



ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO DE IM- PLANTAÇÃO E DUPLICAÇÃO DA DF-010

Contrato 025/2021

Processo 00113-00018163/2020-32

Produto 4:

PE – Projeto Executivo

4.5. Projeto Executivo de Pavimentação

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL - GDF

Ibaneis Rocha
Governador

Paco Brito
Vice-Governador

SECRETARIA DE TRANSPORTE E MOBILIDADE – SEMOB

Valter Casimiro Silveira
Secretário

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL - DER/DF

Fauzi Nacfur Junior
Diretor Geral

Plínio Fabrício Mendonça Fragassi
Superintendente Técnico

Wilkerson Victor da Silva
Executor do Contrato

Roberto Leda Saldanha
Executor Suplente

Tacio Leal
Executor Suplente

**ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO E
DUPLICAÇÃO DA DF-010, TRECHO COMPREENDIDO ENTRE A DF-003 E A DF-095**

**PRODUTO 04
PE – PROJETO EXECUTIVO
4.5. PROJETO EXECUTIVO DE PAVIMENTAÇÃO**

JUNHO DE 2022

Elaboração de Projetos Básico e Executivo para Implantação e Duplicação da DF-010, Trecho Compreendido entre a DF-003 e a DF-095

PRODUTO 4 PE – PROJETO EXECUTIVO 4.5 PROJETO EXECUTIVO DE PAVIMENTAÇÃO

**CONTRATO N° 025/2021
PROCESSO N° 00113-00018163/2020-32**

JUNHO DE 2022

EQUIPE TÉCNICA

THIAGO PEIXOTO NOVAIS

Engenheiro Civil - CREA/MG 147293/D-MG

PAULO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

Arquiteto e Urbanista – CAU: A80095-3

ANA CECÍLIA PARISI

Arquiteta e Urbanista – CAU A80095-3

PEDRO MARQUES ELY

Engenheiro Ambiental – CREA/DF 17043/D-DF

JORDAN PAULO MEROS

Arquiteto e Urbanista – CAU: A55153-8

FERNANDO MARQUES ELY

Administrador – CRA-DF 026.034

JOSÉ OGANDO ALVES

Engenheiro Civil - CREA/RS 6863/D-RS

ZÉLIA SILVEIRA D'AZEVEDO

Engenheira Civil – CREA/RS 74693/D-RS

OURISVALDO DE SOUZA GUERRA

Engenheiro Civil – CREA 20579/D-RS

ADRIANO PEIXOTO PANAZZOLO

Engenheiro Civil – CREA 64125/D-RS

FÁBIO ARAÚJO NODARI

Engenheiro Civil – CREA 78091/D-RS

SUMÁRIO

1	Introdução	9
2	Localização e características da região	9
3	Estudos de Tráfego	10
3.1	Premissas.....	10
3.1.1	Documentos de Referência	10
3.1.2	Estimativas Técnicas	11
3.2	Abordagem Teórica	12
3.3	Cálculo do Número “N”	17
4	Projeto de Restauração do Pavimento Flexível.....	24
4.1	Introdução	24
4.2	Levantamentos de Campo.....	24
4.2.1	Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis	25
4.2.2	Levantamento Deflectométrico (Viga Benkelman)	25
4.2.3	Sondagens e Ensaios de Laboratório	25
4.2.4	Definição dos Segmentos Homogêneos	26
4.3	Metodologia Adotada para o Dimensionamento	26
4.3.1	Deflexões Recuperáveis	26
4.3.2	Método TECNAPAV DNER PRO-269/94	26
4.3.3	Método DNER PRO-011/79.....	29
4.4	Soluções de Projeto.....	30

4.4.1	Resultado do dimensionamento TECNAPAV DNER PRO-269/94	30
4.4.2	Resultado do dimensionamento DNER PRO-011/79	32
4.4.3	Definição de Soluções de Recuperação	34
5	Projeto de Pavimento Flexível Novo	42
5.1	Estudo Geotécnico	42
5.2	Interpretação do Tráfego para o Trecho	45
5.3	Dimensionamento Prévio – Manual DNIT	45
5.4	Dimensionamento Definitivo – Análise Mecanística	50
5.4.1	Parâmetros de Entrada	51
5.4.2	Resultados Obtidos	54
5.4.3	Memória de Cálculo do Elsym5	72
5.5	Análise de Economicidade	74
5.6	Considerações Finais	75
6	Especificações Técnicas de Materiais e Serviços	79
6.1	Concreto Asfáltico	79
6.2	Pintura de ligação	82
6.3	Imprimação betuminosa	82
6.4	Base: Solo local com Brita Graduada Simples e 2% de Cimento	82
6.5	Base: Brita Graduada Simples	83
6.6	Base: Brita Graduada Tratada com Cimento	84
6.7	Sub-base: Solo melhorado com Cal (Adição de 4%)	84
6.8	Subleito: Solo local	84

6.9	Subleito: Material importado para substituição (ST-29).....	85
6.10	Fresagem	85
6.11	Reparos Localizados e Remendos Profundos	85
Anexo 1 – Avaliação Objetiva da Superfície do Pavimento		87
Avaliação Objetiva do Pavimento.....		88
Anexo 2 – Levantamento Deflectométrico (Viga Benkelman).....		94
Levantamento Deflectométrico		95
Anexo 3 – Sondagens e Investigações Geotécnicas.....		97
Janelas de Inspeção e Densidade <i>in situ</i>		98
Ensaio de Caracterização, Compactação e CBR.....		99
Ensaio para o traço de Solo-BGS-Cimento		101
Anexo 4 – Ficha Resumo de Soluções		102
Anexo 5 – Plantas		103

APRESENTAÇÃO

O Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal – DER/DF, sob a coordenação da Superintendência Técnica, firmou com a **STE – Serviços Técnicos de Engenharia S.A.** o **Contrato nº 025/2021** que tem por objetivo a Contratação de Empresa Especializada para Elaboração de Projeto Básico e Executivo de Implantação e Duplicação da Rodovia DF-010, trecho compreendido entre a DF-003 e a DF-095.

A STE submete ao DER/DF, para apreciação, o PE – Projeto Executivo, contemplando sete subprodutos:

- 4.1. Projeto Executivo Geométrico;
- 4.2. Projeto Executivo de Drenagem;
- 4.3. Projeto Executivo de Terraplanagem;
- 4.4. Estudos Geotécnicos;
- 4.5. **Projeto Executivo de Pavimentação;**
- 4.6. Projeto Executivo de Sinalização e Obras Complementares;
- 4.7. Componente Ambiental Executivo; e
- 4.8. Orçamento Executivo.

O presente relatório corresponde ao **Produto 4 – PE – Projeto Executivo, Subproduto 4.5. Projeto Executivo de Pavimentação**, na sua primeira versão.

1 Introdução

A STE Serviços Técnicos de Engenharia S/A submete ao Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal – DER/DF, para apreciação, os Estudos Geotécnicos e Geológicos Básicos para elaboração do projeto de Implantação e Duplicação do novo traçado da DF-010, trecho compreendido entre a DF-003 (EPIA) e a DF-097 (EPCL).

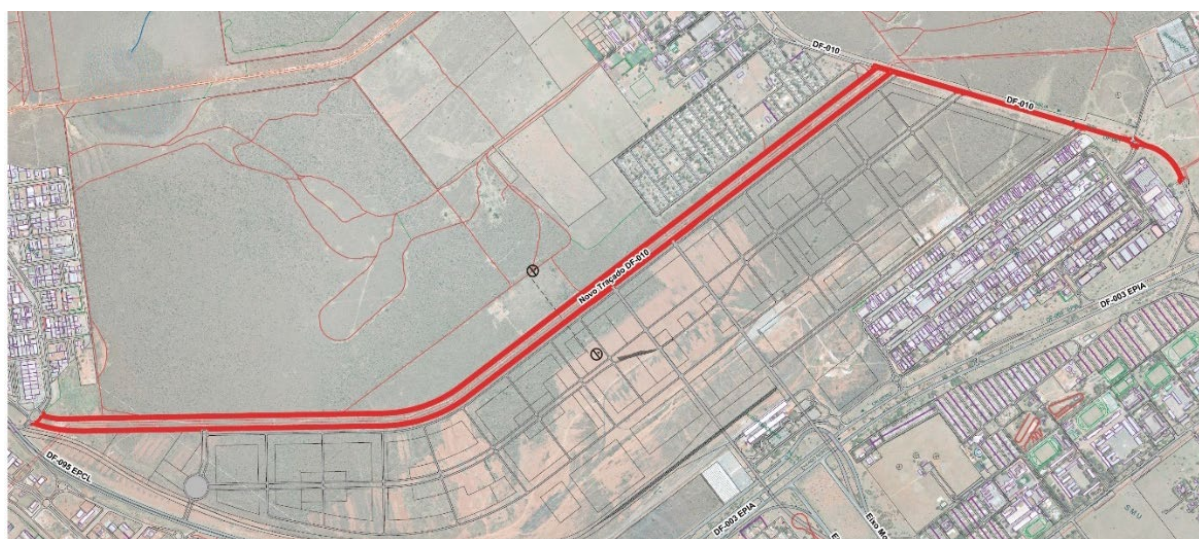
O presente relatório tem como finalidade apresentar os resultados das sondagens e ensaios laboratoriais que foram realizados pela consultora, entre os dias 05/10/21 e 09/10/21, submetendo-o à aprovação do DER/DF.

2 Localização e características da região

A área em estudo em que trata da Rodovia DF-010 está compreendida na Região Administrativa do Setor de Indústria e Abastecimento - SIA – RA XXIX, na área denominada Pátio Ferroviário de Brasília, caracterizada como Unidade Especial 6, juntamente com a área do Setor Militar Complementar, pela Lei de Uso e Ocupação do Solo do Distrito Federal, aprovada pela Lei Complementar nº 948 de 16 de janeiro de 2019.

A Rodovia DF-010 está localizada no entorno do Conjunto Urbanístico de Brasília – CUB, próxima à sua porção oeste, fazendo fronteira com a Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA) e com a Via Estrutural, conforme destacada na linha em vermelho na Figura 1 a seguir.

Figura 1. Mapa de localização da Rodovia DF-010



3 Estudos de Tráfego

A estimativa do volume de tráfego de uma região ou um bairro ainda não implantado é realizada com base em técnicas de avaliação do Polo Gerador de Viagens aliado a técnicas de alocação de tráfego por meio de ferramentas de macrossimulação. A análise do Polo Gerador de Viagens - PGV da região de implantação do novo bairro envolveu a verificação do porte do empreendimento e da tipologia das construções projetadas para o local, determinando o quantitativo de pessoas esperadas para habitarem o bairro. O modelo de macrossimulação foi utilizado para a alocação dos fluxos estabelecidos para o PGV na rede viária buscando determinar os carregamentos em cada trecho da malha de simulação. Os resultados obtidos neste estudo estão detalhadamente descritos no Relatório da Fase Preliminar (RFP), Produto 2.4 - Estudos de Tráfego.

Para transformação das ações do tráfego em um Número "N", as contagens prescritas pelo Manual de Tráfego do DNIT não representam a alternativa que mais se aproxima da realidade. Portanto, visando uma melhor representatividade dos futuros esforços solicitantes no pavimento projetado, foram expostas uma série de premissas estabelecidas no item 3.1 "Premissas". Fundamentado nestas determinações, foi calculado um "N" para o trecho em estudo.

3.1 Premissas

3.1.1 Documentos de Referência

O Estudo de Tráfego foi desenvolvido com base nas informações gerados pelo Plano de Desenvolvimento do Transporte Público Sobre Trilhos – PDTT/DF e a Pesquisa de Mobilidade Urbana – PMU/DF desenvolvida pela Companhia do Metropolitano do Distrito Federal-Metrô/DF publicado em 2018. O trabalho desenvolvido no âmbito do PDTT/DF envolveu uma ampla Pesquisa Domiciliar em 2016 em todo o Distrito Federal e o desenvolvimento de matrizes de origem e destino para os modais públicos e privados nos horizontes 2016, 2026 e 2036. Assim, fundamentado nas matrizes desse trabalho foi possível fazer alocações em diferentes horizontes de tráfego, que estão detalhadas no Relatório da Fase Preliminar (RFP), Produto 2.4 - Estudos de Tráfego.

Outro importante documento de referência que destaca e faz uma abordagem para a implantação da DF-010 é o Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade do Distrito

Federal e do Entorno – PDTU/DF publicado em 2011. Os Relatório Finais do PDTU, estão disponíveis em: <https://semob.df.gov.br/relatorios-tecnicos>.

A Base de Dados da PMU/DF realizada no âmbito do PDTT/DF, pode ser baixada no link: http://www.metro.df.gov.br/arquivos/pdtt/Dados_PMU_METRODF_2016.zip. Esses dados foram, inclusive, apresentados na proposta técnica da empresa STE.

3.1.2 Estimativas Técnicas

No âmbito técnico foram adotadas as seguintes premissas:

- Considerando a implantação de um novo bairro, foi realizada macro simulação para a alocação dos fluxos estabelecidos para o Polo Gerador de Viagens – PGV;
- As alocações de tráfego consideram as infraestruturas parcialmente implantadas em um prazo de cinco anos, a partir de 2021. Isto posto, considera-se o ano de abertura do tráfego em 2026;
- Ao considerar as incertezas das estimativas de tráfego e os potenciais impactos construção do Setor Oeste, foi considerado um mesmo Número “N” para todo trecho em estudo. Este valor é compatível com o trecho mais carregado da macro simulação;
- Considerou-se os volumes diários com fator-hora-pico igual a 10%. Esta atribuição implica, por exemplo, em um volume de 100 veículos/dia para uma frequência de 10 veículos/hora no pico da manhã;
- Considerou-se a distribuição de tráfego igual a proposta no documento do DETRAN/DF¹, nomeado “Frota de Veículos Registrados no Distrito Federal”, de dezembro de 2019. Isto posto, para uma distribuição de acordo com o proposto no Manual de Estudo de Tráfego do DNIT têm-se:
 - Caminhão (1,5%): 2C;
 - Ônibus (0,7%): 2CB;
 - Reboque (1,4%): 3S2;
 - Semirreboque (0,2%): 3C2;
- Considerou-se que o percentual de veículos comerciais que trafegam na faixa de projeto é de 80% do fluxo total;

¹ Fonte: http://www.detran.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/12_dezembro_2019_frota-1.pdf

- Para composição do tráfego considerou-se que 20% dos veículos estarão vazios, 70% carregados e 10% nos limites impostos pela Lei nº 14.229, de 2021 (5% do PBTC). Esta proposta está alinhada como o fato de que o Distrito Federal não dispõe de postos de pesagem em suas rodovias.

3.2 Abordagem Teórica

A previsão dos efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho dos pavimentos é dificultada pelo fato de que o volume de tráfego e a magnitude das cargas aplicadas pelos veículos variam no tempo e no espaço durante a vida em serviço do pavimento.

O conhecimento dos efeitos cumulativos das solicitações do tráfego é fundamental para o dimensionamento dos pavimentos. Por causa da variabilidade das condições de tráfego, seus efeitos cumulativos são expressos por um denominador comum, os Fatores de Equivalência de Cargas (FEC).

Os FEC permitem a conversão de aplicações de diferentes solicitações em um número equivalente de aplicações da solicitação-padrão, possibilitando o dimensionamento e a previsão do desempenho de pavimentos para o tráfego misto real.

Sempre que possível, a avaliação do tráfego nas rodovias faz-se por contagens volumétricas classificatórias e por pesagens dos veículos parados ou em movimento.

Os veículos rodoviários são dos mais variados tipos, sendo que modificações nas características dos veículos se refletem em modificações nos efeitos gerados sobre os pavimentos. Dessa forma, torna-se necessário classificar o mais detalhadamente possível a frota que utilizará o pavimento a ser projetado, principalmente no que se refere aos caminhões e ônibus.

A classificação dos veículos pode ser feita de forma simplificada:

- Veículos de passeio ou veículos leves: automóveis e utilitários
- Veículos comerciais:
 - Caminhões leves: 2 eixos simples, ambos com rodas simples
 - Caminhões médios: 2 eixos simples, rodas traseiras duplas
 - Caminhões pesados: 2 eixos, dianteiro simples e o traseiro em tandem
 - Reboques e semi-reboques: outras combinações
 - Ônibus: equivalente a caminhões leves

No entanto, é preferível que a classificação seja mais detalhada, pois podem ocorrer expressivas variações na carga aplicada ao pavimento entre caminhões de uma determinada subclasse, em função do tipo de veículo. Assim, recomenda-se a adoção do preconizado pelo Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006).

Além da classificação dos veículos, também é importante classificar os tipos de eixos, estabelecendo-se as cargas aplicadas por cada tipo de eixo de cada tipo de veículo. A Lei 14.229, de 2021, estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres.

Os Fatores de Equivalência de Cargas (FEC) constituem o conceito mais utilizado em todo o mundo no dimensionamento de pavimentos. Esse conceito foi introduzido pela AASHO (atual AASHTO, American Association of Highways and Transportation Officials) e pelo Bureau of Public Road, atual FHWA (Federal Highways Administration), logo após o final da AASHO Road Test, em 1961. A implementação inicial do conceito de equivalência de cargas deu-se por meio da utilização das equações de desempenho desenvolvidas pela equipe da AASHO, segundo as quais o desempenho é considerado em termos de variação do Índice de Serventia.

De acordo com o modelo proposto, os FEC podem ser definidos como um número de repetições de uma dada solicitação que é necessário para produzir uma deterioração de mesma magnitude que a produzida por uma aplicação da solicitação padrão.

O eixo padrão rodoviário brasileiro é um eixo simples de rodas duplas que transmite ao pavimento uma carga total de 8,2 toneladas (80 kN). Neste eixo a superfície de contato dos pneus com o pavimento é representada por uma área circular de 10,8 cm de raio e tensão de contato de 5,6 kgf/cm², conforme mostrado na Figura 2.

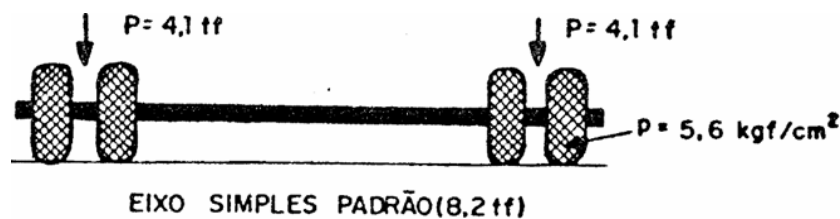


Figura 2. Eixo Padrão rodoviário

Os quatro tipos de eixos normalmente utilizados pelos veículos de carga que trafegam nas rodovias brasileiras são representados a seguir, além de ilustrados na Figura 3 e na Figura 4:

Tabela 2. Expressões matemáticas para obtenção dos fatores de equivalência de operações, para diferentes tipos de eixos (AASHTO)

Tipos de eixo	Equações (P em tf)
Simplex de rodagem simples	$FEO = \left(\frac{P}{7,77}\right)^{4,32}$
Simplex de rodagem dupla	$FEO = \left(\frac{P}{8,17}\right)^{4,32}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FEO = \left(\frac{P}{15,08}\right)^{4,14}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FEO = \left(\frac{P}{22,95}\right)^{4,22}$
P = Peso bruto total sobre o eixo	

As curvas de correlação entre cargas por eixo e fatores de equivalência de operações utilizadas pelo método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNIT são fundamentadas nas expressões obtidas pelo USACE (Corpo de Engenheiros do Exército Norte Americano).

Os fatores de equivalência utilizados pelo método do DNIT permitem a conversão de aplicações de diferentes solicitações em um número equivalente de aplicações do eixo padrão (8,2 tf). Para cada configuração de eixo real há uma conversão para eixo padrão.

Esta conversão é realizada por meio de ábacos para o caso de eixos simples ou duplos e em tabela para o caso de eixos triplos. Ilustram-se essas metodologias na Figura 5 e na Tabela 3.

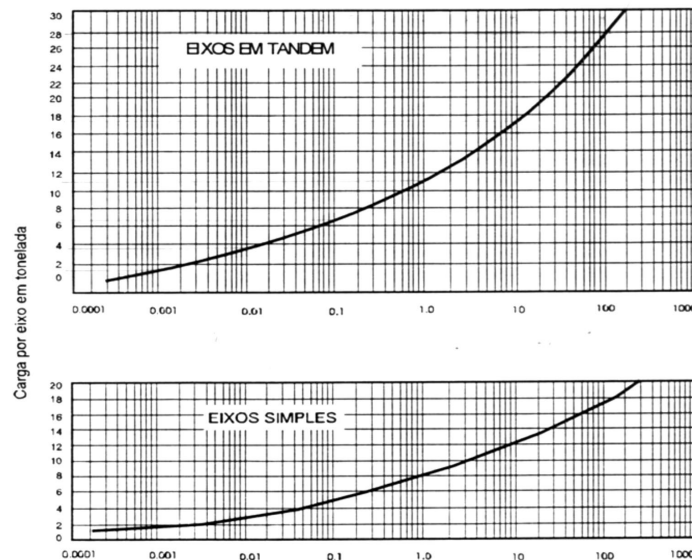


Figura 5. Ábacos para determinação de fatores de equivalência de cargas

Cargas por eixo (t)	Fator de equivalência de cargas
6	0,04

8	0,08
10	0,18
12	0,29
14	0,58
16	0,92
18	1,50
20	2,47
22	5,59
24	6,11
28	14,82
30	20,88
32	40,30
34	46,80
36	59,80
38	91,00
40	130,00

Para efeito de projeto, o tráfego que transitará sobre determinado pavimento ao longo do período de projeto, sua vida útil de serviço, é convertido em um número de operações/solicitações de um eixo rodoviário padrão. Este número de solicitações é conhecido como número "N". Nesse contexto, o número "N" é calculado pela seguinte expressão:

$$N = 365 \times FR \times FF \times FV \times \sum_{i=1}^p VMD_i$$

onde:

FF é o Fator de Faixa (Tabela 4);

FR é o Fator Climático Regional (vide);

VMD_i é Volume Médio Diário no ano *i*;

P é o período de projeto;

FV é o Fator de Veículo relativo ao tráfego da rodovia, calculado pela expressão:

$$FV = \frac{\sum p_i \times FV_i}{100}$$

onde:

p_i é a percentagem de veículos da categoria *i*

FV_i é o fator de veículo da categoria de veículos *i*

Tabela 4. Fator de Faixa

Faixas por sentido	Porcentagem de veículos comerciais na faixa de projeto
1	100
2	70 a 96
3	50 a 96

Tabela 5. Fator Climático Regional (FR)

Altura média anual de chuva	Fator Climático Regional (FR)
-----------------------------	-------------------------------

Até 800	0,7
De 800 a 1.500	1,4
Mais de 1.500	1,8

O Fator de Veículo, produto do fator de eixo pelo Fator de Carga, atua na compensação da grande diversidade de veículos e cargas que transitam pela via, transformando estas cargas e veículos diversos em uma quantidade de operações do eixo padrão que seja equivalente em termos de efeito destrutivo do pavimento. Ou seja, o Fator de Veículo (FV) transforma um veículo qualquer, com um carregamento qualquer, em uma quantidade de solicitações equivalente do eixo padrão de 8,2 toneladas que causaria o mesmo efeito destrutivo no pavimento.

Como o número de eixos por veículo é bastante variado, utiliza-se o Fator de Eixo (FE) para determinar o número médio de eixos por veículo que circula em uma determinada via.

$$FE = \sum (NE \times \%NE)$$

onde:

NE é o número eixos do veículo

%NE é a porcentagem de determinado tipo de veículo em relação ao total.

Por fim, o Fator Climático Regional (FR) é utilizado para considerar as variações de umidade às quais os materiais constituintes do pavimento estão sujeitos durante as estações do ano, e que influem diretamente na capacidade de suporte. Na Tabela 5 são apresentados os fatores climáticos regionais sugeridos para o Brasil, em função da altura média anual de chuva em milímetros.

3.3 Cálculo do Número “N”

Na Tabela 6 apresenta-se o tráfego, com taxa de crescimento de 5%, condizente com as simulações realizadas na macro simulação. Foi adotado o ano de abertura do trecho em 2024 e o último ano da vida útil 2033. Ainda assim, expõe-se na tabela o ano 2036 para que os valores de previstos sejam comparados com as projeções do Produto 2.4 - Estudos de Tráfego.

Tabela 6. Projeção de Tráfego para o pavimento flexível

Período	Ônibus	Caminhões	Semi-reboques	Reboques	TOTAL	LINHA DO TEMPO
	2CB	2C	3S2	3C2		
2021	0	0	0	0	0	Projeto
2024	175	374	349	52	950	Abertura
2025	184	393	366	55	998	2
2026	193	412	385	57	1.047	3

2027	203	433	404	60	1.100	4
2028	213	455	424	63	1.155	5
2029	223	477	445	66	1.212	6
2030	235	501	468	70	1.273	7
2031	246	526	491	73	1.337	8
2032	259	553	516	77	1.404	9
2033	271	580	541	81	1.474	10
2036	314	672	627	93	1.706	Projeção ⁽¹⁾

⁽¹⁾ O ano de 2036 é o último horizonte apresentado nas projeções do Produto 2.4 - Estudos de Tráfego e, portanto, foi apresentado nesta tabela para fins comparativos.

Nas tabelas 7 e 8 apresentam-se os valores das cargas por eixo, cálculo dos fatores de equivalência para cada eixo e o fator de equivalência total para cada veículo admitindo a tolerância de 12,5% no peso por eixo ou 5,0% no peso bruto para veículos de até 50 toneladas, conforme Lei 14.229, de 2021. Para composição do tráfego, considerou-se que 20% dos veículos estarão vazios, 70% carregados e 10% nos limites impostos pela Lei nº 14.229, de 2021 (5% do PBTC).

Tabela 7. Valores de carga por eixo – Fatores de Veículo USACE

VEÍCULOS VAZIOS																	
Configuração		Conjunto de Eixos				Carga por Eixo (t)						Fator de Equivalência					
		ESRS	ESRD	ETD	Total	ESRS	ESRD		ETD		Total	ESRS	ESRD		ETD		FVi
Ônibus	2CB	1	1		2	2,10	3,20				5,30	0,0041	0,0222				0,0263
Caminhões	2C	1	1		2	2,10	3,20				5,30	0,0041	0,0222				0,0263
Semi-reboques	3S2	1		2	3	2,10			5,70	5,70	13,50	0,0041			0,0670	0,0670	0,1382
Reboques	3C2	1	2	1	4	2,10	3,20	3,20	5,70		14,20	0,0041	0,0222	0,0222	0,0670		0,1156
VEÍCULOS CARREGADOS																	
Configuração		Conjunto de Eixos				Carga por Eixo (t)						Fator de Equivalência					
		ESRS	ESRD	ETD	Total	ESRS	ESRD		ETD		Total	ESRS	ESRD		ETD		FVi
Ônibus	2CB	1	1		2	6,00	10,00				16,00	0,2779	3,2895				3,5674
Caminhões	2C	1	1		2	6,00	10,00				16,00	0,2779	3,2895				3,5674
Semi-reboques	3S2	1		2	3	6,00			17,00	17,00	40,00	0,2779			8,5488	8,5488	17,3755
Reboques	3C2	1	2	1	4	6,00	10,00	10,00	17,00		43,00	0,2779	3,2895	3,2895	8,5488		15,4056
VEÍCULOS CARREGADOS (LEI DA BALANÇA) - TOLERÂNCIA DE 12,5% POR EIXO E 5,0% PARA PBTC																	
Configuração		Conjunto de Eixos				Carga por Eixo (t)						Fator de Equivalência					
		ESRS	ESRD	ETD	Total	ESRS	ESRD		ETD		Total	ESRS	ESRD		ETD		FVi
Ônibus	2CB	1	1		2	6,30	10,50				16,80	0,3381	4,4632				4,8013
Caminhões	2C	1	1		2	6,30	10,50				16,80	0,3381	4,4632				4,8013
Semi-reboques	3S2	1		2	3	6,30			17,85	17,85	42,00	0,3381			11,1714	11,1714	22,6809
Reboques	3C2	1	2	1	4	6,30	10,50	10,50	17,85		45,15	0,3381	4,4632	4,4632	11,1714		20,4359

1) Tolerância de 12,5% no peso por eixo, conforme Lei 14.229, de 2021;

2) Tolerância de 5,0% no peso bruto dos veículos de até 50 toneladas;

3) Considerando 20% dos veículos estarão vazios, 70% carregados e 10% nos limites impostos pela Lei nº 14.229, de 2021 (5% do PBTC).

Tabela 8. Valores de carga por eixo – Fatores de Veículo AASHTO

VEÍCULOS VAZIOS																	
Configuração		Conjunto de Eixos				Carga por Eixo (t)						Fator de Equivalência					
		ESRS	ESRD	ETD	Total	ESRS	ESRD	ETD	Total	ESRS	ESRD	ETD	FVi				
Ônibus	2CB	1	1		2	2,10	3,20				5,30	0,0035	0,0174			0,0209	
Caminhões	2C	1	1		2	2,10	3,20				5,30	0,0035	0,0174			0,0209	
Semi-reboques	3S2	1		2	3	2,10			5,70	5,70	13,50	0,0035			0,0178	0,0178	0,0391
Reboques	3C2	1	2	1	4	2,10	3,20	3,20	5,70		14,20	0,0035	0,0174	0,0174	0,0178		0,0562
VEÍCULOS CARREGADOS																	
Configuração		Conjunto de Eixos				Carga por Eixo (t)						Fator de Equivalência					
		ESRS	ESRD	ETD	Total	ESRS	ESRD	ETD	Total	ESRS	ESRD	ETD	FVi				
Ônibus	2CB	1	1		2	6,00	10,00				16,00	0,3273	2,3944			2,7218	
Caminhões	2C	1	1		2	6,00	10,00				16,00	0,3273	2,3944			2,7218	
Semi-reboques	3S2	1		2	3	6,00			17,00	17,00	40,00	0,3273			1,6424	1,6424	3,6121
Reboques	3C2	1	2	1	4	6,00	10,00	10,00	17,00		43,00	0,3273	2,3944	2,3944	1,6424		6,7586
VEÍCULOS CARREGADOS (LEI DA BALANÇA) - TOLERÂNCIA DE 12,5% POR EIXO E 5,0% PARA PBTC																	
Configuração		Conjunto de Eixos				Carga por Eixo (t)						Fator de Equivalência					
		ESRS	ESRD	ETD	Total	ESRS	ESRD	ETD	Total	ESRS	ESRD	ETD	FVi				
Ônibus	2CB	1	1		2	6,30	10,50				16,80	0,4041	2,9562			3,3604	
Caminhões	2C	1	1		2	6,30	10,50				16,80	0,4041	2,9562			3,3604	
Semi-reboques	3S2	1		2	3	6,30			17,85	17,85	42,00	0,4041			2,0100	2,0100	4,4242
Reboques	3C2	1	2	1	4	6,30	10,50	10,50	17,85		45,15	0,4041	2,9562	2,9562	2,0100		8,3266

1) Tolerância de 12,5% no peso por eixo, conforme Lei 14.229, de 2021;

2) Tolerância de 5,0% no peso bruto dos veículos de até 50 toneladas;

3) Considerando 20% dos veículos estarão vazios, 70% carregados e 10% nos limites impostos pela Lei nº 14.229, de 2021 (5% do PBTC).

Na Tabela 9 apresenta-se o valor do fator de veículo para o segmento proposto.

Tabela 9. Cálculo dos Fatores de Veículo – FV

Veículos-tipo		VMD	Fator de Veículo USACE		Fator de Veículo AASHTO	
			FVi	$(VMD \cdot FV) / \sum VMD$	FVi	$(VMD \cdot FV) / \sum VMD$
Ônibus	2CB	175	2,98	0,549	2,25	0,414
Caminhões	2C	374	2,98	1,174	225	0,884
Semi-reboques	3S2	349	14,46	5,312	2,98	1,094
Reboques	3C2	52	12,85	0,703	5,57	0,605
Total		950		FVusace = 7,739		FVusace = 2,697

Na Tabela 10 são apresentados os parâmetros necessários para o cálculo do número “N”, para o período de projeto, nos métodos USACE e AASHTO.

Tabela 10. Cálculo do Número "N"

Ano	Volumes de Tráfego (VMDAT)					Valores do Número "N"				Observações
	Veículos-tipo				Total	USACE		AASHTO		
	Moto	Passeio	Coletivo	Carga		Ano	Acumulado	Ano	Acumulado	
2024	0	0	175	775	950	2,15E+06	2,15E+06	7,48E+05	7,48E+05	1º ano
2025	0	0	184	814	998	2,25E+06	4,40E+06	7,86E+05	1,53E+06	
2026	0	0	193	854	1.047	2,37E+06	6,77E+06	8,25E+05	2,36E+06	
2027	0	0	203	897	1.100	2,49E+06	9,25E+06	8,66E+05	3,22E+06	
2028	0	0	213	942	1.155	2,61E+06	1,19E+07	9,09E+05	4,13E+06	5º ano
2029	0	0	223	989	1.212	2,74E+06	1,46E+07	9,55E+05	5,09E+06	
2030	0	0	235	1.039	1.273	2,88E+06	1,75E+07	1,00E+06	6,09E+06	
2031	0	0	246	1.091	1.337	3,02E+06	2,05E+07	1,05E+06	7,14E+06	
2032	0	0	259	1.145	1.404	3,17E+06	2,37E+07	1,11E+06	8,25E+06	
2033	0	0	271	1.202	1.474	3,33E+06	2,70E+07	1,16E+06	9,41E+06	10º ano
Composição Percentual de Tráfego				Parâmetros adotados no cálculo do número de operações do eixo padrão de 8,2t						
Moto	Passeio	Coletivo	Carga	Fatores de Veículos - FV			Fator climático		Veículos na faixa de projeto	
0,00	0,00	18%	82%	FVusace	FVAashto		FR		c	
Taxas de Crescimento de Tráfego				7,74		2,70		1,00		0,80
Moto	Passeio	Coletivo	Carga	Ano inicial para cálculo do Número "N"					2024	
5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	Período de projeto para o cálculo do número "N" (anos)					10	

O percentual de veículos comerciais na faixa de projeto possui valores diferentes em rodovias de pista simples, pista dupla e com mais 3 faixas de tráfego por sentido. Esse fator busca distribuir o tráfego entre as faixas, uma vez que o número de veículos trafegando na faixa da direita não é igual à quantidade de veículos pesados que utilizam as faixas da esquerda das rodovias, devido a suas velocidades reduzidas. Para rodovias com uma faixa por sentido o percentual adotado é de 50% e para rodovias com duas faixas este valor varia entre 35% e 48% do fluxo total da rodovia. Neste estudo foi adotado o valor de 40%. Entretanto, o VMD utilizado nas macros simulações estudo é unidirecional e, nesse caso, o percentual adotado deve ser multiplicado por 2. Assim, o percentual de veículos comerciais que trafegam na faixa de projeto é de 80% do fluxo total.

Isto posto, considerando as premissas adotadas na Seção 2 “Premissas”, o Número N proposto para este projeto é igual a **2,70 x 10⁷**. Em uma classificação mais abrangente, considerando o proposto pela IP-02/PMSP, o tráfego proposto tem N característico maior que vias de tráfego meio pesado e inferior àquela de tráfego pesado.

4 Projeto de Restauração do Pavimento Flexível

4.1 Introdução

O presente projeto trata da concepção das soluções para restauração dos pavimentos flexíveis do trecho de ligação entre a Rodovia DF-010 (Setor Militar) e a via EPIA, conforme trechos indicados na Tabela 11 e ilustrados na Figura 6.

Tabela 11. Trechos de Restauração da Rodovia DF-003 (EPIA) e da via STN

Trecho	Descrição	Estaca início	Estaca fim	Faixas	Extensão (km)
1	DF-010 – Trecho de ligação entre o Setor Militar e a via EPIA	0+00	18+60	FD/FE	1,86



Figura 6. Trechos de Restauração da Rodovia DF-003 (EPIA) e da via STN

4.2 Levantamentos de Campo

Os estudos e análises utilizados para a elaboração do projeto foram a avaliação objetiva dos pavimentos e os levantamentos deflectométricos com viga Benkelman. Os relatórios de

levantamentos constam no Anexo 1 e no Anexo 2, respectivamente.

4.2.1 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis

A campanha de avaliação objetiva do pavimento foi realizada seguindo as recomendações previstas nas normas brasileiras DNIT 006/2003-PRO “Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento” e DNIT 005/2003-TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia”.

O Relatório Técnico dos levantamentos de campo é apresentado no Anexo 1 “Avaliação Objetiva do Pavimento” e referem-se às inspeções realizadas nos trechos em projeto.

4.2.2 Levantamento Deflectométrico (Viga Benkelman)

O levantamento das deflexões do pavimento tem como objetivo a avaliação da influência da passagem de cargas sobre o pavimento e como este se comporta quando submetido a estas solicitações. Uma forma de aquisição destes dados é com a utilização da viga Benkelman, que consiste em uma alavanca em que uma de suas extremidades se encontra no pavimento e a outra aciona um extensômetro. Assim, posiciona-se a viga no eixo de carga de um caminhão com peso conhecido e anota-se a variação de leituras no extensômetro em função do deslocamento do caminhão.

O Relatório Técnico dos levantamentos de campo é apresentado no Anexo 2 “Levantamento Deflectométrico (Viga Benkelman)” e referem-se às inspeções realizadas nos trechos em projeto.

4.2.3 Sondagens e Ensaios de Laboratório

Para subsidiar os dimensionamentos pelo método da resiliência TECNAPAV (DNER PRO-269/94) e pelo método deflectométrico segundo DNER PRO-11/79, foi realizada a abertura de duas janelas de inspeção no trecho.

Em cada ponto de inspeção foram determinados expeditamente características das camadas de pavimento e subleito.

Em relação às amostras, foram realizados ensaios de caracterização, granulometria por peneiramento e sedimentação, índice de suporte California (ISC/CBR), limites de liquidez e plasticidade, densidade in situ e ensaio de penetração.

Os resultados das sondagens encontram-se no Anexo 3 – Sondagens e Investigações Geotécnicas.

4.2.4 Definição dos Segmentos Homogêneos

A definição dos segmentos de comportamento homogêneo considerou a extensão máxima de 2.000 metros de pista, assim como os aspectos de deflexões e condições de superfície. Para cada segmento foram feitas as análises estatísticas de acordo com a metodologia preconizada pelo DNIT, a fim de obter parâmetros representativos para a avaliação funcional e estrutural do pavimento. Nesse sentido, o trecho não sofreu segmentação, conforme indica a Tabela 12.

Tabela 12. Segmentos Homogêneos

Trecho	Segmento Homogêneo	km inicial	km final	Extensão total
DF-010 – Trecho de ligação entre o Setor Militar e a via EPIA	1	0,000	1,860	1,860

4.3 Metodologia Adotada para o Dimensionamento

O dimensionamento do reforço do pavimento foi realizado segundo dois métodos: o método da resiliência TECNAPAV (DNER PRO-269/94) e o método deflectométrico segundo DNER PRO-11/79. Assim, a avaliação da solução mais adequada considerou as intervenções sugeridas pelos dois métodos, assim como os levantamentos da condição de superfície do pavimento.

4.3.1 Deflexões Recuperáveis

As deflexões recuperáveis representam comportamento elástico da estrutura e foram aplicadas da mesma forma para ambos os métodos de dimensionamento TECNAPAV (DNER PRO-269/94) e DNER PRO-11/79. Os dados foram obtidos segundo preconiza a norma rodoviária DNER-ME 024-94 de determinação das deflexões pela viga Benkelman e encontram-se no Anexo 2 “Levantamento Deflectométrico (Viga Benkelman)”.

4.3.2 Método TECNAPAV DNER PRO-269/94

O método da resiliência (TECNAPAV) é fundamentado em modelos de fadiga de materiais betuminosos, resiliência de solos finos e granulares e nas tensões e deformações da teoria da elasticidade não linear.

Em relação às amostras, foram realizados ensaios de caracterização, granulometria por peneiramento e sedimentação, índice de suporte California (ISC/CBR), limites de liquidez e plasticidade e ensaio de penetração. Para o método TECNAPAV, foram aplicados os resultados de caracterização, CBR e de granulometria por sedimentação para avaliação do teor de silte no subleito.

Foi aplicado o método de dimensionamento de reforço com mistura nova, considerando a estrutura de referência de três camadas do TECNAPAV, conforme Figura 7.



Figura 7. Estrutura de referência do TECNAPAV (DNER PRO-269/94 TECNAPAV)

4.3.2.1 Cálculo das Deflexões Características

A partir das deflexões recuperáveis Anexo 2 “Levantamento Deflectométrico (Viga Benkelman), foi definida para cada segmento homogêneo a deflexão característica de acordo com a seguinte equação:

$$(D_c = \bar{x} + \sigma)$$

onde:

- D_c = deflexão característica;
- \bar{x} = média aritmética das deflexões de campo;
- σ = desvio – padrão da amostra.

4.3.2.2 Cálculo das espessuras efetivas (h_{ef}) de revestimento betuminoso e levantamento das espessuras existentes (h_e e h_{cg})

As espessuras existentes de revestimento betuminoso (h_e) e de camada granular (h_{cg}) e, assim como de todas as camadas do pavimento, foram levantadas a partir da abertura de janelas de inspeção, constantes no Anexo 3 – Sondagens e Investigações Geotécnicas.

As espessuras efetivas (h_{ef}) são calculadas conforme equação a seguir:

CBR %	S%		
	≤ 35	35 a 65	> 65
≥ 10	I	II	III
6 a 9	II	II	III
2 a 5	III	III	III

Figura 9. Classificação dos solos (DNER PRO-269/94 TECNAPAV)

4.3.2.4 Cálculo da deflexão máxima permissível

$$\bar{D} = 3,148 - 0,188 \log N_p$$

Onde:

\bar{D} = deflexão máxima permissível (0,01 mm);
 N_p = Número N.

4.3.2.5 Cálculo da espessura de reforço com mistura nova

A espessura de reforço com mistura nova é calculada a partir da seguinte equação:

$$HR = - 19,015 + \frac{238,14}{D^{1/2}} - 1,357 h_{ef} + 1,014 I_1 + 3,893 I_2$$

Onde:

HR = espessura de reforço.

4.3.3 Método DNER PRO-011/79

4.3.3.1 Cálculo das Deflexões Características e de Projeto

A partir das deflexões recuperáveis Anexo 2 "Levantamento Deflectométrico (Viga Benkelman), foi definida para cada segmento homogêneo a deflexão característica de acordo com a seguinte equação:

$$D_c = \bar{D} + \sigma$$

onde:

D_c = deflexão característica;
 \bar{D} = média aritmética das deflexões de campo;
 σ = desvio – padrão da amostra.

A deflexão de projeto (D_p) foi considerada como sendo igual à deflexão característica, adotando-se, portanto, um fator sazonal igual a 1,0, uma vez que os levantamentos foram realizados em período chuvoso.

4.3.3.2 Deflexão Admissível

Para pavimentos flexíveis, constituídos de revestimento de concreto betuminoso executado sobre camada granular, o valor da deflexão admissível, em 0,01 mm, é dado pela seguinte fórmula:

$$D_{adm} = 10^{(3,01 - 0,176 \times \log N)}$$

onde:

D_{adm} = deflexão admissível;

N = número de repetições de carga equivalentes ao eixo padrão de 8,2 tf.

4.3.3.3 Dimensionamento de Reforço do Pavimento

Para cada segmento homogêneo definido, foi calculada a espessura de reforço do pavimento necessária, em termos de concreto betuminoso. O cálculo da espessura de reforço é dado pela seguinte equação:

$$h_{cb} = 40 \log \frac{D_p}{D_{adm}}$$

onde:

h_{cb} = espessura do reforço do pavimento;

D_p = deflexão de projeto;

D_{adm} = deflexão admissível.

4.3.3.4 Solução Indicada pelo Catálogo de Soluções Técnicas - DNIT

Com base nos estudos técnicos foram adotadas soluções de restaurações do pavimento conforme Catálogo de Soluções Técnicas – DNIT e soluções de reforço calculadas pelo PRO – 11/79 para um horizonte de 10 anos.

4.4 Soluções de Projeto

4.4.1 Resultado do dimensionamento TECNAPAV DNER PRO-269/94

A partir das deflexões obtidas pelo equipamento Viga Benkelman, do IGG, dos resultados obtidos nos ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC/CBR) e granulometria por peneiramento e sedimentação para avaliação do teor de silte no subleito (Anexo 3 - Sondagens e Investigações Geotécnicas), o dimensionamento resultou na espessura de reforço indicada na Tabela 13, segundo casos de recapeamento definidos na Figura 10.

Tabela 13. Dimensionamento de reforço Norma DNER PRO-269/94 TECNAPAV

Trecho	SH	km inicial	km final	Extensão total	IGG	Classif. do IGG	Número N _{USACE} 10 anos	Raio (m)	DNER-PRO-269/94 TECNAPAV											
									Dc (0,01 mm)	He (cm)	Hcg (cm)	Tipo Subleito	I1	I2	Da (0,01 mm)	CBR Subleito %	S Subleito %	Hef (cm)	Caso	Reforço Calculado (cm)
DF-010 – Trecho de ligação entre o Setor Militar e a via EPIA	1	0,000	1,860	1,860	167	Péssimo	2,7E+07	176	115,67	5	24	III	0	1	50,40	7,10	72,60	4,5	Caso 1	12,5

9.3.7 Solução de recapeamento

Caso 1: Para $3 < HR \leq 12,5\text{cm}$ a subdivisão em camadas integradas de CBUQ e pré-misturado ou camada única de CBUQ (binder e capa), são alternativas que podem ser consideradas a partir das condições de superfície existente, contemplando as características de deformabilidade das misturas betuminosas a serem utilizadas;

Caso 2: Para $12,5 < HR \leq 25\text{cm}$ é recomendada a adoção de camadas integradas dos tipos CBUQ e pré-misturado, de acordo com o seguinte procedimento:

$$H_{pm} = 0,60 HR$$

$$H_{CA} = HR - H_{pm}$$

onde:

H_{pm} - espessura de pré-misturado, em cm;

H_{CA} - espessura de concreto asfáltico, em cm;

HR - espessura de reforço em concreto asfáltico, calculada no item 9.3.6, em cm.

Caso 3: Para $HR > 25\text{cm}$ as camadas integradas não devem ser constituídas exclusivamente de misturas betuminosas.

Para esta situação, deve-se verificar, também, a necessidade de remoção do revestimento existente ou camadas subjacentes, com a reconstrução da estrutura do pavimento.

Caso 4: Para $HR \leq 3\text{cm}$ e a partir da análise da condição do pavimento existente, segundo as indicações do item 9.2, poderão ser contempladas soluções com lama asfáltica ou tratamento superficial.

Caso 5: Se as restrições econômicas condicionarem uma espessura máxima para HR inferior ao valor calculado segundo o item 9.3.6, deve ser avaliada a deflexão \bar{D} e determinado o valor de N_t correspondente, pela expressão:

$$\log N_t = \frac{3,148 - \log \bar{D}}{0,188}$$

Figura 10. Casos para definição da solução de recapeamento (DNER PRO-269/94
TECNAPAV)

4.4.2 Resultado do dimensionamento DNER PRO-011/79

Para as deflexões obtidas pelo equipamento Viga Benkelman somadas ao cálculo de IGG, o dimensionamento resultou na espessura de reforço indicadas na Tabela 14, que tiveram como base para dimensionamento o indicado na Tabela 15, extraída da norma DNER PRO-011/79.

Tabela 14. Dimensionamento de reforço Norma DNER PRO-011/79

Trecho	SH	km inicial	km final	Extensão total	IGG	Classif. do IGG	Número N _{USACE} 10 anos	Raio (m)	DNER PRO-011/79						
									Dp (0,01 mm)	Da (0,01 mm)	Hipótese	Qualidade Estrutural	Critério para Cálculo de Reforço	Medidas Corretivas	Reforço Calculado (cm)
DF-010 – Trecho de ligação entre o Setor Militar e a via EPIA	1	0,000	1,860	1,860	167	Péssimo	2,7E+07	176	115,67	50,4	II - Regular	Regular	Deflectométrico	Reforço	14,50

Tabela 15. DNER PRO-011/79: Critérios para Avaliação Estrutural

Hipótese	Dados Deflectométricos obtidos	Qualidade Estrutural	Necessidade de Estudos Complementares	Critério para Cálculo de Reforço	Medidas Corretivas
I	$D_p \leq D_{adm}$ $R \geq 100$	BOA	NÃO		Apenas correções de superfície
II	$D_p > D_{adm}$ $R \geq 100$	Se $D_p \leq 3 D_{adm}$ REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Reforço
		Se $D_p > 3 D_{adm}$ MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
III	$D_p \leq D_{adm}$ $R < 100$	REGULAR PARA MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
IV	$D_p > D_{adm}$ $R < 100$	MÁ	SIM	Resistência	Reforço ou Reconstrução
V	-	MÁ O pavimento apresenta deformações permanentes e rupturas plásticas generalizadas (IGG>180).	SIM	Resistência	Reconstrução

4.4.3 Definição de Soluções de Recuperação

A solução proposta para o trecho baseia-se nos dimensionamentos segundo TECNAPAV DNER PRO-269/94 e DNER PRO-011/79, considerando as deflexões obtidas por Viga Benkelman e as condições de superfície, assim como as janelas de inspeção e os ensaios realizados (Anexo 3 - Sondagens e Investigações Geotécnicas).

Conforme explicitado na Tabela 13, o dimensionamento segundo a TECNAPAV DNER PRO-269/94 indica reforço composto de 12,5 cm de CBUQ subdividido em camadas integradas ou camada única.

O dimensionamento segundo a DNER PRO-011/79, indicado na Tabela 14, sugere um reforço composto de 14,5 cm de CBUQ, calculado segundo critério deflectométrico, uma vez que se enquadrou no caso II com qualidade regular.

Em complementação aos resultados obtidos pelas metodologias dos normativos citados, é possível apurar no levantamento deflectométrico que o trecho apresenta frequentemente raios abaixo de 100m. Além disso, a condição de classificação de IGG como “péssimo” reflete um pavimento com baixa trafegabilidade, devido a uma superfície com elevado grau de trincamento, englobando de forma relevante trincas FC-1, FC-2 e FC-3, assim como a presença constante de remendos, desgastes e panelas.

Foi realizada análise mecânica das soluções propostas pelo DNER PRO-011/79 e DNER-PRO-269/94, considerando na retroanálise as espessuras investigadas nas duas janelas de inspeção (Seção 5.4). Considerando a falta de representatividade que as duas investigações acarretam, optou-se por ser conservador a favor do desempenho da estrutura e utilizar as espessuras mais críticas (Janela 1). Estas espessuras são de 4,5 de revestimento, 13,5 de base e 10,0 de sub-base. Como resultado desta análise mecânica, concluiu-se sobre a necessidade de incluir 18,0 cm de reforço no pavimento representado pela Janela 1 (trecho crítico). Este cálculo considera que o pavimento existente apresente um Módulo de Resiliência 37.500 kgf/cm² e que o reforço também seria composto de material com esta característica. Caso essa seja a solução adotada, importa ressaltar a necessidade de manter os degraus entre pista e acostamentos/acessos menores que 5 centímetros, buscando a segurança da via, o que poderá ensejar a reconstrução do meio fio no trecho completo.

Destaca-se ainda que foi analisada a reciclagem da base com os 4,5 cm de revestimento mas, devido ao módulo ser significativamente inferior, esta solução não apresentou

vantajosidade.

Ainda, uma vez que os métodos de dimensionamento de reforço indicaram espessuras altas de reforço e a condição do trecho é de relevante dano estrutural e superficial, considera-se importante avaliar a solução de reconstrução do trecho completo. Essa solução tem como objetivo a recuperação da trafegabilidade e, principalmente, da qualidade estrutural do trecho.

O projeto de pavimento flexível dos trechos de implantação apresentado no Capítulo b) contempla condições de tráfego e geotécnicas compatíveis com as do trecho a ser restaurado. Neste caso, os trechos de restauração e de implantação de pavimento novo possuem número N igual a $2,70 \times 10^7$, CBR do subleito igual a 7,1% e expansão compatível com as exigências normativas. Deste modo, a proposta de solução para reconstrução do trecho referente à DF-010, ligação entre o Setor Militar e a via EPIA, deve ser equivalente ao dimensionamento e à proposta 2 do trecho de implantação, explícitos na Tabela 58 e replicadas na Tabela 16. Os cálculos, premissas e desenvolvimentos da solução dimensionada encontram-se apresentados no Capítulo b) “Solução Preliminar Geral - Reparo **Localizado de Panelas, Escorregamentos, Exsudação e Remendos**”

Os defeitos como panelas, escorregamentos, exsudação e remendos indicam demanda do pavimento por melhorias estruturais. Assim, para acomodar reforço, tais defeitos devem ser sofrer reparo localizado prévio.

O percentual da área a ser reparada foi levantado de forma preliminar através da avaliação objetiva do pavimento (Anexo 1). Este levantamento indica a existência dos defeitos, mas não indica precisamente sua área. Deste modo, cabe avaliação da situação no trecho e aplicação do reparo exclusivamente e pontualmente onde forem constatados os defeitos pertinentes no momento da execução.

A fresagem do pavimento deve ser executada anteriormente ao reparo localizado. Após a execução do reparo localizado, cabe a recomposição da espessura de fresagem com CBUQ faixa C, conforme especificação de soluções finais.

As especificações técnicas de materiais e serviços são descritas no Capítulo 6 deste relatório.

a) **Solução Final**

· Pista:

O dimensionamento pelas normas DNER PRO-11/79 e DNER PRO-269/94 TECNAPAV com retroanálise mecânica indicou espessura de reforço de 18,0 cm. Neste caso, além das necessidades superficiais do pavimento, cabe especificação de reforço estrutural.

Considerando a presença de trincas FC-2 e FC-3, principalmente couro de jacaré e trincas de fadiga, foram previstos de 3 cm de fresagem à frio contínua (100%) de revestimento com recomposição de CBUQ (faixa C) na mesma espessura. A fresagem deve ser executada anteriormente aos reparos localizados. Após a execução das soluções preliminares, cabe a recomposição da espessura fresada com CBUQ.

A fresagem deve ser executada conforme a distribuição das trincas mais severas, comportando todo o trecho, segundo indicado no unifilar de fresagem da ficha resumo no Anexo 4, realizado a partir da avaliação objetiva do pavimento.

Após a recomposição da espessura fresada com CBUQ, cabe indicar a aplicação de camada de reforço adicional de 18 cm de CBUQ (faixa C) em toda a extensão do trecho, executado em 3 camadas.

· Acostamentos e acessos:

Os levantamentos não contemplam a existência de acostamentos. Portanto, caso existam trechos de acostamentos e acessos, estes podem potencialmente enfrentar degraus elevados quando encontram a pista de rolamento. Embora não tenham sido indicadas as condições dos degraus existentes, entende-se ser necessário sugerir soluções para a mitigação desta condição, caso os degraus resultantes sejam maiores que 5 cm.

Dadas as camadas de reforço de 18 cm aplicadas no trecho, possíveis acostamentos e acessos podem sofrer com elevados degraus. Para solucionar este problema e aumentar a segurança da via e a vida útil do pavimento como um todo, resta indicado reforço de 13 cm nos acostamentos e acessos apenas nos casos em que houver degrau final maior que 5 cm. Tal medida poderá ensejar a reconstrução do meio fio.



As especificações técnicas de materiais e serviços são descritas no Capítulo 6 deste relatório.

Projeto de Pavimento Flexível Novo”.

Por fim, para recuperação do trecho, cabe optar por uma das seguintes abordagens: a reconstrução total ou a restauração com reforço dimensionado por meio de análise mecânica. Caso a opção pela reconstrução do pavimento seja vantajosa, deve-se adotar a estrutura de pavimento proposta para o pavimento novo, conforme abordado.

Na Tabela 16 são apresentadas as opções avaliadas para solução final de recuperação do pavimento, sendo recomendadas as soluções de restauração dimensionada por retroanálise mecânica e a reconstrução total. Na Tabela 17 são propostas as soluções preliminares e as soluções finais de recuperação do pavimento, baseadas no que preconiza o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006). As soluções preliminares comportam trabalhos preparatórios para a restauração do pavimento, tais como selagem de trincas, reparos localizados e remendos profundos. As soluções finais representam as camadas finais do pavimento das faixas de rolamento, acostamentos e acessos.

Tabela 16. Soluções finais avaliadas para o trecho existente

Trecho	km inicial	km final	Extensão total	IGG	Número N _{USACE} 10 anos	CBR Subleito ST-01 ⁽¹⁾	Raio (m)	DNER PRO-011/79	DNER-PRO-269/94 TECNAPAV	Retroanálise Mecanística	Reconstrução total
								Reforço Calculado (cm)	Reforço Calculado (cm)	Reforço Calculado ⁽³⁾ (cm)	
DF-010 – Trecho de ligação entre o Setor Militar e a via EPIA	0,000	1,860	1,860 ⁽²⁾	167 Péssimo	2,70E+07	7,1%	176	14,5	12,5	18,0	Pavimento novo

⁽¹⁾ O ST-01 citado nesta tabela refere-se à “Janela de Inspeção 1”. Esta é a pior condição entre as duas ensaiadas no trecho existente, uma vez que a segunda janela apresentou CBR igual a 7,7%.

⁽²⁾ O segmento homogêneo pode ser representado por trechos menores que 7 km, de acordo com a TECNAPAV. Isto posto e considerando que o trecho apresenta 23% de coeficiente de variação das deflexões aferidas, foi atribuído todo o trecho como um único segmento homogêneo de 1,86 km. Ademais, caso houvesse subdivisões com pequenas variações, haveria diversas soluções distintas para pequenos segmentos o que, conseqüentemente, acarreta uma improdutividade prática no trecho.

⁽³⁾ A especificação técnica desta camada de rolamento está descrita na Seção 6.1 “Concreto Asfáltico”.

Tabela 17 – Quadro resumo de soluções preliminares e finais

Trecho	SH	km inicial	km final	Extensão total	Número N _{USACE} 10 anos	Soluções Preliminares			FR (%) 3 cm	Soluções Finais			
						% área P, E, Ex e R RL	% área Afund RP	% área FC-1 ST		Solução Final de Pista		Solução acostamentos e acessos	
DF-010 – Trecho de ligação entre o Setor Militar e a via EPIA	1	0,000	1,860	1,860	2,7E+07	30,2%	0,0%	0,0%	100%	CBUQ C (18 cm)	Capa 1ª camada: 6cm Capa 2ª camada: 6cm Capa 3ª camada: 6cm	CBUQ C (13 cm)	Capa 1ª camada: 5cm Capa 2ª camada: 5cm Capa 3ª camada: 3cm

RL: Reparo Localizado RP: Remendo Profundo ST: Selagem de Trincas FR: Fresagem com recomposição de CBUQ-C

b) Solução Preliminar Geral - Reparo Localizado de Panelas, Escorregamentos, Exsudação e Remendos

Os defeitos como panelas, escorregamentos, exsudação e remendos indicam demanda do pavimento por melhorias estruturais. Assim, para acomodar reforço, tais defeitos devem ser sofrer reparo localizado prévio.

O percentual da área a ser reparada foi levantado de forma preliminar através da avaliação objetiva do pavimento (Anexo 1). Este levantamento indica a existência dos defeitos, mas não indica precisamente sua área. Deste modo, cabe avaliação da situação no trecho e aplicação do reparo exclusivamente e pontualmente onde forem constatados os defeitos pertinentes no momento da execução.

A fresagem do pavimento deve ser executada anteriormente ao reparo localizado. Após a execução do reparo localizado, cabe a recomposição da espessura de fresagem com CBUQ faixa C, conforme especificação de soluções finais.

As especificações técnicas de materiais e serviços são descritas no Capítulo 6 deste relatório.

c) Solução Final

· Pista:

O dimensionamento pelas normas DNER PRO-11/79 e DNER PRO-269/94 TECNAPAV com retroanálise mecanística indicou espessura de reforço de 18,0 cm. Neste caso, além das necessidades superficiais do pavimento, cabe especificação de reforço estrutural.

Considerando a presença de trincas FC-2 e FC-3, principalmente couro de jacaré e trincas de fadiga, foram previstos de 3 cm de fresagem à frio contínua (100%) de revestimento com recomposição de CBUQ (faixa C) na mesma espessura. A fresagem deve ser executada anteriormente aos reparos localizados. Após a execução das soluções preliminares, cabe a recomposição da espessura fresada com CBUQ.

A fresagem deve ser executada conforme a distribuição das trincas mais severas, comportando todo o trecho, segundo indicado no unifilar de fresagem da ficha resumo no Anexo 4, realizado a partir da avaliação objetiva do pavimento.

Após a recomposição da espessura fresada com CBUQ, cabe indicar a aplicação de camada de reforço adicional de 18 cm de CBUQ (faixa C) em toda a extensão do trecho, executado em 3 camadas.

- Acostamentos e acessos:

Os levantamentos não contemplam a existência de acostamentos. Portanto, caso existam trechos de acostamentos e acessos, estes podem potencialmente enfrentar degraus elevados quando encontram a pista de rolamento. Embora não tenham sido indicadas as condições dos degraus existentes, entende-se ser necessário sugerir soluções para a mitigação desta condição, caso os degraus resultantes sejam maiores que 5 cm.

Dadas as camadas de reforço de 18 cm aplicadas no trecho, possíveis acostamentos e acessos podem sofrer com elevados degraus. Para solucionar este problema e aumentar a segurança da via e a vida útil do pavimento como um todo, resta indicado reforço de 13 cm nos acostamentos e acessos apenas nos casos em que houver degrau final maior que 5 cm. Tal medida poderá ensejar a reconstrução do meio fio.

As especificações técnicas de materiais e serviços são descritas no Capítulo 6 deste relatório.

5 Projeto de Pavimento Flexível Novo

5.1 Estudo Geotécnico

Citado anteriormente no item 4.2.3 “Sondagens e Ensaio de Laboratório”, os resultados das sondagens encontram-se no Anexo 3 – Sondagens e Investigações Geotécnicas. Ainda assim, para subsídio ao projeto de pavimento flexível a ser implantado, destacam-se os resultados obtidos na Tabela 18.

Tabela 18. Resumo dos resultados dos ensaios de subleito

ID	CBR (%)	Exp (%)	W _{ÓTIMA} (%)	γ _d máx (kg/m ³)	Granulometria			LL	IP	HRB
					>200#	Areia (%)	Pedregulho (%)			
ST-01	10,1	0,04	22,2	1.640	40,0	22,2	37,8	33,7	6,8	A-4
ST-02	7,2	0,27	29,2	1.598	92,2	6,6	1,2	46,0	16,5	A-7-6
ST-03	9,0	0,17	31,0	1.348	96,8	3,2	0,0	46,7	14,2	A-7-5
ST-04	9,3	0,16	31,8	1.320	93,0	7,0	0,0	47,2	16,6	A-7-5
ST-05	8,8	0,15	31,7	1.322	95,3	4,5	0,2	47,8	15,1	A-7-5
ST-06	7,2	0,14	32,6	1.350	93,9	6,0	0,1	49,7	15,4	A-7-5
ST-07	7,6	0,12	32,4	1.338	94,3	5,7	0,0	48,9	14,9	A-7-5
ST-08	7,8	0,19	32,6	1.325	91,5	8,5	0,0	48,4	16,3	A-7-5
ST-09	7,3	0,32	32,5	1.335	91,8	8,1	0,1	51,4	15,6	A-7-5
ST-10	7,4	0,13	32,6	1.323	95,1	4,9	0,0	46,9	16,2	A-7-5
ST-11	7,7	0,16	31,0	1.350	96,0	4,0	0,0	49,2	14,4	A-7-5
ST-12	7,5	0,12	32,8	1.341	95,1	4,9	0,0	47,7	15,3	A-7-5
ST-13	7,8	0,15	32,0	1.329	96,4	3,6	0,0	47,2	15,2	A-7-5
ST-14	9,5	0,12	33,2	1.348	96,2	3,8	0,0	45,3	14,8	A-7-5
ST-15	8,0	0,21	31,3	1.349	97,1	2,6	0,3	49,3	17,7	A-7-5
ST-16	8,2	0,32	31,3	1.334	90,3	9,7	0,0	52,0	19,9	A-7-5
ST-17	7,5	0,13	33,2	1.365	95,1	4,9	0,0	45,2	15,3	A-7-6
ST-18	8,3	0,15	33,5	1.342	90,9	9,0	0,1	46,0	14,8	A-7-5
ST-19	7,4	0,15	35,0	1.314	89,0	10,9	0,1	46,9	17,5	A-7-6
ST-20	8,7	0,13	32,6	1.335	93,6	6,4	0,0	48,3	15,9	A-7-5
ST-21	9,1	0,16	33,1	1.337	88,8	10,9	0,3	45,9	14,2	A-7-5
ST-22	8,5	0,16	32,0	1.338	86,7	13,2	0,1	47,6	16,3	A-7-5
ST-23	7,6	0,15	30,9	1.337	84,8	15,0	0,2	48,6	16,4	A-7-5
ST-24	8,1	0,16	28,5	1.347	84,6	15,4	0,0	44,4	12,5	A-7-5
ST-25	8,9	0,12	31,8	1.332	92,8	7,2	0,0	46,0	17,4	A-7-6
ST-26	8,1	0,14	32,5	1.331	94,8	5,1	0,1	50,5	18,1	A-7-5

ID	CBR (%)	Exp (%)	W _{ÓTIMA} (%)	γ _d máx (kg/m ³)	Granulometria			LL	IP	HRB
					>200#	Areia (%)	Pedregulho (%)			
ST-27	8,8	0,14	30,9	1.342	97,6	2,4	0,0	48,8	17,9	A-7-5
ST-28	7,1	0,12	31,0	1.350	96,8	3,2	0,0	46,4	15,7	A-7-5
ST-29	6,2	0,16	32,5	1.325	88,3	11,5	0,2	47,2	16,6	A-7-5
ST-30	7,2	0,15	32,7	1.361	91,9	8,0	0,1	45,9	15,1	A-7-5
ST-31	7,5	0,17	31,7	1.336	86,8	13,0	0,2	46,3	13,9	A-7-5
ST-32	8,0	0,10	28,2	1.339	90,0	9,9	0,1	46,5	13,5	A-7-5
ST-33	8,2	0,11	32,9	1.338	81,2	18,8	0,0	46,6	15,0	A-7-5
ST-34	8,0	0,17	32,5	1.340	98,2	1,8	0,0	47,7	15,3	A-7-5
ST-35	8,2	0,07	16,8	1.570	43,3	50,8	5,9	22,2	6,8	A-4

Para o material de sub-base recomenda-se o aproveitamento de solo excedente do trecho de ligação entre o Setor Terminal Norte (STN) e a Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA). Nas obras deste trecho, também objeto de escopo desta Contratada, há material excedente de terraplenagem. Quando o material excedente é adicionado a 4% de cal, este apresenta competência adequada as requisições técnicas de sub-base (Tabela 19).

Tabela 19. Resumo dos resultados dos ensaios para a sub-base

Sondagem	CBR (%)	Exp (%)	W _{ÓTIMA} (%)	γ _d máx (kg/m ³)	Granulometria				LL	IP
					>200#	Areia Fina (%)	Areia Grossa/Média (%)	Pedregulho (%)		
ST-03 (4% cal)	33,0	0,01	19,7	1.700	61,7	12,0	22,5	3,8	34,8	11,7
ST-03 (5% cal)	39,6	0,02	17,3	1.666	53,2	18,1	27,5	1,2	31,4	4,6
ST-04 (4% cal)	24,5	0,02	25,1	1.640	71,5	5,4	12,3	10,8	43,6	10,5
ST-04 (5% cal)	33,2	0,01	24,3	1.615	51,4	14,1	14,9	19,6	38,6	8,5

Para o material de base recomenda-se o aproveitamento de uma mistura de solo local, BGS e cimento (Tabela 20).

Tabela 20. Resumo dos resultados dos ensaios para a base

Sondagem	CBR (%)	Exp (%)	W _{ÓTIMA} (%)	γ _d máx (kg/m ³)
75% BGS 25% Solo local	107,8	0,02	10,6	2095

Sondagem	CBR (%)	Exp (%)	W _{ÓTIMA} (%)	γ _d máx (kg/m ³)
2% Cimento				
75% BGS				
25% Solo local	135,0	0,02	11,6	2075
3% Cimento				
75% BGS				
25% Solo local	160,0	0,01	11,7	2104
4% Cimento				

Em conjunto com as demais investigações geotécnicas apresentadas no Anexo 3, está a composição de traço de solo local e BGS.

Para o caso do subleito, a região de projeto foi considerada homogênea. Portanto, os dimensionamentos são embasados em um mesmo valor de CBR de projeto (CBR_P). Para o cálculo deste valor adotou-se a metodologia preconizada pela Instrução Geotécnica IP – 01/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo. Para o cálculo deste valor adotou-se a metodologia preconizada no Manual de Pavimentação do DNIT, aplicando-se as seguintes expressões:

$$ISC_P = \overline{ISC} - \frac{1,29 \times \sigma}{\sqrt{n}} - 0,68 \times \sigma$$

Em que:

$$\overline{ISC} = \frac{\sum ISC_i}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (ISC_i - \overline{ISC})^2}{n-1}}$$

n = número de amostras

Desta forma foram obtidos os valores de CBR_{PROJETADO} e CBR_{CALCULADO}, apresentados na Tabela 21.

Tabela 21. Valores calculados e adotados para o CBR

CBR _{PROJETADO} (%)	CBR _{CALCULADO} (%) *
<u>7,1</u>	7,3

Considerando a existência de quatro pontos com desvios de até 0,2% inferiores ao calculado (ST-02, ST-06, ST-28 e ST-30), optou-se por fazer o arredondamento do CBR

de projeto para 7,1%. Dessa foram, torna-se necessário atribuir uma solução apenas para a área de influência da sondagem ST-29.

Para este caso da região de impacto da ST-29, propõe-se a substituição de solo por material excedente local que seja satisfatório, de modo a facilitar a execução da obra. Destaca-se que a substituição deve-se ser feita em espessura análoga a proposta para a camada final de terraplenagem (60 cm finais), em três etapas construtivas de 20 cm. As especificações técnicas serão descritas na seção-tipo proposta.

Ademais, destaca-se que há um pequeno desvio padrão na amostra (0,8%) o que torna conveniente a adoção de um único valor de CBR para todo o trecho.

5.2 Interpretação do Tráfego para o Trecho

Previamente citado no item 3 “Estudo de Tráfego”, foi considerado um único Número “N” de projeto ($2,70 \times 10^7$) para o trecho em estudo.

5.3 Dimensionamento Prévio – Manual DNIT

Nesta seção será dissertado sobre o dimensionamento do pavimento de acordo com o método do Eng^o Murillo Lopes de Souza, preconizado no Manual de Projeto de Pavimentos do DNIT. Este método é realizado para o dimensionamento preliminar do pavimento.

O dimensionamento do pavimento asfáltico visa assegurar que a repetição da passagem dos eixos dos veículos não irá causar o trincamento excessivo da camada de revestimento por fadiga dentro do período de vida do projeto e, também, garantir que as espessuras das camadas de sua estrutura, bem como suas características, sejam capazes de minimizar os efeitos do afundamento da trilha de roda (acúmulo excessivo de deformação permanente), considerando a compatibilidade entre as deformabilidades dos materiais.

Diversos fatores incidem sobre os danos nas estruturas dos pavimentos tais como: o volume de tráfego, o peso e pressão das rodas do carregamento, a variação lateral da passagem dos veículos, a qualidade dos materiais, o efeito do clima, principalmente da temperatura e da umidade etc. Como não é possível possuir o conhecimento exato

destes fatores, o dimensionamento é realizado com os parâmetros médios ou característicos, com um grau de risco estatístico adotado como aceitável.

De acordo com o nível de tráfego, o método recomenda as espessuras mínimas de revestimento betuminoso, conforme mostrado na Tabela 22.

Tabela 22. Espessura mínima de revestimento

N	Espessura Mínima do Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Assim, considerando as informações preconizadas pelo DNIT, têm-se a espessura mínima do revestimento de 10,0 cm.

O gráfico apresentado no método, reproduzido na Figura 11, permite o cálculo da espessura total do pavimento em função de N e do ISC do subleito. A espessura total obtida do gráfico é expressa em termos de material granular, ou seja, de um material que apresente coeficiente de equivalência estrutural igual a um ($k = 1,0$). Alternativamente ao gráfico, pode ser utilizada a equação abaixo:

$$H_R = 77,67 \times N^{0,0482} \times ISC^{-0,598}$$

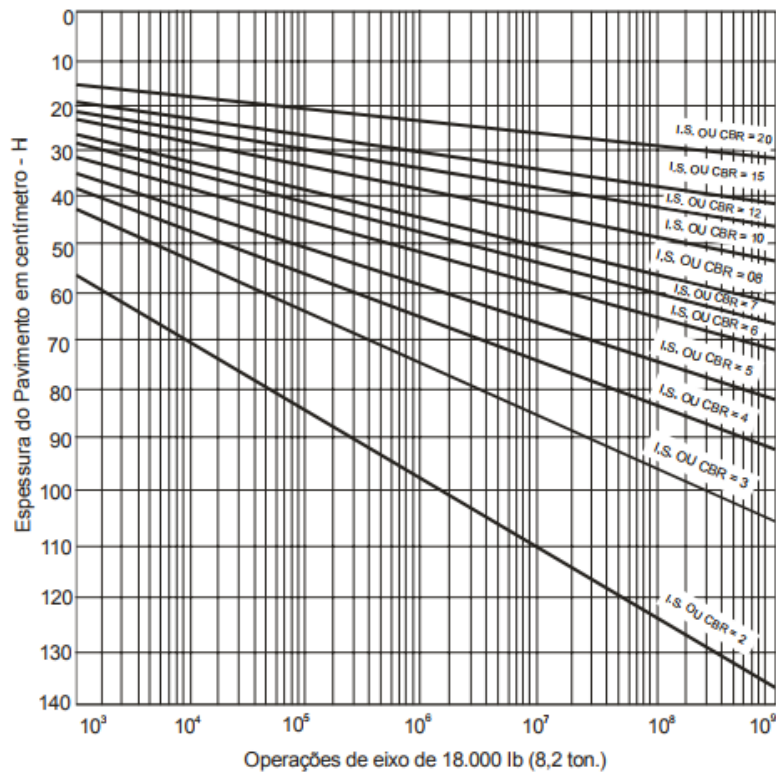


Figura 11. Ábaco para o cálculo da espessura do pavimento

Deve-se ressaltar ainda que as espessuras máximas e mínimas de compactação das camadas granulares são de 20cm e 10cm, respectivamente. Com relação a espessura construtiva mínima para estas camadas, o valor admissível é de 15cm.

Na Figura 12 apresenta-se a simbologia utilizada na designação das diferentes camadas do pavimento.

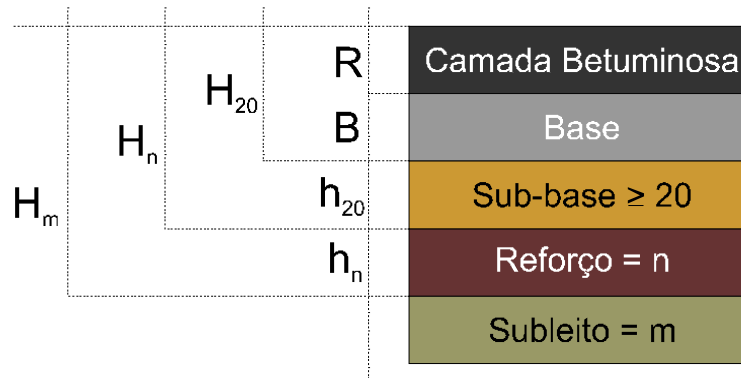


Figura 12. Nomenclaturas designadas para as camadas do pavimento

onde:

- H_m é a espessura total necessária para proteger um material com ISC = m
- H_n é a espessura da camada de pavimento com ISC = n
- H₂₀ é a espessura de pavimento sobre a sub-base
- h₂₀ é a espessura da sub-base
- B é a espessura da base
- R é a espessura do revestimento.

Determinadas as espessuras H_m, H_n, H₂₀ e R, as espessuras da base, sub-base e reforço são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$$

$$R \times K_R + B \times K_B + H_{20} \times K_S \geq H_n$$

$$R \times K_R + B \times K_B + H_{20} \times K_S + H_n \times K_{REF} \geq H_m$$

Os termos K_R e K_B são os coeficientes de equivalência estrutural, obtidos a partir da Tabela 23. Os coeficientes da sub-base, K_{SB}, e do reforço do subleito, K_{REF}, são obtidos pelas expressões:

$$K_{SB} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{SB}}{3CBR_{SL}}} \leq 1 \quad e \quad K_{REF} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{REF}}{3CBR_{SL}}} \leq 1$$

Tabela 23. Coeficientes de equivalência estrutural – IP-05/PMS

<i>CAMADA DO PAVIMENTO</i>	<i>COEFICIENTE ESTRUTURAL (K)</i>
Base ou Revestimento de Concreto Asfáltico	2,00
Base ou Revestimento de Concreto Magro/Compactado com Rolo	2,00
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Quente, de Graduação Densa / BINDER	1,80
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,40
Base ou Revestimento Asfáltico por Penetração	1,20
Paralelepípedos	1,00
Base de Brita Graduada Simples, Macadame Hidráulico e Estabilizadas Granulometricamente	1,00
Sub-bases Granulares ou Estabilizadas com Aditivos	≤ 1,00
Reforço do Subleito	≤ 1,00
Base de Solo-Cimento ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,70
Base de BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, entre 2,8 e 4,5 MPa	1,40
Base de Solo-Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,20
Base de Solo melhorado com Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 MPa	1,00

Os dados relativos ao projeto são aqueles apresentados em tabelas e no ábaco da Figura 11, além das inequações acima especificadas e os valores dos coeficientes de equivalência da Tabela 23. Ao aplicar esses fatores às condições locais, têm-se as estruturas de pavimento preliminares apresentadas na Tabela 24.

Tabela 24. Resultado obtido no dimensionamento, em centímetros

Tráfego (N)	<i>R</i>		<i>H</i>		<i>B</i>		<i>h</i> ₂₀	
	Mínimo	Adotado	20	<i>n</i>	Mínimo	Adotado	Mínimo	Adotado
2,70 x 10 ⁷	10	10	29,54	54,88	10,7	17	19,1	20

Assim, na Tabela 25 apresentam-se as espessuras preliminarmente propostas para os segmentos em estudo.

Tabela 25. Proposta de estrutura de pavimento

Camada	Espessura (cm)	Material*
CBUQ – Capa de Rolamento – Faixa “C”	4,0	CBUQ – Capa de Rolamento
Pintura de ligação	-	Emulsão asfáltica: RR-2C
Camada de ligação	6,0	Binder – Faixa “B”
Imprimação	-	Emulsão Asfáltica Imprimante - EAI
Base	17	Brita Graduada Simples ⁽¹⁾
Sub-base	20	Solo excedente da ligação STN/EPIA com adição de 4% de cal
Subleito	-	Solo local

⁽¹⁾ A camada de base é avaliada no dimensionamento definitivo (Seção 5.4) com três composições distintas, são elas: brita graduada simples, brita graduada tratada com cimento e uma mistura estabilizada com solo local, BGS e cimento. A solução que atender aos requisitos técnicos e apresentar a composição mais econômica, será a escolhida e relatada como solução final. Inicialmente, esta será testada com módulo de BGS.

Para o caso da região de impacto da ST-29, propõe-se a substituição de solo por material excedente local que seja satisfatório, de modo a facilitar a execução da obra. Destaca-se que a substituição deve-se ser feita em espessura análoga a proposta para a camada final de terraplenagem (60 cm finais), em três etapas construtivas de 20 cm. As especificações técnicas serão descritas na seção-tipo proposta.

Ainda assim, ressalta-se que a estrutura apresentada deverá ser verificada, por meio de análise mecanicista do pavimento, que ditará a solução definitiva. Portanto, limita-se, até o presente momento, à obtenção de uma estrutura preliminar.

5.4 Dimensionamento Definitivo – Análise Mecanística

A Instrução de Projeto “IP-DE-P00/001 - Projeto de Pavimentação”, do DER-SP, de janeiro de 2006, preconiza: “A critério da fiscalização, pode ser solicitada a verificação mecanicista da estrutura de pavimento dimensionada pelos métodos do DER/SP e do DNER através do emprego de programa computacional. Na utilização de programas

computacionais para verificação mecanicista, devem ser fornecidas a **descrição sucinta do programa computacional, as hipóteses de cálculo utilizadas e simplificações adotadas, dados de entrada e resultados obtidos.**” (grifo nosso)

Os critérios mecânicos de estudo de pavimentos utilizam-se da teoria das camadas elásticas para o cálculo dos deslocamentos, das tensões e das deformações nas estruturas simuladas. Como ferramenta para realizar este projeto fez-se uso do programa do ELSYM5 - Elastic Layered System, que através do método das diferenças finitas, permite o cálculo dos parâmetros requeridos pela Instrução de Projeto do DER-SP, em qualquer ponto da estrutura do pavimento.

Com relação às hipóteses de cálculo utilizadas e as simplificações adotadas, estas estão implícitas no modelo constitutivo atribuído como padrão no programa ELSYM5 e nos dados de entrada. Deve-se especialmente citar a adoção dos coeficientes “K” e “n”, para expor que estes estão em consonância com as especificações técnicas requeridas no projeto. Dessa forma, com base nas referências bibliográficas propostas pela norma do DER-SP, adotaram-se as fontes apresentadas na Tabela 26 e na Tabela 27.

Tabela 26. Modelos de fadiga para misturas asfálticas

Fonte	Ano	K	N
Pinto & Preussler (CAP 50/70)	1980	$2,85 \times 10^{-7}$	3,69

Tabela 27. Modelos de fadiga para deformações verticais de compressão do subleito

Fonte	Ano	K	N
Dormon & Metcalf	1965	$6,069 \times 10^{-10}$	4,762

5.4.1 Parâmetros de Entrada

Os parâmetros de entrada do programa são dados fundamentais para obtenção de um resultado condizente com a realidade. Com relação a este projeto, na Tabela 28 apresentam-se os dados relacionados à estrutura do pavimento.

Tabela 28. Estrutura do pavimento e valores usuais de Módulo de Resiliência e Poisson

Camada	Tipo	Módulo de Resiliência			Poisson	CBR (%)
		Estimativa em MPa	Fonte	Estimativa em kgf/cm ²		
Mistura Betuminosa	Concreto Asfáltico ⁽¹⁾	3.000 < E < 5.000	IP-08/2004	37.500	0,30	-
		2.000 < E < 5.000	IP-DE-P00/001			
	Binder ⁽¹⁾	1.400 < E < 1.800	IP-08/2004	20.500	0,30	-
		2.000 < E < 3.000	IP-DE-P00/001			
Base	Brita Graduada Simples ⁽¹⁾ ou Cascalho Amarelo	100 < E _B < 500	IP-08/2004	2.600	0,35	100
		150 < E _B < 300	IP-DE-P00/001			
	BGTC ⁽¹⁾	5.000 < E _B < 15.000	IP-08/2004	112.500	0,35	100
		7.000 < E _B < 18.000	IP-DE-P00/001			100
	Solo + BGS + Cimento	100 < E _B < 500	IP-08/2004	3.000	0,35	100
		-	IP-DE-P00/001			100
Sub-base	Solo local com 4% de cal ou Cascalho Amarelo	$E_{REF} = 18,0(CBR_{SB})^{0,64} \times \sqrt[3]{\frac{3CBR_{SL}}{CBR_{SB}}}$	IP-08/2004	1.750	0,20	20
		150 < E _B < 300	IP-DE-P00/001			
Subleito	Não Laterítico	$E_{SL} = 18,0 (CBR)^{0,64}$ ⁽²⁾	IP-08/2004	570 ⁽³⁾	0,40	5,0
		25 < E _B < 75	IP-DE-P00/001			

⁽¹⁾ Adotou-se como referência a média entre os valores intermediários da IP-08/2004 e IP-DE-P00/001;

⁽²⁾ Devido ao desconhecimento se o solo se trata de material laterítico ou não, adotou-se o valor mais conservador dentre os dois propostos pela IP – 08/2004 ($E_{SL} = 18 \times CBR^{0,64}$). Desconsiderou-se a opção de material arenoso, devido ao conhecimento da granulometria;

⁽³⁾ Para a área de influência da sondagem ST-29, com CBR igual a 6,2%, têm-se um módulo de 540 kgf/cm².

Com relação aos dados gerais do carregamento, estes estão sintetizados na Tabela 29.

Tabela 29. Dados gerais do carregamento imposto ao pavimento

Propriedade	Magnitude
Pressão de contato pneu/pavimento	5,6 kgf/cm ² ⁽¹⁾
Raio da área de contato pneu/pavimento	10,8 cm
Carga por roda	2.050 kgf
Afastamento entre pneus, por roda	28,8 cm
Ponto médio entre pneus	14,4 cm

⁽¹⁾ Na simulação este dado foi atribuído como sendo igual à zero, pois este valor já é considerado pelas configurações padrões.

Para verificação do deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0), deformação

específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t) e deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v), utilizaram-se os dados apresentados na Tabela 30 e exemplificados na Figura 13.

Tabela 30. Pontos de interesse da análise mecânica

Propriedade	Parâmetro	Localização
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	U_z (cm)	Infinitesimal abaixo da carga (0,01 cm)
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	Maior valor entre ϵ_{xx} e ϵ_{yy}	Infinitesimal acima da interface binder-base
Para base ou sub-base de BGTC: Tensão de tração atuante sob a camada de base cimentada	Maior valor entre σ_{xx} e σ_{yy}	Sob a camada cimentada
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	ϵ_{zz}	Infinitesimal abaixo da sub-base

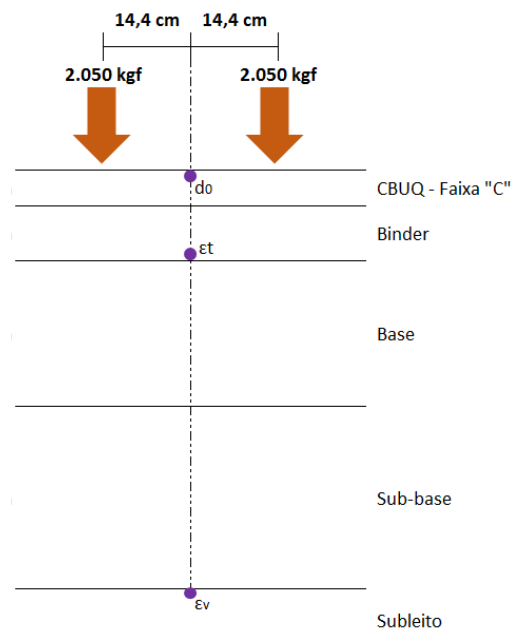


Figura 13. Exemplificação dos pontos de obtenção dos dados de interesse

5.4.2 Resultados Obtidos

Os resultados da análise mecanicista podem ser divididos em:

- Verificação do deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0);
- Verificação da deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t);
- Para estruturas em BGTC: Verificação da fadiga (σ_t); e
- Verificação da deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v).

Com base nos parâmetros de entrada, obtiveram-se os valores apresentados nas Tabela 30 a 33.

Tabela 31. Parâmetros obtidos com a utilização do programa ELSYM5: Murilo Lopes

Estrutura Proposta 1 (Método Murilo Lopes):	
Camada de Rolamento 4 cm / Binder 6 cm / Base BGS 17 cm / Subbase 20 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$56,8 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$2,87 \times 10^{-4}$ cm/cm
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$5,34 \times 10^{-4}$ cm/cm

Tabela 32. Parâmetros obtidos com a utilização do programa ELSYM5: BGS

Estrutura Proposta 2.1 (Base em Brita Graduada Simples):	
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 17 cm / Subbase 30 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$45,6 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$2,13 \times 10^{-4}$ cm/cm
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$3,17 \times 10^{-4}$ cm/cm
Estrutura Proposta 2.2 (Base em Brita Graduada Simples):	
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$45,9 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$2,14 \times 10^{-4}$ cm/cm
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$2,47 \times 10^{-4}$ cm/cm

Tabela 33. Parâmetros obtidos com a utilização do programa ELSYM5: BGTC

Estrutura Proposta 3.1 (Base em Brita Tratada com Cimento):	
Camada de Rolamento 6 cm / Binder 6 cm / Base 17 cm / Subbase 30 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$28,1 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$2,52 \times 10^{-5}$ cm/cm
Tensão de tração atuante (σ_t)	6,31 kgf
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$1,45 \times 10^{-4}$ cm/cm
Estrutura Proposta 3.2 (Base em Brita Tratada com Cimento):	
Camada de Rolamento 6 cm / Binder 6 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$27,9 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$2,39 \times 10^{-5}$ cm/cm
Tensão de tração atuante (σ_t)	6,17 kgf
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$1,41 \times 10^{-4}$ cm/cm

Tabela 34. Parâmetros obtidos com a utilização do programa ELSYM5: Solo local com BGS e Cimento

Estrutura Proposta 4.1 (Base em Solo local + BGS + Cimento):	
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$44,9 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$2,01 \times 10^{-4}$ cm/cm
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$3,19 \times 10^{-4}$ cm/cm
Estrutura Proposta 4.2 (Base em Solo local + BGS + Cimento):	
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 15 cm / Subbase 30 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$45,3 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$2,02 \times 10^{-4}$ cm/cm
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$3,27 \times 10^{-4}$ cm/cm

Para a estrutura de reforço, considerando que não haverá interferência nas camadas de base e sub-base, foram mantidos os 13,5 cm e 10 cm, respectivamente. Com relação a espessura da camada de rolamento, esta é resultado da soma dos 4,5 cm da estrutura existente, com os 14,5 cm (PRO-11), 12,5 cm (PRO-269) e 18,0 cm (mecanístico). Por esse motivo que as espessuras de revestimento que foram testadas tem a importância de 19 cm; 17 cm; 22,5 cm; e 22 cm.

Tabela 35. Parâmetros obtidos com a utilização do programa ELSYM5: Restauração

Estrutura Proposta 5.1 (DNER PRO-011/79):	
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 19 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$43,2 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$1,44 \times 10^{-4}$ cm/cm
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$3,94 \times 10^{-4}$ cm/cm
Estrutura Proposta 5.2 (DNER-PRO-269/94):	
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 17 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$46,5 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$1,56 \times 10^{-4}$ cm/cm
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$4,52 \times 10^{-4}$ cm/cm
Estrutura Proposta 5.3 (Reforço Mecanístico):	
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 22,5 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$38,4 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$1,18 \times 10^{-4}$ cm/cm
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$3,15 \times 10^{-4}$ cm/cm
Estrutura Proposta 5.4 (Confirmação do Reforço Mecanístico):	
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 22 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm	
Propriedade	Magnitude
Deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0)	$39,0 \times 10^{-2}$ mm
Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ϵ_t)	$1,21 \times 10^{-4}$ cm/cm
Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ϵ_v)	$3,25 \times 10^{-4}$ cm/cm

⁽¹⁾ A espessura da camada de rolamento é resultado da soma dos 4,5 cm da estrutura existente, com os 14,5 cm (PRO-11), 12,5 cm (PRO-269) e 18,0 cm (mecanístico).

5.4.2.1 Deslocamento na superfície do pavimento

Para o deslocamento vertical na superfície do pavimento (d_0), têm-se a seguinte equação:

$$\log D_{adm} = k - n \cdot \log N$$

Na Tabela 36 demonstram-se que as constantes “K” e “n” são definidas de forma distintas pelos procedimentos DNER-PRO 011/79 e DNER-PRO 269-94.

Tabela 36. Deslocamento vertical recuperável em função do Número “N” – Estrutura sem reforço do subleito

Equação	Procedimento	K	n
1	DNER-PRO 011/79	3,01	0,174
2	DNER-PRO 269/94	3,148	0,188

Utilizando os valores apresentados, têm-se os resultados sintetizados nas Tabelas 35, 36, 37 e 38.

Tabela 37. Comparação entre o deslocamento da estrutura e o admissível: Murilo Lopes

Estrutura Proposta 1 (Método Murilo Lopes): Camada de Rolamento 4 cm / Binder 6 cm / Base 17 cm / Subbase 20 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	56,8 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Inadequado	109,0
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Inadequado	100,7

Tabela 38. Comparação entre o deslocamento da estrutura e o admissível: BGS

Estrutura Proposta 2.1 (Base em Brita Graduada Simples):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 17 cm / Subbase 30 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	45,6 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Ok	87,5%
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Ok	80,8%
Estrutura Proposta 2.2 (Base em Brita Graduada Simples):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	45,9 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Ok	88,1%
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Ok	81,4%

Tabela 39. Comparação entre o deslocamento da estrutura e o admissível: BGTC

Estrutura Proposta 3.1 (Base em Brita Tratada com Cimento):					
Camada de Rolamento 6 cm / Binder 6 cm / Base 17 cm / Subbase 30 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	28,1 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Ok	53,9%
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Ok	49,9%
Estrutura Proposta 3.2 (Base em Brita Tratada com Cimento):					
Camada de Rolamento 6 cm / Binder 6 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	27,9 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Ok	53,5%
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Ok	49,5%

Tabela 40. Comparação entre o deslocamento da estrutura e o admissível: Solo, BGS e Cimento

Estrutura Proposta 4.1 (Base em Solo local + BGS + Cimento):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	44,9 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Ok	86,2%
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Ok	79,7%
Estrutura Proposta 4.2 (Base em Solo local + BGS + Cimento):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 15 cm / Subbase 30 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	45,3 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Ok	86,9%
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Ok	80,4%

Tabela 41. Comparação entre o deslocamento da estrutura e o admissível: Reforço

Estrutura Proposta 5.1 (DNER PRO-011/79):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 19 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	43,2 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Ok	82,9%
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Ok	76,7%
Estrutura Proposta 5.2 (DNER-PRO-269/94):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 17 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	46,5 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Ok	89,2%
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Ok	82,5%
Estrutura Proposta 5.3 (Reforço Mecânico):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 22,5 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	38,4 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Ok	73,7%
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Ok	68,1%
Estrutura Proposta 5.4 (Confirmação do Reforço Mecânico):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 22 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Equação	Procedimento	Deslocamento da Estrutura	Deslocamento Admissível	Resultado	% Consumo
1	DNER-PRO 011/79	39,0 x 10 ⁻² mm	52,1 x 10 ⁻² mm	Ok	74,8%
2	DNER-PRO 269/94		56,4 x 10 ⁻² mm	Ok	69,2%

⁽¹⁾ A espessura da camada de rolamento é resultado da soma dos 4,5 cm da estrutura existente, com os 14,5 cm (PRO-11), 12,5 cm (PRO-269) e 18,0 cm (mecânico).

5.4.2.2 Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior do revestimento

Para a deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento (ξ_t) têm-se a seguinte equação:

$$N_{AASHTO} = K \cdot \left(\frac{1}{\xi_t}\right)^n$$

Onde:

N: número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto;

ξ_t : deformação específica horizontal na tração;

K e n: coeficientes determinados por regressões lineares, particulares para cada tipo de mistura asfáltica e modificados para refletir o desempenho no campo.

Ao adotar os parâmetros atribuídos por Pinto & Preussler para o ligante CAP 50/70 (1980), têm-se os resultados sintetizados nas Tabelas 39 a 42.

$$N_{ADMISSÍVEL(AASHTO)} = 2,85 \cdot 10^{-7} \cdot \left(\frac{1}{\xi_t}\right)^{3,69}$$

Tabela 42. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – Murilo Lopes

Estrutura Proposta 1 (Método Murilo Lopes):					
Camada de Rolamento 4 cm / Binder 6 cm / Base 17 cm / Subbase 20 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$3,35 \times 10^6$	$9,41 \times 10^6$	Inadequado	280,9%

Tabela 43. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – BGS

Estrutura Proposta 2.1 (Base em Brita Graduada Simples):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 17 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$1,01 \times 10^7$	$9,41 \times 10^6$	Ok	93,2%
Estrutura Proposta 2.2 (Base em Brita Graduada Simples):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$9,90 \times 10^6$	$9,41 \times 10^6$	Ok	95,1%

Tabela 44. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – BGTC

Estrutura Proposta 3.1 (Base em Brita Tratada com Cimento):					
Camada de Rolamento 6 cm / Binder 6 cm / Base 17 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$2,65 \times 10^{10}$	$9,41 \times 10^6$	Ok	0,0%
Estrutura Proposta 3.2 (Base em Brita Tratada com Cimento):					
Camada de Rolamento 6 cm / Binder 6 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$2,39 \times 10^{10}$	$9,41 \times 10^6$	Ok	0,0%

Tabela 45. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – Solo, BGS e Cimento

Estrutura Proposta 4.1 (Base em Solo local + BGS + Cimento):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$1,25 \times 10^7$	$9,41 \times 10^6$	Ok	75,4%
Estrutura Proposta 4.2 (Base em Solo local + BGS + Cimento):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$1,22 \times 10^7$	$9,41 \times 10^6$	Ok	76,8%

Tabela 46. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – Reforço

Estrutura Proposta 5.1 (DNER PRO-011/79):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 19 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$4,27 \times 10^7$	$9,41 \times 10^6$	Ok	22,0%
Estrutura Proposta 5.2 (DNER-PRO-269/94):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 17 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$3,18 \times 10^7$	$9,41 \times 10^6$	Ok	29,6%
Estrutura Proposta 5.3 (Reforço Mecânico):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 22,5 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$8,90 \times 10^7$	$9,41 \times 10^6$	Ok	10,6%
Estrutura Proposta 5.4 (Confirmação do Reforço Mecânico):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 22 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Autor	Ano	N_{AASHTO} ADMISSÍVEL	N_{AASHTO} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Pinto & Preussler	1980	$8,12 \times 10^7$	$9,41 \times 10^6$	Ok	11,6%

⁽¹⁾ A espessura da camada de rolamento é resultado da soma dos 4,5 cm da estrutura existente, com os 14,5 cm (PRO-11), 12,5 cm (PRO-269) e 18,0 cm (mecânico).

5.4.2.3 Fadiga na camada de BGTC

Para a verificação da fadiga na fibra inferior da camada cimentada, causadas pelos carregamentos na superfície dos pavimentos, têm-se a equação proposta IP – 08/2004 “Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas de Pavimento”:

$$N_f = 10^{(37,4231 - 38,4615 RT)}$$

Onde:

RT é a relação entre tensões, ou seja, a relação entre a tensão de tração na flexão sofrida na camada (obtida no Elsym5) pela tensão de tração na flexão de ruptura de projeto.

Para a tensão de tração na ruptura do material, adotou-se um valor limite de 1 MPa (10,1972 kgf/cm²). Tendo este limite como referência, o valor a ser adotado foi calculado por:

$$\sigma_t = 59,463847 \cdot e_{CAUQ}^{-0,323205} \cdot e_{BGTC}^{-1,178098} \cdot e_{BGS}^{-0,007887} \cdot E_{sub}^{-0,214274} \cdot (Q_{ESRD})^{0,970153}$$

Onde:

σ_t = tensão de tração na flexão na base (MPa);

e_{CAUQ} = espessura de CAUQ (mm) = 125 ou 120 mm;

e_{BGTC} = espessura da base (mm) = 180 mm;

e_{BGS} = espessura da sub-base (mm) = 300 mm;

E_{sub} = módulo de resiliência do subleito (MPa) = 57 MPa;

Q_{ESRD} = carga total sobre o eixo simples de rodas duplas (kN) = 80 kN.

Isto posto, para um revestimento com 125 mm a tensão de tração ruptura foi de 8,02 kgf. Com a mesma formulação, obteve-se para 120 mm uma tensão de 7,92 kgf.

Ao adotar os parâmetros atribuídos pelo modelo mecanicista, têm-se os resultados sintetizados nas Tabela 43.

Tabela 47. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – BGTC

Estrutura Proposta 3.1 (Base em Brita Tratada com Cimento):						
Camada de Rolamento 6 cm / Binder 6 cm / Base 17 cm / Subbase 30 cm						
Referência	Tração na Ruptura (kgf/cm²)	Tração Atuante (kgf/cm²)	$N_{ADMISSÍVEL}$	$N_{DE PROJETO}$	Resultado	% Consumo
IP – 08/2004	7,92	6,17	$1,49 \times 10^7$	$2,70 \times 10^7$	Inadequado	182%
Estrutura Proposta 3.2 (Base em Brita Tratada com Cimento):						
Camada de Rolamento 6 cm / Binder 6 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm						
Referência	Tensão de Tração na Ruptura (kgf/cm²)	Tração Atuante (kgf/cm²)	$N_{ADMISSÍVEL}$	$N_{DE PROJETO}$	Resultado	% Consumo
IP – 08/2004	8,02	6,31	$2,82 \times 10^7$	$2,70 \times 10^7$	Ok	95,7%

5.4.2.4 Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito

Para a deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (ε_v) têm-se a seguinte equação:

$$N_{USACE} = K \cdot \left(\frac{1}{\xi_v}\right)^n$$

Onde:

N: número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto;

ξ_v : deformação vertical de compressão no subleito;

K e n: coeficientes determinados por regressões lineares, particulares para cada tipo de mistura asfáltica e modificados para refletir o desempenho no campo.

Ao adotar os parâmetros atribuídos por Dormon & Metcalf (1965), têm-se os resultados sintetizados nas Tabelas 47 a 51.

$$N_{admissivel(USACE)} = 6,069 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{1}{\xi_v}\right)^{4,762}$$

Tabela 48. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – Murilo Lopes

Estrutura Proposta 1 (Método Murilo Lopes):					
Camada de Rolamento 4 cm / Binder 6 cm / Base 17 cm / Subbase 20 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	$2,33 \times 10^6$	$2,70 \times 10^7$	Inadequado	1.159%

Tabela 49. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – BGS

Estrutura Proposta 2.1 (Base em Brita Graduada Simples):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 17 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	$2,79 \times 10^7$	$2,70 \times 10^7$	Ok	96,8%

Estrutura Proposta 2.2 (Base em Brita Graduada Simples):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	$2,47 \times 10^7$	$2,70 \times 10^7$	Inadequado	109,3%

Tabela 50. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – BGTC

Estrutura Proposta 3.1 (Base em Brita Tratada com Cimento):					
Camada de Rolamento 6 cm / Binder 6 cm / Base 17 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	$1,32 \times 10^9$	$2,70 \times 10^7$	Ok	2,0%
Estrutura Proposta 3.2 (Base em Brita Tratada com Cimento):					
Camada de Rolamento 6 cm / Binder 6 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	$1,16 \times 10^9$	$2,70 \times 10^7$	Ok	2,3%

Tabela 51. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – Solo, BGS e Cimento

Estrutura Proposta 4.1 (Base em Solo local + BGS + Cimento):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 16 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	$2,704 \times 10^7$	$2,70 \times 10^7$	Ok	99,8%
Estrutura Proposta 4.2 (Base em Solo local + BGS + Cimento):					
Camada de Rolamento 3 cm / Binder 12 cm / Base 15 cm / Subbase 30 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	$2,40 \times 10^7$	$2,70 \times 10^7$	Inadequado	112,3%

Tabela 52. Comparação entre o Número N_{AASHTO} ADMISSÍVEL e o N_{AASHTO} DE PROJETO – Reforço

Estrutura Proposta 5.1 (DNER PRO-011/79):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 19 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	9,89 x 10 ⁶	2,70 x 10 ⁷	Inadequado	272,9%
Estrutura Proposta 5.2 (DNER-PRO-269/94):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 17 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	5,14 x 10 ⁶	2,70 x 10 ⁷	Inadequado	524,8%
Estrutura Proposta 5.3 (Reforço Mecanístico):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 22,5 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	2,87 x 10 ⁷	2,70 x 10 ⁷	Ok	94,0%
Estrutura Proposta 5.4 (Confirmação do Reforço Mecanístico):					
Camada de Rolamento⁽¹⁾ 22 cm / Base 13,5 cm / Subbase 10 cm					
Autor	Ano	N_{USACE} ADMISSÍVEL	N_{USACE} DE PROJETO	Resultado	% Consumo
Dormon & Metcalf	1965	2,47 x 10 ⁷	2,70 x 10 ⁷	Inadequado	109,1%

⁽¹⁾ A espessura da camada de rolamento é resultado da soma dos 4,5 cm da estrutura existente, com os 14,5 cm (PRO-11), 12,5 cm (PRO-269) e 18,0 cm (mecanístico).

5.4.3 Memória de Cálculo do Elsym5

5.4.3.1 Parâmetros de Entrada

A inclusão das camadas estruturais do pavimento pode ser sintetizada na Tabela 53.

Tabela 53. Dados de entrada das camadas do pavimento

Estrutura Proposta			
Layer	Espessura	Poisson	Módulo de Resiliência
1 (Camada de Rolamento)	variável	0,30	37.500
2 (Binder)		0,30	20.500
3.1 (Brita Graduada Simples)		0,35	2.600
3.2 (Brita Graduada Tratada com Cimento)		0,35	112.500
3.3 (Solo local + BGS + Cimento)		0,35	3.000
4 (Solo local + Cal)		0,20	1.750
5 (Subleito)		0,40	570

A indicação dos carregamentos impostos é atribuída da seguinte forma:

- Carregamento: 2050 kgf;
- Pressão: 0;
- Raio do carregamento: 10,8 cm
- Posições da carga: (0 ; 0) e (0 ; 28,8)

Com relação aos dados de locação das áreas de interesse, estes são atribuídos como:

- Quantidade de pontos: 1 (no meio do caminho entre as cargas impostas);
- Número de pontos de interesse em Z: 3 ou 4 (com BGTC).
- Pontos em Z: 0,01 ; var.; var; e var.

5.4.3.2 Parâmetros de Saída

Os resultados podem ser sintetizados da seguinte forma:

- Deslocamento na superfície do pavimento
 - Displacement em 0,01 (UZ): resultados apresentados na Tabela 59.

Deformação específica horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento

- Maior valor entre ϵ_{xx} e ϵ_{yy} em diferentes profundidades (vide Seção 5.4.2).

Fadiga na camada de BGTC

- Maior valor entre σ_{xx} e σ_{yy} em diferentes profundidades (vide Seção 5.4.2).

Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito

- Valor de ϵ_{zz} em diferentes profundidades (vide Seção 5.4.2).

5.5 Análise de Economicidade

De acordo com o proposto, o pavimento apresenta um comportamento inadequado para a “Estrutura Proposta 1”, que retrata o pavimento dimensionado pelo método Murilo Lopes. Assim, fundamentado neste resultado, houve a necessidade de propor uma nova estrutura. Para essa nova proposta, verificou-se três diferentes soluções de base, composta por: Brita Graduada Simples; Brita Graduada Tratada com Cimento; e Solo local com Brita Graduada Simples e Cimento.

Considerando as especificações requeridas para composição das misturas, conforme indicado na Seção 5.1, se elaborou uma análise de economicidade das soluções propostas (Tabelas 53 a 55).

Tabela 54. Composição de Custo da Estrutura 2 (BGS)

SOLUÇÃO 2 - BASE DE BRITA GRADUADA SIMPLES								
Item	Código	Origem	Data-Base	Descrição	Unidade	Quantidade/M²	Preço Unitário	Total/M²
01.01	4011276	SICRO	out/21	BASE OU SUB-BASE DE BRITA GRADUADA COM BRITA COMERCIAL	M³	0,1700	168,61	28,66
01.02	4011352	SICRO	out/21	IMPRIMAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA	M²	1,0000	0,36	0,36
01.03	4011353	SICRO	out/21	PINTURA DE LIGAÇÃO	M²	3,0000	0,25	0,74
01.04	4011455	SICRO	out/21	CONCRETO ASFÁLTICO - FAIXA A - MASSA COMERCIAL	T	0,2880	165,37	47,63
01.05	4011464	SICRO	out/21	CONCRETO ASFÁLTICO - FAIXA C - MASSA COMERCIAL	T	0,0720	165,37	11,91
01.06				FORNECIMENTO DE CIMENTO ASFÁLTICO CAP 30/45	T	0,0181	4.389,83	79,65
01.07				FORNECIMENTO DE EMULSÃO ASFÁLTICA RR-2C	T	0,0015	3.543,17	5,31
01.08				FORNECIMENTO DE EMULSÃO PARA IMPRIMAÇÃO	T	0,0013	2.787,00	3,62
01.09				TRANSPORTE DE CAP 30/45	T	0,0181	152,25	2,76
01.10				TRANSPORTE DE EMULSÃO RR-2C	T	0,0015	55,54	0,08
01.11				TRANSPORTE DE EMULSÃO PARA IMPRIMAÇÃO	T	0,0013	263,77	0,34
TOTAL SOLUÇÃO 2								181,07

Tabela 55. Composição de Custo da Estrutura 3 (BGTC)

SOLUÇÃO 3 - BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO								
Item	Código	Origem	Data-Base	Descrição	Unidade	Quantidade/M ²	Preço Unitário	Total/M ²
02.01	4011278	SICRO	out/21	BASE OU SUB-BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO	M ³	0,1700	207,50	35,28
02.02	4011352	SICRO	out/21	IMPRIMAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA	M ²	1,0000	0,36	0,36
02.03	4011353	SICRO	out/21	PINTURA DE LIGAÇÃO	M ²	2,0000	0,25	0,49
02.04	4011455	SICRO	out/21	CONCRETO ASFÁLTICO - FAIXA A - MASSA COMERCIAL	T	0,1560	165,37	25,80
02.05	4011464	SICRO	out/21	CONCRETO ASFÁLTICO - FAIXA C - MASSA COMERCIAL	T	0,1440	165,37	23,81
				FORNECIMENTO DE CIMENTO ASFÁLTICO CAP 30/45	T	0,0153	4.389,83	67,11
				FORNECIMENTO DE EMULSÃO ASFÁLTICA RR-2C	T	0,0010	3.543,17	3,54
				FORNECIMENTO DE EMULSÃO PARA IMPRIMAÇÃO	T	0,0013	2.787,00	3,62
				TRANSPORTE DE CAP 30/45	T	0,0153	152,25	2,33
				TRANSPORTE DE EMULSÃO RR-2C	T	0,0010	55,54	0,06
				TRANSPORTE DE EMULSÃO PARA IMPRIMAÇÃO	T	0,0013	263,77	0,34
TOTAL SOLUÇÃO 3								162,74

Tabela 56. Composição de Custo da Estrutura 4 (Solo local + BGS + 2% de Cimento)

SOLUÇÃO 4 - BASE DE SOLO BRITA COM CIMENTO								
Item	Código	Origem	Data-Base	Descrição	Unidade	Quantidade/M ²	Preço Unitário	Total/M ²
03.01	4011240	SICRO-M	out/21	BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE COM 75% SOLO, 25% BRITA E 2% CIMENTO	M ³	0,1600	66,06	10,57
03.02	4011352	SICRO	out/21	IMPRIMAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA	M ²	1,0000	0,36	0,36
03.03	4011353	SICRO	out/21	PINTURA DE LIGAÇÃO	M ²	2,0000	0,25	0,49
03.04	4011455	SICRO	out/21	CONCRETO ASFÁLTICO - FAIXA A - MASSA COMERCIAL	T	0,2880	165,37	47,63
03.05	4011464	SICRO	out/21	CONCRETO ASFÁLTICO - FAIXA C - MASSA COMERCIAL	T	0,0720	165,37	11,91
				FORNECIMENTO DE CIMENTO ASFÁLTICO CAP 30/45	T	0,0181	4.389,83	79,65
				FORNECIMENTO DE EMULSÃO ASFÁLTICA RR-2C	T	0,0010	3.543,17	3,54
				FORNECIMENTO DE EMULSÃO PARA IMPRIMAÇÃO	T	0,0013	2.787,00	3,62
				TRANSPORTE DE CAP 30/45	T	0,0181	152,25	2,76
				TRANSPORTE DE EMULSÃO RR-2C	T	0,0010	55,54	0,06
				TRANSPORTE DE EMULSÃO PARA IMPRIMAÇÃO	T	0,0013	263,77	0,34
TOTAL SOLUÇÃO 4								160,93

5.6 Considerações Finais

Ao considerar que a análise mecânica das três estruturas propostas (Tabela 57) e a análise de economicidade (Seção 5.5), têm-se que a estrutura com melhor custo benefício é aquela com a base composta por solo local, BGS e 2% de cimento.

Tabela 57. Estruturas propostas pela análise mecânica

Camada	Base em BGS	Base em BGTC	Base em Solo local + BGS + Cimento
	Espessura (cm)	Espessura (cm)	Espessura (cm)
CBUQ – Capa de Rolamento – Faixa “C”	3	6	3
Camada de ligação (Binder)	12	6	12
Base	17	16	16
Sub-base	30	30	30
Subleito	-	-	-

Isto posto, detalha-se na Tabela 58 a seção escolhida e as respectivas especificações técnicas.

Tabela 58. Estrutura proposta para o pavimento

Camada	Espessura (cm)	Especificações Técnicas
CBUQ – Capa de Rolamento (Faixa “C”)	3	<ul style="list-style-type: none"> - CAP 50/70 (DNIT 031/2006) - Desgaste Los Angeles \leq 50% (DNER-ME 035) - Índice de Forma $>$ 0,5 (DNIT 424/2020-ME) - Durabilidade: Perda $<$ 12% (DNER-ME 089) - Equivalente de areia \geq 55% (DNER-ME 054) - Porcentagem de Vazios: 3 a 5% (DNER-ME 043) - Relação Betume/Vazios: 75 a 82% (DNER-ME 043) - Estabilidade mínima: 500 kgf _ 75 golpes (DNER-ME 043) - Resistência à Tração por Compressão Diametral estática a 25°C, mínima: 0,65 MPa (DNER-ME 138)
Pintura de ligação	-	- Emulsão asfáltica: RR-2C
Binder (Faixa “B”)	12	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentagem de Vazios: 4 a 6% (DNER-ME 043) - Relação Betume/Vazios: 65 a 72% (DNER-ME 043) - Estabilidade mínima: 500 kgf _ 75 golpes (DNER-ME 043) - Resistência à Tração por Compressão Diametral estática a 25°C, mínima: 0,65 MPa (DNER-ME 138)
Imprimação	-	- Emulsão Asfáltica Imprimante - EAI
Base (Solo local + BGS + 2% de Cimento)	16	<ul style="list-style-type: none"> - DER-SP, ET-DE-P00/008 - CBR \geq 100% - Expansão $>$ 0,3% - Energia de Compactação: <i>Proctor</i> Modificado
Sub-base (Solo com adição de 4% de cal)	30 ⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> - Norma: DNIT 422/2019 - ES - Índice de Grupo = 0 - CBR \geq 20% - Expansão $<$ 1% - Energia de Compactação: <i>Proctor</i> Intermediário
Subleito (solo local)	_(2)	<ul style="list-style-type: none"> - DNIT 108/2009-ES - DNIT 137/2010 – ES - CBR \geq 7,1% - Expansão $<$ 1% - Energia de Compactação: <i>Proctor</i> Normal

⁽¹⁾ A estrutura de sub-base deverá ser executada em duas camadas de 15 cm cada.

⁽²⁾ Quando for alcançado o nível da plataforma dos cortes devem ser verificadas as condições do solo “in natura” nas camadas superficiais (0,60m superiores, equivalente a camada final do aterro), em termos de grau de compactação. Os

segmentos que não atingirem as condições mínimas de compactação devem ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e, então, devidamente compactados, de sorte a alcançar a energia estabelecida no projeto.

Para que o dimensionamento do pavimento tenha validade, é necessário atender as especificações técnicas apresentadas ao final deste relatório e àquelas expostas na Tabela 59.

Tabela 59. Deflexões admissíveis a serem atendidas durante a execução

Camada	Ordem construtiva	Deflexão Admissível
CBUQ – Capa de Rolamento	Camada única de 3 cm	44,9 x 10 ⁻² mm
CBUQ – Binder	Segunda camada (6 cm)	50,8 x 10 ⁻² mm
	Primeira camada (6 cm)	61,3 x 10 ⁻² mm
Base	Camada única de 16 cm	72,0 x 10 ⁻² mm
Sub-base	Segunda camada (15 cm)	100,0 x 10 ⁻² mm
	Primeira camada (15 cm)	130,0 x 10 ⁻² mm
Subleito	-	146,0 x 10 ⁻² mm

Com relação ao trecho da ST-29, propõe-se a substituição de solo por material excedente local que seja satisfatório, de modo a facilitar a execução da obra. Destaca-se que a substituição deve-se ser feita em espessura análoga a proposta para a camada final de terraplenagem (60 cm finais), em três etapas construtivas de 20 cm (Tabela 60).

Tabela 60. Estrutura proposta para o pavimento na área lindeira a ST-29

Camada	Espessura (cm)	Material*
CBUQ	3	Capa de Rolamento – Faixa “C”
Pintura de ligação	-	Emulsão asfáltica: RR-2C
Binder – Faixa “B”	12	Binder – Faixa “B”
Imprimação	-	Emulsão Asfáltica Imprimante - EAI
Base	16	Solo local + BGS + 2% Cimento
Sub-base	30 ⁽¹⁾	Solo com adição de 4% de cal
Substituição do solo local	60 ⁽²⁾	Solo excedente da STN/EPIA (Especificações análogas ao subleito)
Subleito	-	Solo local

⁽¹⁾ A estrutura de sub-base deverá ser executada em duas camadas construtivas de 15 cm cada.

⁽²⁾ A camada de solo a ser substituído deverá ser executada em três camadas construtivas de 20 cm cada, em energia intermediária, conforme norma DNIT 108/2009-ES e especificações técnicas propostas neste projeto.

Com relação ao reforço do pavimento, as deflexões de projeto devem ser guiadas pelo exposto na Tabela 61.

Tabela 61. Deflexões admissíveis a serem atendidas durante a execução – Restauração

Camada	Ordem construtiva	Deflexão Admissível
CBUQ – Capa de Rolamento	Camada única de 6 cm	38,4 x 10 ⁻² mm
	Camada única de 6 cm	47,4 x 10 ⁻² mm
	Camada única de 6 cm	61,4 x 10 ⁻² mm
	Camada existente de 4,5 cm	80,9 x 10 ⁻² mm
Base	Topo da camada existente	98,2 x 10 ⁻² mm
Sub-base	Topo da camada existente	144 x 10 ⁻² mm
Subleito	Topo da camada existente	146 x 10 ⁻² mm

6 Especificações Técnicas de Materiais e Serviços

A execução dos serviços de pavimentação deverá seguir rigorosamente as instruções de execução e especificações de materiais apresentadas nas normas técnicas do DNIT, sem as quais este dimensionamento não terá validade.

6.1 Concreto Asfáltico

O revestimento do pavimento flexível será executado em concreto betuminoso usinado a quente. Os materiais utilizados, os equipamentos necessários, o processo executivo, o controle e a aceitação do serviço serão balizados pela norma DNIT 031/2006.

Dentre as recomendações contidas na especificação, para a capa de rolamento, destacam-se alguns pontos nas tabelas 62 a 64.

Tabela 62. Condições técnicas para confecção de CBUQ – Capa de Rolamento

Material	Especificação	Norma
Ligante	CAP 50/70	DNIT 031/2006
Agregados graúdos	Pedra britada, apresentando partículas sãs, limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas, atendendo ao preconizado no item 3.2.1 da Especificação Técnica nº 07 da NOVACAP	
Desgaste <i>Los Angeles</i>	Igual ou inferior a 50%	DNER-ME 035
Índice de forma	Superior a 0,5	DNIT 424/2020-ME
Durabilidade	Perda inferior a 12%	DNER-ME 089
Agregados miúdos	Areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos, apresentando partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas.	
Equivalente de areia	Igual ou superior a 55%	DNER-ME 054
Filler	Cimento Portland, cal extinta, pó calcáreo ou cinza volante.	
Granulometria		DNER-ME 083
Composição da mistura		
Granulometria e teor de betume		DNER-ME 083 DNER-ME 053
Porcentagem de vazios	3 a 5%	
Relação betume/vazios	75 a 82%	DNER-ME 043
Estabilidade mínima	500 kgf (75 golpes)	
Resistência à Tração por Compressão Diametral estática a 25°C, mínima, MPa	0,65	DNER-ME 138

Tabela 63. Granulometria do material de enchimento (*filler*)

Peneira	% mínima passando
Nº 40	100
Nº 80	95
Nº 200	65

Tabela 64. Faixa granulométrica e teor de ligante da mistura – Capa de Rolamento

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando Faixa C	Tolerâncias
Discriminação	Abertura mm		
1 ½"	38,1	100	±7%
1"	25,4	100	±7%
¾"	19,1	100	±7%
½"	12,7	80-100	±7%
3/8"	9,5	70-90	±7%

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando Faixa C	Tolerâncias
Discriminação	Abertura mm		
N° 4	4,8	44-72	±5%
N° 10	2,0	22-50	±5%
N° 40	0,42	8-26	±5%
N° 80	0,18	4-16	±3%
N° 200	0,074	2-10	±2%
Asfalto solúvel no CS2(+), em %		4,5 - 9,0	±0,3%

Com relação a camada de ligação (binder), ainda de acordo com a norma DNIT 031/2006 – ES, destacam-se as seguintes recomendações:

Tabela 65. Granulometria e teor de ligante da mistura – Camada de ligação (binder)

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando Faixa B	Tolerâncias
Discriminação	Abertura mm		
2"	50,8	-	- %
1 ½"	38,1	100	±7%
1"	25,4	95 – 100	±7%
¾"	19,1	80 – 100	±7%
½"	12,7	-	±7%
3/8"	9,5	45 – 80	±7%
N° 4	4,8	28 – 60	±5%
N° 10	2,0	20 – 45	±5%
N° 40	0,42	10 – 32	±5%
N° 80	0,18	8 – 20	±3%
N° 200	0,074	3 – 8	±2%
Asfalto solúvel no CS2(+), em %		4,5 - 7,5	±0,3%

Tabela 66. Característica da camada de ligação (binder)

Características	Método do Ensaio	Camada de ligação (binder)
Porcentagem de vazios, %	DNER-ME 043	4 a 6
Relação betume/vazios	DNER-ME 043	65 – 72
Estabilidade mínima, (Kgf) (75 golpes)	DNER-ME 043	500
Resistência a Tração por Compressão Diametral estática a 25°C, mínima, MPa	DNER-ME 138	0,65

6.2 Pintura de ligação

Para a pintura de ligação, prevista na estrutura do pavimento, o ligante asfáltico empregado deve ser do tipo RR-2C.

A taxa recomendada de ligante asfáltico residual é de 0,3 l/m² a 0,4 l/m. Antes da aplicação, a emulsão deve ser diluída na proporção de 1:1 com água a fim de garantir uniformidade na distribuição desta taxa residual. A taxa de aplicação da emulsão diluída é da ordem de 0,8 l/m² a 1,0 l/m².

Ressalta-se que a água deve ser isenta de teores nocivos de sais ácidos, álcalis, ou matéria orgânica e outras substâncias nocivas.

Os materiais utilizados, os equipamentos necessários, o processo executivo, o controle e a aceitação do serviço serão balizados pela NORMA DNIT 145/2010 - ES.

6.3 Imprimação betuminosa

Para a imprimação betuminosa deve-se empregar emulsão asfáltica do tipo EAI, em conformidade com a norma DNIT 165/2013 – EM. A taxa de aplicação “T” é aquela que pode ser absorvida pela base em 24 horas, devendo ser determinada experimentalmente na obra. Considerando tratar-se de emulsão asfáltica, as taxas de aplicação devem ser da ordem de 0,9 a 1,3 l/m².

Os materiais utilizados, os equipamentos necessários, o processo executivo, o controle e a aceitação do serviço deverão ser balizados pela Norma DNIT 144/2014 - ES.

6.4 Base: Solo local com Brita Graduada Simples e 2% de Cimento

O material de base deverá ser constituído de solo local com brita graduada simples e 2% de cimento, atendendo as recomendações da Especificação Técnica DER-SP, ET-DE-P00/008. Para essa especificação técnica destaca-se a requisição de um CBR maior ou igual a 100% e uma expansão inferior a 0,3%. Ademais, a utilização dos materiais estará restrita àqueles que se enquadram na faixa granulométrica “D”, conforme apresentado no ensaio de laboratório (Tabela 67 e Figura 14). O cimento utilizado

deverá ser o CP II-F-32.

Tabela 67. Composição do traço apresentado para a Base

Peneira (mm)	Composição do Traço										Soma	Faixa D	
	Solo Local		Brita 1		Pedrisco		Pó		100,0%	INF		SUP	
	Gran. (%)	Comp. 25,0%	Gran. (%)	Comp. 12,5%	Gran. (%)	Comp. 12,5%	Gran. (%)	Comp. 50,0%					
50,8	100,0	25,0	100,0	12,5	100,0	12,5	100,0	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
25,4	100,0	25,0	100,0	12,5	100,0	12,5	100,0	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
9,5	99,3	24,8	1,7	0,2	86,5	10,8	100,0	50,0	85,9	60,0	100,0	100,0	100,0
4,8	98,8	24,7	0,4	0,1	23,5	2,9	98,7	49,4	77,0	50,0	85,0	85,0	85,0
2	97,9	24,5	0,3	0,0	4,7	0,6	36,9	18,5	43,6	40,0	70,0	70,0	70,0
0,42	92,3	23,1	0,3	0,0	2,7	0,3	13,9	7,0	30,4	25,0	45,0	45,0	45,0
0,074	80,4	20,1	0,2	0,0	2,1	0,3	8,7	4,4	24,7	10,0	25,0	25,0	25,0

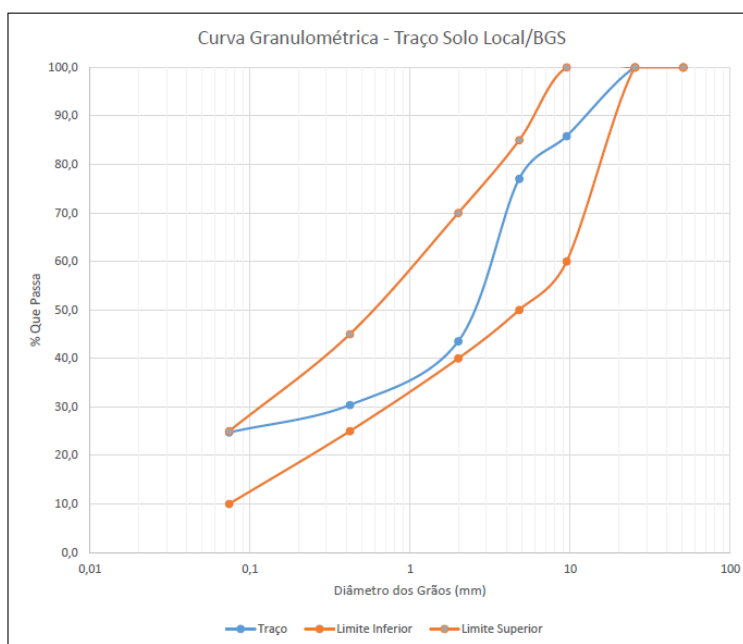


Figura 14. Enquadramento do traço estudado com os limites impostos pela Faixa “D”.

6.5 Base: Brita Graduada Simples

O material de base poderá ser constituído de brita graduada simples, atendendo as recomendações da Especificação Técnica do DER-SP, ET-DE-P00/008. Para essa especificação técnica destaca-se a requisição de um CBR maior ou igual a 100% e uma

expansão inferior a 0,3%. Ademais, a utilização dos materiais estará restrita àqueles que se enquadram nas faixas granulométricas “A” ou “B”.

6.6 Base: Brita Graduada Tratada com Cimento

O material de base poderá ser constituído de brita graduada tratada com cimento, atendendo as recomendações da Especificação Técnica do DER-PR ES-P 16/18. O cimento utilizado deverá ser o CP II-F-32 e a faixa granulométrica deverá atender a Faixa II.

6.7 Sub-base: Solo melhorado com Cal (Adição de 4%)

O material de sub-base deverá ser constituído de solo local com adição de 4% de cal, atendendo as recomendações da Norma DNIT 422/2019 – ES. Destaca-se que a cal utilizada deve ser a mesma do ensaio descrito neste relatório, que é a cal hidratada CH-I. A mistura deverá ocorrer na pista e, assim, atenção especial deve ser atribuída ao item 5.4.1 “Mistura na pista” da norma DNIT 422/2019 – ES.

6.8 Subleito: Solo local

A Norma DNIT-108/2009 – ES cita que para efeito da execução do corpo de aterro, o material deverá apresentar capacidade de suporte adequada ($CBR \geq 2\%$) e expansão menor ou igual a 4%, fundamentados na compactação em energia Proctor normal (DNER-ME 129/94 – Método A). Com relação à execução da camada final dos aterros, a norma cita que o material deverá apresentar a melhor capacidade de suporte ($CBR \geq CBR_P$) e expansão menor ou igual a 2%, por intermédio dos ensaios de compactação em energia intermediária (DNER-ME 129/94 – Método B).

A Norma DNIT-106/2009 – ES, item 5.3.4 alínea “c” cita que quando for alcançado o nível da plataforma dos cortes devem ser verificadas as condições do solo “in natura”

nas camadas superficiais (0,60m superiores, equivalente a camada final do aterro), em termos de grau de compactação. Os segmentos que não atingirem as condições mínimas de compactação devem ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e, então, devidamente compactados, de sorte a alcançar a energia estabelecida no projeto.

Com relação à regularização do subleito, serviço proposto para terraplenagem já concluída, o material empregado deverá ser proveniente do próprio subleito. Os materiais utilizados, os equipamentos necessários, o processo executivo, o controle e a aceitação do serviço serão balizados pela NORMA DNIT 137/2010 – ES.

Observa-se que caso durante a execução dos serviços forem encontrados materiais com expansão superior a 2% ou CBR inferior ou igual ao valor de projeto, deverá ser realizado um estudo específico do local, avaliando-se a possibilidade de substituição de material ou execução de camada de reforço.

6.9 Subleito: Material importado para substituição (ST-29)

O material a ser importado para substituição do subleito, nos casos em que $CBR_{PROJETO} > CBR_{TRECHO}$, deverá ser proveniente da STN/EPIA. A camada de solo a ser substituído deverá ser executada em três camadas construtivas de 20 cm cada, em energia intermediária, conforme norma DNIT 108/2009-ES. Isto posto, destaca-se que o grau de compactação deverá ser maior ou igual a 100%.

6.10 Fresagem

Para o serviço de fresagem, os materiais utilizados, os equipamentos necessários, o processo executivo, o controle e a aceitação do serviço serão balizados pela norma DNER-ES 159/11.

6.11 Reparos Localizados e Remendos Profundos

Para o serviço de reparos localizados e remendos profundos, os materiais utilizados, os equipamentos necessários, o processo executivo, o controle e a aceitação do serviço



serão balizados pela norma DNIT 154/2010 – ES. Os reparos localizados devem ser realizados com recorte, conforme conceito de “remendo técnico”, removendo a parcela de pavimento degradado.

Anexo 1 – Avaliação Objetiva da Superfície do Pavimento

Avaliação Objetiva do Pavimento

Com o objetivo de caracterizar as condições funcionais do pavimento, realizou-se o Levantamento Visual Objetivo da Superfície dos Pavimentos Flexíveis do trecho. Este levantamento fornece informações necessárias para inventário e classificação de ocorrências aparentes e deformações permanentes nas trilhas de roda. Para isto, é realizada contagem e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda.

O primeiro passo para a realização do levantamento é a demarcação das estações de avaliação. Neste caso específico, as pistas avaliadas possuem uma faixa por sentido e optou-se por realizar o levantamento a cada 20 metros de distância. As estações de avaliação eram delimitadas 3 metros à frente de cada estaca e 3 metros a ré de cada estaca, totalizando 6 metros de comprimento para cada estação. Para a medida das flechas das trilhas de roda, utilizou-se trena com precisão de milímetros e foi delimitada a maior flecha encontrada no trecho.

Para a anotação dos defeitos inventariados na superfície do pavimento, utilizou-se como base a norma DNIT 005/2003-TER. Desta forma, os seguintes defeitos foram catalogados:

- Tipo I: Trincas Isoladas (Fissuras - **FI**, Trincas transversais curtas - **TTC**, Trincas transversais longas - **TTL**, Trincas longitudinais curtas - **TLC**, Trincas longitudinais longas - **TLL** e trincas de retração térmica ou dissecação da base ou revestimento - **TRR**);
- Tipo II: Trincas Interligadas (trincas “couro de jacaré” – **J** e trincas em bloco – **TB**);
- Tipo III: Trincas Interligadas com erosão das bordas (**JE** e **TBE**);
- Tipo IV: Afundamentos (afundamento local plástico – **ALP**, afundamento de trilha plástico – **ATP**, afundamento local consolidado – **ALC** e afundamento de trilha consolidado - **ATC**);
- Tipo V: Ondulação – **O** e Panela – **P**;
- Tipo VI: Exsudação – **EX**;
- Tipo VII: Desgaste – **D**;
- Tipo VIII: Remendo – **R**.

O levantamento foi realizado na DF-010, trecho compreendido entre a interseção com a

DF-003 e a bifurcação para o novo traçado da via. A figura 6, a seguir, apresenta o trecho inventariado, cuja extensão individual encontra-se apresentada na tabela 1.

Figura 15. Trecho inventariado na DF-010.



Tabela 68. Extensão dos trechos inventariados na DF-010.

Trecho	Descrição	Extensão (km)
1	DF-010 – Trecho de ligação entre o Setor Militar e a via EPIA	1,86

Na figura a seguir estão apresentados registros de alguns segmentos da rodovia e seus defeitos inventariados.

Figura 16. Registros do Levantamento Visual Contínuo – LVC do Pavimento da DF-010.







Pelo que foi constatado em campo, **todo trecho avaliado** apresentava **más condições de conservação para a camada de revestimento**. Sendo possível identificar diversos defeitos em quase toda a extensão da via, como remendos, trincas isoladas e interligadas e desgaste.

O resultado da vistoria dos trechos está apresentado em consonância com a tabela do Anexo B da norma DNIT 006/2003.

Tabela 69. Exemplo de tabela de avaliação do pavimento.

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																							
Rodovia:														Revest.:									
Trecho:														Data:									
Estaca	Trecho	Faixa	OK	Trincas								Afundamentos				Outros Defeitos						TR mm	OBS :
				Isoladas						Interligadas		Plast.		Cons.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8		
				FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4								
				J	TB	JE	TBE																

Os resultados do inventário realizado encontram-se na sequencia.

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

Rodovia:		DF 010 - Sentido EPIA-Setor Militar										Revestimento:				CBUQ		Operador:		João Pedro					
Trecho:		1										Data:		23/10/2021											
Estaca	Trecho	Faixa	OK	Trincas										Afundamentos				Outros Defeitos						TR mm	OBS.:
				Isoladas					Interligadas					Plástico		Consolidado		O	P	E	EX	D	R		
				FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3			ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4	5	5	5	6	7		
						J	TB	JE	TBE																
0+0	1	FD	-	X	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	7		
0+40	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	12	
0+80	1	FD	-	X	X	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	15	
1+20	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	4		
1+60	1	FD	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8		
2+0	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	10		
2+40	1	FD	-	X	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	13		
2+80	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	15		
3+20	1	FD	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	15	
3+60	1	FD	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	16		
4+0	1	FD	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	15		
4+40	1	FD	-	X	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15		
4+80	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	25		
5+20	1	FD	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	22		
5+60	1	FD	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	30		
6+0	1	FD	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23		
6+40	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	12		
6+80	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	18		
7+20	1	FD	-	X	X	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	10		
7+60	1	FD	-	X	X	X	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	10		
8+0	1	FD	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	7		
8+40	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	12		
8+80	1	FD	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	25		
9+20	1	FD	-	X	-	-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	10		
9+60	1	FD	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	25		
10+0	1	FD	-	X	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	4		
10+40	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	17		
10+80	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	17		
11+20	1	FD	-	X	X	-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	15		
11+60	1	FD	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	7		
12+0	1	FD	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	25		
12+40	1	FD	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	17		
12+80	1	FD	-	X	X	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	15		
13+20	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	10		
13+60	1	FD	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	8		
14+0	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	3		
14+40	1	FD	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	5		
14+80	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	4		
15+20	1	FD	-	X	-	-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	14		
15+60	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	10		
16+0	1	FD	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	15		
16+40	1	FD	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	15		
16+80	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	7		
17+20	1	FD	-	X	X	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	10		
17+60	1	FD	-	X	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	13		
18+0	1	FD	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	18		
18+40	1	FD	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	15		

Anexo 2 – Levantamento Deflectométrico (Viga Benkelman)

Levantamento Deflectométrico

O levantamento deflectométrico foi realizado nos mesmos trechos do levantamento de defeitos do pavimento.

O primeiro passo para a realização dos ensaios foi a pesagem do caminhão, conforme preconizado em norma.

CIA. URBANIZADORA DA NOVA CAPITAL DE BRASIL			PESOS	
SETOR DE ÁREAS PÚBLICAS - LOTE B			ENTRADA BAL1 8.350 Kg	
BRASILIA - DF			SAÍDA BAL 0 Kg	
TICKET DE PESAGEM			BRUTO 8.350 Kg	
Nº TICKET 057719			TARA 0 Kg	
Entrada ADMIN 22/10/21 14:56			LÍQUIDO 8.350 Kg	
Saída Perm.Interna				
Placa Veiculo JJC1810				
Situação ENTRADA				
EMISSOR				

Figura 17. Pesagem do caminhão

Posteriormente, as informações de deflexão do pavimento ao longo dos trechos, a cada 20 metros, foram obtidas e anotadas. Os resultados estão apresentados, individualmente para cada trecho, a seguir.



Figura 18. Ensaio de Viga Benkelman

As especificações dos equipamentos utilizados para o estudo são as seguintes:

- Viga Benkelman com relação a/b igual a 2;
- Caminhão com peso bruto de 8.230 kgf no eixo traseiro, simetricamente distribuído em relação às rodas, com eixo traseiro simples e roda dupla.;

- Pneus com dimensões 1000x20, com 12 lonas, tipo “com câmara” e com frisos na faixa de rodagem, calibrados a pressão de 80 lb/pol².

Para as leituras de deflexão, foi posicionado o caminhão a uma distância de 0,90 metros da borda da faixa, conforme norma DNER-ME 024/94.



Figura 19. Pneu utilizado no caminhão



Anexo 3 – Sondagens e Investigações Geotécnicas

Janelas de Inspeção e Densidade *in situ*

Para a realização dos ensaios de densidade e umidade *in situ*, foi necessária a abertura e fechamento de janelas de inspeção. Além disso, foram realizadas sondagens a trado para caracterização da estratigrafia do terreno e coleta de amostra para os ensaios de laboratório.

Com objetivo de abertura de janelas regulares no pavimento, utilizou-se máquina de corte. A escavação foi realizada com pá e picareta, sempre com cuidado para não ultrapassar as camadas do pavimento sem antes realizar os ensaios de densidade e umidade *in situ*.

Para o fechamento das janelas, foi utilizado compactador mecânico de solos para as camadas de base, sub-base e subleito, para a camada de revestimento foi utilizada placa vibratória. Além disso, entre a camada de base e revestimento foi utilizada uma camada de impermeabilização asfáltica, a fim de proteger as camadas inferiores do pavimento.

Em todas as janelas foram realizados ensaios de densidade e umidade *in situ* para as camadas de base, sub-base e subleito.



Figura 20. Abertura de janela de inspeção



Figura 21. Fechamento de janela de inspeção

Ensaios de Caracterização, Compactação e CBR

Os ensaios foram realizados com o material coletado pelas janelas de inspeção. Assim, o número de ensaios foi distribuído da seguinte forma:

- 2 conjuntos de ensaios para os materiais de base das janelas de inspeção – Energia Modificada;
- 2 conjuntos de ensaios para os materiais de sub-base das janelas de inspeção – Energia Intermediária;
- 2 conjuntos de ensaios para os materiais de subleito das janelas de inspeção – Energia Normal.

Todos os ensaios são compostos por: Compactação, CBR, Expansão, Granulometria por Peneiramento e Sedimentação, Limites de Liquidez e Plasticidade.

As granulometrias por peneiramento e sedimentação permitem o conhecimento da textura e da dimensão dos grãos e do percentual das argilas e dos siltes. Já os limites de liquidez e de plasticidade propiciam o conhecimento do comportamento da parte dos solos finos da amostra com a variação de umidade, sendo possível observar a plasticidade dos solos finos que compõem a amostra. Os resultados dos ensaios de CBR informam a resistência do solo em comparação a uma brita padrão. Esse valor de resistência é fundamental para a construção de pavimentações principalmente em estradas e rodovias.

A Tabela 70 a seguir apresenta o resumo dos resultados obtidos nos ensaios de

caracterização do subleito:

PONTO	COMPACTAÇÃO E CBR				GRANULOMETRIA			LIMITES		
	UMIDADE ÓTIMA	DENSIDADE MÁXIMA	EXPANSÃO	CBR	#10	#40	#200	LL	LP	IP
JANELA 01 BASE	16,5	1940	0,02	74,0	48,8	35,1	26,1	33,1	25,1	8,0
JANELA 01 SUB-BASE	13,8	1922	0,02	63,0	54,3	41,8	28,6	28,7	22,6	6,0
JANELA 01 SUBLEITO	27,9	1484	0,07	7,1	88,9	81,4	72,6	43,9	33,4	10,5
JANELA 02 BASE	17,5	1885	0,01	98,0	48,4	35,8	28,5	38,7	29,3	9,4
JANELA 02 SUB-BASE	19,8	1831	0,01	47,3	54,0	37,0	28,8	36,5	26,7	9,8
JANELA 02 SUBLEITO	22,0	1605	0,06	7,7	99,6	92,9	62,2	30,1	21,7	8,4

Tabela 70. Resumo dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização do subleito

BOLETIM DE SONDAGEM A TRADO

LOCAL: DF 010	OBJETO: Sondagem a trado para pavimentação.
DATA: 05/10/2021 a 09/10/2021	SEGMENTO: -
PÁGINA: 1/2	

CARACTERIZAÇÃO SUBLEITO

REGISTRO	N.A (m)	PROFUND. (m)		CLASSIFICAÇÃO
ST 01	-	0,00	0,95	Areia com pedregulho, Vermelha.
		0,95	1,55	Areia argilosa com pouco pedregulho, vermelha.
ST 02	-	0,00	0,05	Camada vegetal.
		0,05	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 03	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 04	-	0,00	0,05	Camada vegetal.
		0,05	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 05	-	0,00	0,02	Camada vegetal.
		0,02	1,55	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 06	-	0,00	0,04	Camada vegetal.
		0,04	1,60	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 07	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,55	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 08	-	0,00	0,04	Camada vegetal.
		0,04	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 09	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,52	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 10	-	0,00	0,05	Camada vegetal.
		0,05	1,53	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 11	-	0,00	0,02	Camada vegetal.
		0,02	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 12	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 13	-	0,00	0,02	Camada vegetal.
		0,02	1,52	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 14	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,55	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 15	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,60	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 16	-	0,00	0,02	Camada vegetal.
		0,02	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 17	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,52	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 18	-	0,00	0,04	Camada vegetal.
		0,04	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.

BOLETIM DE SONDAGEM A TRADO

LOCAL: DF 010	OBJETO: Sondagem a trado para pavimentação.	
DATA: 05/10/2021 a 09/10/2021	SEGMENTO: -	PÁGINA: 2/2

CARACTERIZAÇÃO SUBLEITO

REGISTRO	N.A (m)	PROFUND. (m)		CLASSIFICAÇÃO
ST 19	-	0,00	0,02	Areia com pedregulho, Vermelha.
		0,02	1,60	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 20	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,55	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 21	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,53	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 22	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,55	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 23	-	0,00	0,02	Camada vegetal.
		0,02	1,60	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 24	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 25	-	0,00	0,04	Camada vegetal.
		0,04	1,58	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 26	-	0,00	0,03	Camada vegetal.
		0,03	1,55	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 27	-	0,00	0,08	Camada vegetal.
		0,08	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 28	-	0,00	0,10	Camada vegetal.
		0,10	1,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 29	-	0,00	0,12	Camada vegetal.
		0,12	1,55	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 30	-	0,00	0,10	Camada vegetal.
		0,10	1,60	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 31	-	0,00	0,13	Camada vegetal.
		0,13	0,50	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 32	-	0,00	0,12	Camada vegetal.
		0,12	1,60	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 33	-	0,00	0,11	Camada vegetal.
		0,11	1,55	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 34	-	0,00	0,10	Camada vegetal.
		0,10	1,52	Argila pouco arenosa, Vermelha.
ST 35	-	0,00	0,09	Camada vegetal.
		0,09	0,76	Areia pouco argilosa, Vermelha.
		1,56	1,56	Areia argilosa, Vermelha.

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	SAAN - DF 010		Ponto:	ST 01 - JAN 1 BASE
Data:	12/11/2021	Energia:	MODIFICADA	

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	41	47	24	25	48
Solo + Água + Molde (g)	9170	9220	9195	9985	9245
Peso Molde (g)	4915	4735	4720	5515	4880
Peso Solo + Água (g)	4255	4485	4475	4470	4365
Volume Molde (cm ³)	1988	1988	1988	2015	1970
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	2140	2256	2251	2218	2216
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1875	1938	1901	1826	1795

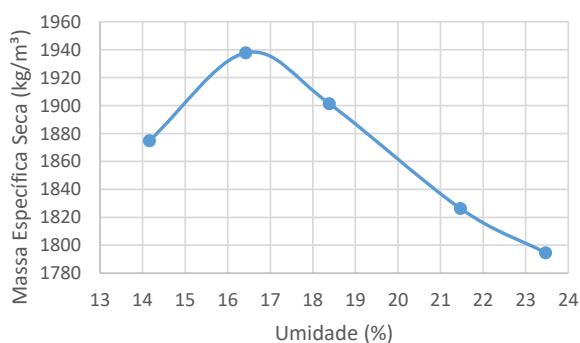
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	30	25	11	59	35	21	22	90	115	117
P. Solo Úm.+ C. (g)	90,58	111,96	81,01	78,61	118,19	118,25	110,12	122,36	157,62	161,38
P. Solo S. + Cap. (g)	80,85	99,72	71,45	69,28	101,88	101,89	93,01	102,85	130,51	133,66
Peso Água (g)	9,73	12,24	9,56	9,33	16,31	16,36	17,11	19,51	27,11	27,72
Peso Cápsula (g)	11,93	13,52	13,64	12,07	12,70	13,36	12,58	12,75	15,49	14,97
P. Solo Seco (g)	68,92	86,20	57,81	57,21	89,18	88,53	80,43	90,10	115,02	118,69
Umidade (%)	14,12	14,20	16,54	16,31	18,29	18,48	21,27	21,65	23,57	23,35
Umid. Média (%)	14,16		16,42		18,38		21,46		23,46	

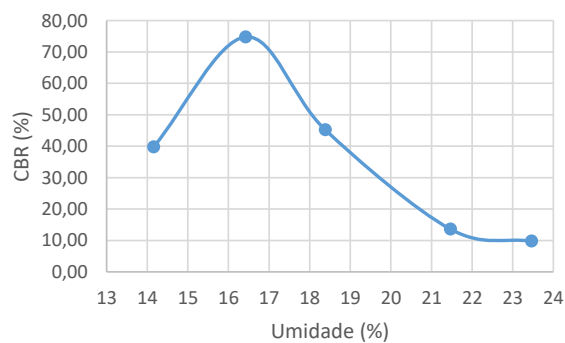
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	16,5
Densidade Máxima (kg/m ³)	1940
Expansão Média (%)	0,02
ISC/CBR Final (%)	74,0

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	82	0,82	
1,25	160	1,6	
2,5	248	2,48	35,94
5	412	4,12	39,81
7,5	527	5,27	
10	600	6	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	105	1,05	
1,25	210	2,1	
2,5	410	4,1	59,42
5	774	7,74	74,78
7,5	992	9,92	
10	1155	11,55	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	96	0,96	
1,25	185	1,85	
2,5	312	3,12	45,22
5	443	4,43	42,80
7,5	518	5,18	
10	531	5,31	

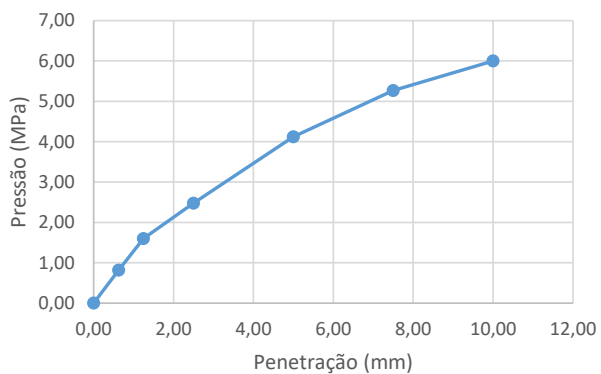
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	27	0,27	
1,25	55	0,55	
2,5	86	0,86	12,46
5	141	1,41	13,62
7,5	159	1,59	
10	170	1,7	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	16	0,16	
2,5	43	0,43	6,23
5	101	1,01	9,76
7,5	151	1,51	
10	188	1,88	

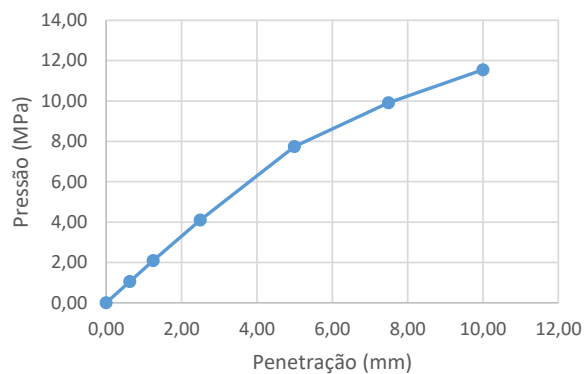
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
41	14,16	39,81	14,16	1875
47	16,42	74,78	16,42	1938
24	18,38	45,22	18,38	1901
25	21,46	13,62	21,46	1826
48	23,46	9,76	23,46	1795

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	41	47	24	25	48
Leitura Inicial	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00
Leitura Final	3,12	3,00	3,01	2,99	4,00
L.Final - L.Inicial	0,12	0,00	0,01	-0,01	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,11	0,00	0,01	-0,01	0,00
Média (%)	0,02				

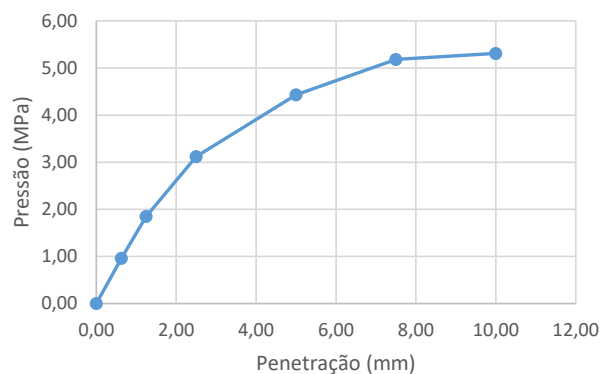
Pressão x Penetração 1



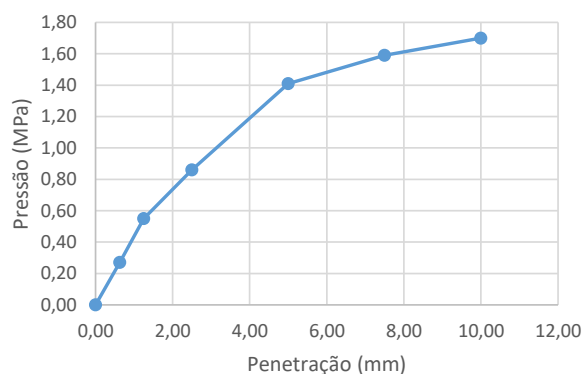
Pressão x Penetração 2



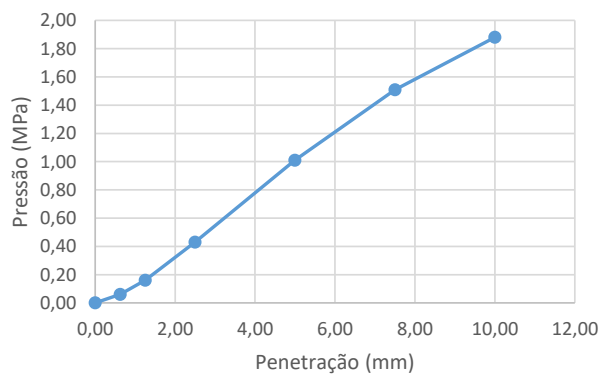
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	SAAN - DF 010		Ponto:	ST 01 - JAN 1 BASE
Data:	17/11/2021	Trecho:		

Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	135	144		Picnômetro	10	19	
tara (g)	13,87	13,98		Temp. (°C)	21,3	21,1	
tara + SH (g)	102,92	116,4		Pic. + água (g)	423,86	417,95	
tara + SS (g)	92,72	104,61		Pic.+água +solo (g)	451,96	446,18	
Umidade (%)	12,94	13,01		Amostra (g)	50,05	50,05	
w (%):	13,0			G (g/cm ³)	2,73	2,75	
				Gs :	2,74		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	895,1			Massa total da amostra seca Ms (g) =	841,83		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	6,81	6,81	99,2
3/8"	9,52	99,25	106,06	87,4
4	4,76	184,00	290,06	65,5
10	2,00	140,86	430,92	48,8

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	5,17	5,17	44,7
30	0,590	8,72	13,89	37,9
40	0,420	3,55	17,44	35,1
60	0,250	3,66	21,10	32,2
100	0,149	5,58	26,68	27,8
200	0,074	2,13	28,81	26,1

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,08	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	22,0	1,018	0,9970	13,3	26,0	0,0670
1 min	60	22,0	1,018	0,9970	13,3	26,0	0,0474
2 min	120	21,8	1,017	0,9970	13,5	24,7	0,0338
4 min	240	21,8	1,017	0,9970	12,8	24,1	0,0233
8 min	480	21,7	1,016	0,9971	12,9	23,5	0,0165
15 min	900	21,7	1,016	0,9971	12,9	22,8	0,0121
30 min	1800	21,7	1,015	0,9971	13,0	22,2	0,0086
1 h	3600	21,5	1,015	0,9971	13,1	21,6	0,0061
2 h	7200	21,5	1,014	0,9971	13,3	20,3	0,0044
4 h	14400	21,6	1,013	0,9971	13,4	19,7	0,0031
8 h	28800	21,8	1,013	0,9970	13,5	19,2	0,0022
24 h	86400	22,2	1,012	0,9970	13,5	18,6	0,0013

Laboratório de Geotecnia

PLANILHA DE ENSAIO

Ensaio:	Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego do frasco de areia.
Procedimento (Norma):	ABNT NBR 7185:2016
Obra:	SAAN - DF 010
Local:	BRASÍLIA/DF

MASSA ESPECÍFICA APARENTE *IN SITU*

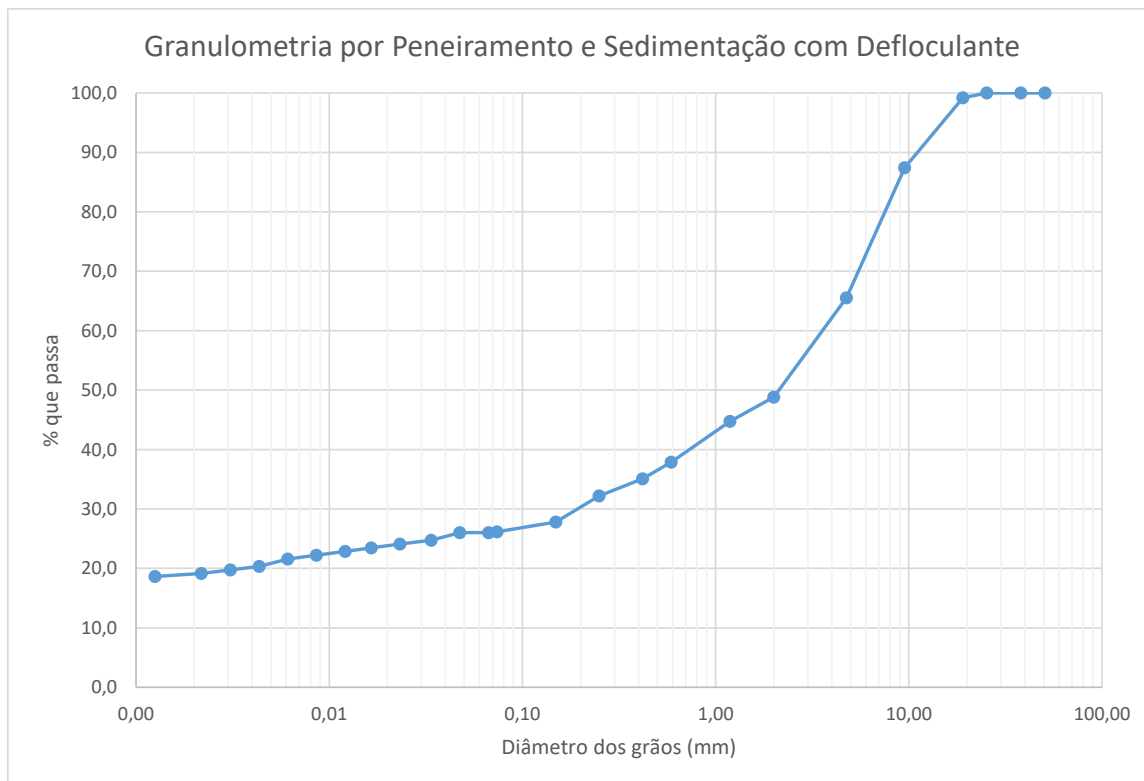
Data	30/10/2021	30/10/2021	30/10/2021
Camada de Aterro	BASE	SUB-BASE	SUBLEITO
Espessura do Furo (cm)	12	12	12
Janela	1	1	1
Estaca	-	-	-
Localização	PISTA	PISTA	PISTA
j) Massa do Frasco Antes (g)	7020	7030	7000
k) Massa do Frasco Depois (g)	4450	4442	4490
l) Massa da Areia Deslocada (g) (j-k)	2570	2588	2510
Massa da Areia no Cone e na Bandeja	570	570	570
m) Massa de Areia na Cavidade (g) (l-c)	2000	2018	1940
i) Massa Específica Aparente da Areia (g/cm ³) (g/h)	1,295	1,443	1,295
n) Volume do Solo (cm ³) (m/i)	1544,4	1398,5	1498,1
o) Massa do Solo Úmido (g)	3195	2200	2640
p) Massa Esp. Aparente do Solo Úmido (g/cm ³) (o/n)	2,07	1,57	1,76

UMIDADE (%)

Procedimento	Método da Estufa (NBR 16097/2016)		
Tara (g)	13,60	13,30	13,60
Tara + Solo Úmido (g)	87,10	98,30	95,70
Tara + Solo Seco (g)	77,40	87,16	78,05
q) w (%):	15,20	15,08	27,39
Massa Esp. Aparente do Solo Seco (g/cm ³) (p(100/(q+100))	1,796	1,367	1,383
Proctor - E. Modificada (g/cm3)	1,940	Umidade(%)	16,5
Proctor - E. Intermediária (g/cm3)	1,922	Umidade(%)	13,8
Proctor - E. Normal (g/cm3)	1,484	Umidade(%)	27,9
GRAU DE COMPACTAÇÃO - GC (%) =	92,6	71,1	93,2

Observações:

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,7
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	99,2	0,8	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	28,1
9,52	87,4	12,6		
4,76	65,5	34,5		
2,00	48,8	51,2	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	22,4
1,190	44,7	55,3	0,60 < Areia grossa < 2,0	10,8
0,590	37,9	62,1	0,20 < Areia média < 0,6	8,0
0,420	35,1	64,9		
0,250	32,2	67,8		
0,149	27,8	72,2	0,06 < Areia fina < 0,20	4,0
0,074	26,1	73,9		
0,0670	26,0	74,0		
0,0474	26,0	74,0	0,002 < Silte < 0,06	7,0
0,0338	24,7	75,3		
0,0233	24,1	75,9		
0,0165	23,5	76,5		
0,0121	22,8	77,2		
0,0086	22,2	77,8		
0,0061	21,6	78,4		
0,0044	20,3	79,7		
0,0031	19,7	80,3		
0,0022	19,2	80,8		
0,0013	18,6	81,4	Argila < 0,002	19,1



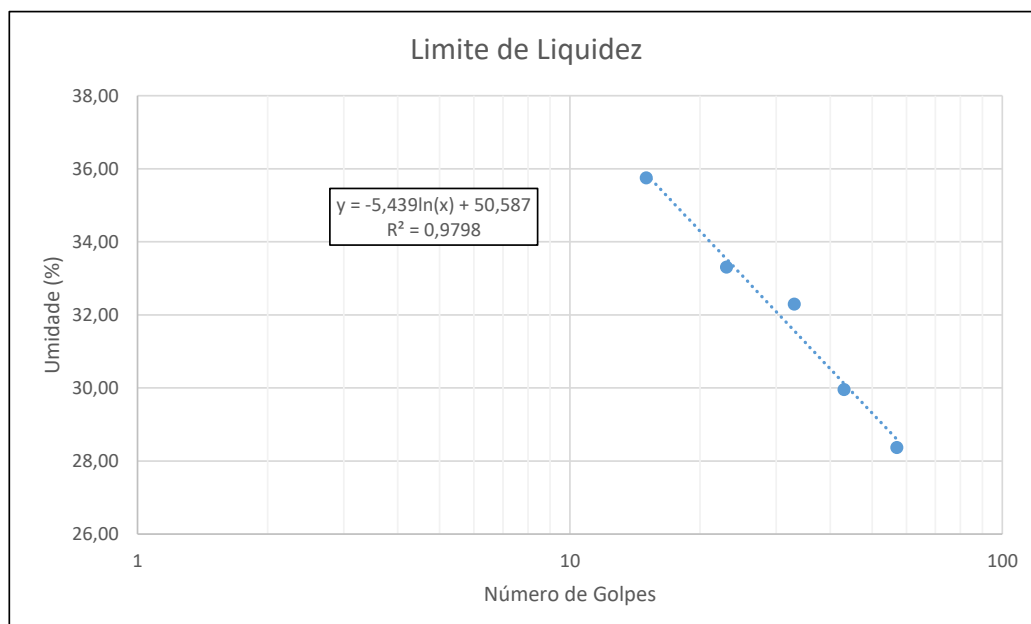
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	SAAN - DF 010			Ponto:	ST 01 - JAN 1 BASE
Data:	17/11/2021	Trecho:			

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
36	26,70	23,23	11,00	3,47	12,23	57	28,37
26	27,35	23,65	11,30	3,70	12,35	43	29,96
39	28,81	24,66	11,81	4,15	12,85	33	32,30
49	27,85	23,80	11,64	4,05	12,16	23	33,31
11	26,81	22,47	10,33	4,34	12,14	15	35,75

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
88	8,58	8,03	5,81	0,55	2,22	24,77	25,06
127	9,18	8,60	6,27	0,58	2,33	24,89	
90	8,66	8,10	5,83	0,56	2,27	24,67	
119	9,19	8,58	6,18	0,61	2,40	25,42	
123	9,07	8,46	6,07	0,61	2,39	25,52	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	33,1
Limite de Plasticidade (%)	25,1
Índice de Plasticidade (%)	8,0



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	SAAN - EPIA NORTE			Ponto:	ST 01 - JAN 1
Data:	16/11/2021	Energia:	INTERMEDIÁRIA		SUB-BASE

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	20	19	12	50	51
Solo + Água + Molde (g)	8720	9015	9055	9935	8840
Peso Molde (g)	4625	4695	4680	5600	4555
Peso Solo + Água (g)	4095	4320	4375	4335	4285
Volume Molde (cm ³)	1970	1988	1988	1988	2015
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	2079	2173	2201	2181	2127
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1880	1921	1912	1858	1783

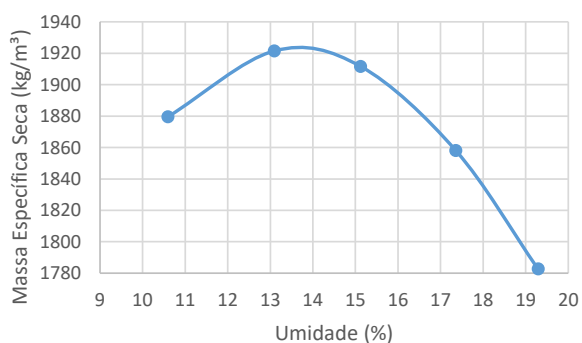
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	98	16	57	40	72	60	53	15	107	108
P. Solo Úm.+ C. (g)	104,09	100,46	82,15	75,06	77,69	83,22	120,33	133,01	149,79	158,26
P. Solo S. + Cap. (g)	95,34	91,92	74,08	67,86	69,19	74,03	104,67	114,85	127,85	135,00
Peso Água (g)	8,75	8,54	8,07	7,20	8,50	9,19	15,66	18,16	21,94	23,26
Peso Cápsula (g)	11,99	12,05	12,80	12,55	12,90	13,32	12,75	12,12	14,57	13,92
P. Solo Seco (g)	83,35	79,87	61,28	55,31	56,29	60,71	91,92	102,73	113,28	121,08
Umidade (%)	10,50	10,69	13,17	13,02	15,10	15,14	17,04	17,68	19,37	19,21
Umid. Média (%)	10,60		13,09		15,12		17,36		19,29	

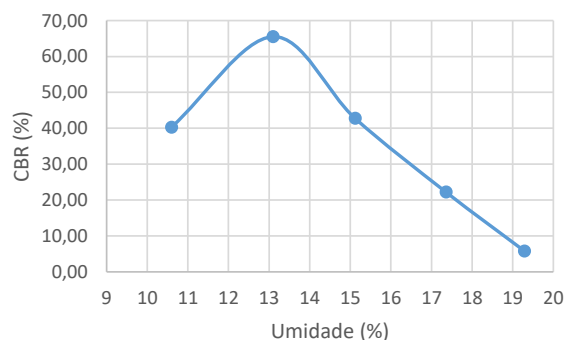
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	13,8
Densidade Máxima (kg/m ³)	1922
Expansão Média (%)	0,02
ISC/CBR Final (%)	63,0

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	82	0,82	
1,25	173	1,73	
2,5	278	2,78	40,29
5	398	3,98	38,45
7,5	494	4,94	
10	571	5,71	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	140	1,4	
1,25	306	3,06	
2,5	452	4,52	65,51
5	618	6,18	59,71
7,5	694	6,94	
10	735	7,35	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	99	0,99	
1,25	205	2,05	
2,5	295	2,95	42,75
5	428	4,28	41,35
7,5	521	5,21	
10	569	5,69	

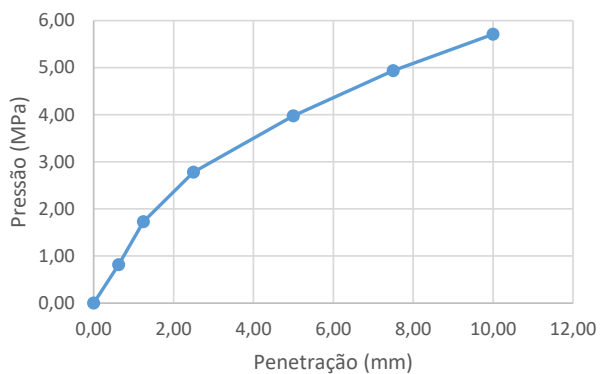
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	40	0,4	
1,25	75	0,75	
2,5	125	1,25	18,12
5	230	2,3	22,22
7,5	335	3,35	
10	399	3,99	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	10	0,1	
2,5	24	0,24	3,48
5	60	0,6	5,80
7,5	101	1,01	
10	129	1,29	

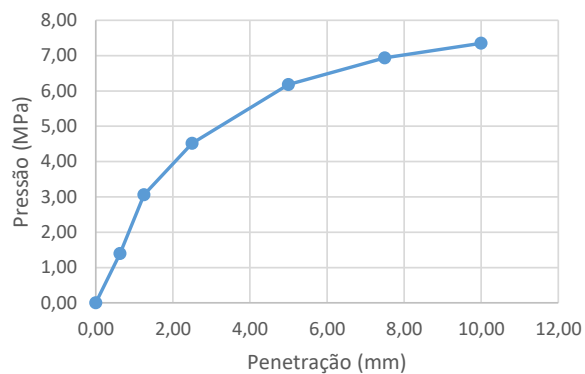
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
20	10,60	40,29	10,60	1880
19	13,09	65,51	13,09	1921
12	15,12	42,75	15,12	1912
50	17,36	22,22	17,36	1858
51	19,29	5,80	19,29	1783

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	20	19	12	50	51
Leitura Inicial	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00
Leitura Final	3,11	3,01	3,00	4,00	2,99
L.Final - L.Inicial	0,11	0,01	0,00	0,00	-0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,10	0,01	0,00	0,00	-0,01
Média (%)	0,02				

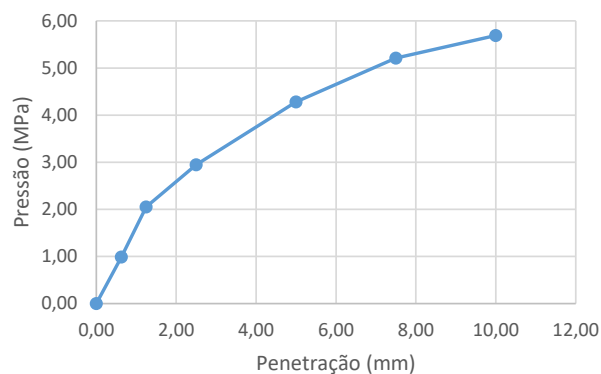
Pressão x Penetração 1



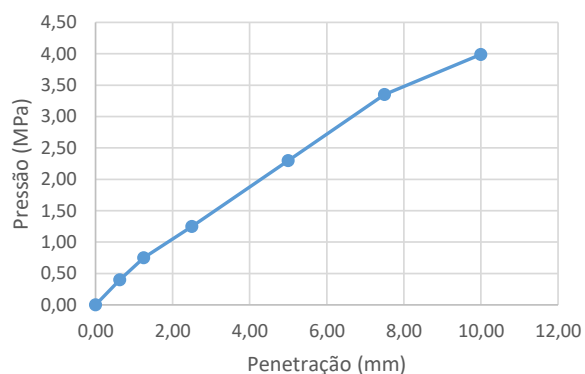
Pressão x Penetração 2



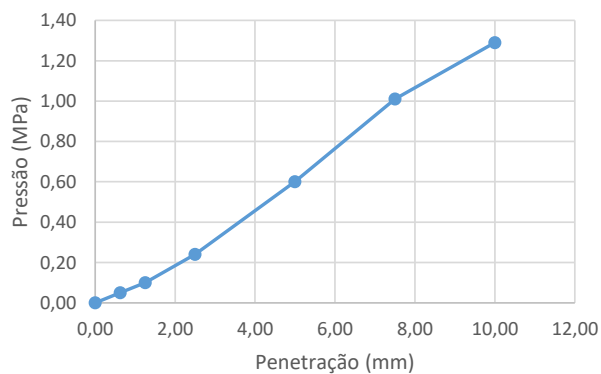
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	SAAN - EPIA NORTE			Ponto:	ST 01 - JAN 1 SUB-BASE
Data:	15/11/2021	Trecho:			

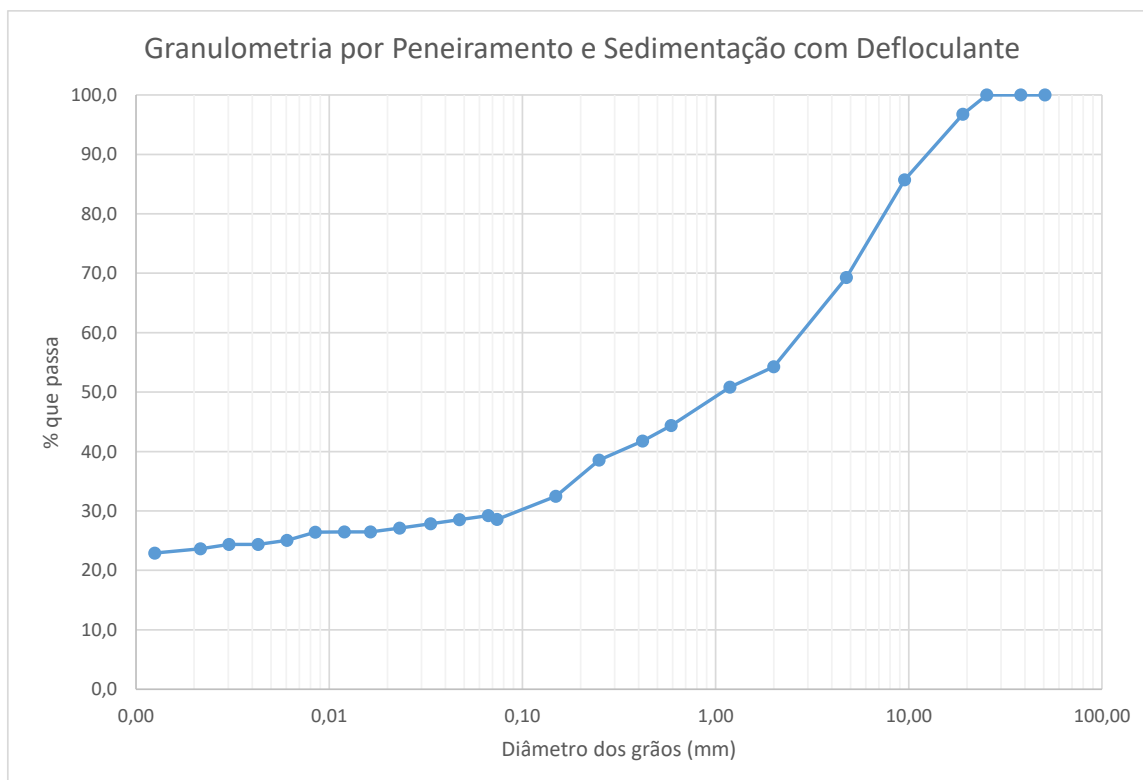
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	165	155		Picnômetro	7	16	
tara (g)	14,5	15,07		Temp. (°C)	21,5	21,3	
tara + SH (g)	123,44	122,68		Pic. + água (g)	402,53	409,52	
tara + SS (g)	111,94	111,67		Pic.+água +solo (g)	431,19	438	
Umidade (%)	11,80	11,40		Amostra (g)	50,08	50,03	
w (%):	11,6			G (g/cm³)	2,76	2,74	
				Gs :	2,75		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	1003,8			Massa total da amostra seca Ms (g) =	944,31		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	30,74	30,74	96,7
3/8"	9,52	103,97	134,71	85,7
4	4,76	155,47	290,18	69,3
10	2,00	141,68	431,86	54,3

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	3,95	3,95	50,9
30	0,590	7,49	11,44	44,4
40	0,420	3,02	14,46	41,8
60	0,250	3,69	18,15	38,6
100	0,149	7,05	25,20	32,5
200	0,074	4,48	29,68	28,6

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,01	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm³)	Ld (g/cm³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	22,0	1,019	0,9970	13,2	29,2	0,0666
1 min	60	21,9	1,018	0,9970	13,3	28,5	0,0473
2 min	120	21,9	1,018	0,9970	13,4	27,8	0,0336
4 min	240	21,7	1,017	0,9971	12,7	27,1	0,0232
8 min	480	21,9	1,017	0,9970	12,8	26,5	0,0164
15 min	900	21,8	1,017	0,9970	12,8	26,5	0,0120
30 min	1800	21,7	1,017	0,9971	12,8	26,4	0,0085
1 h	3600	21,6	1,016	0,9971	12,9	25,0	0,0060
2 h	7200	21,7	1,015	0,9971	13,0	24,4	0,0043
4 h	14400	21,7	1,015	0,9971	13,0	24,4	0,0030
8 h	28800	21,4	1,015	0,9971	13,1	23,6	0,0022
24 h	86400	21,3	1,014	0,9971	13,2	22,9	0,0013

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	2,8
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	96,7	3,3	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	23,7
9,52	85,7	14,3		
4,76	69,3	30,7		
2,00	54,3	45,7	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	19,3
1,190	50,9	49,1	0,60 < Areia grossa < 2,0	9,8
0,590	44,4	55,6	0,20 < Areia média < 0,6	8,9
0,420	41,8	58,2		
0,250	38,6	61,4		
0,149	32,5	67,5	0,06 < Areia fina < 0,20	6,6
0,074	28,6	71,4		
0,0666	29,2	70,8		
0,0473	28,5	71,5	0,002 < Silte < 0,06	5,5
0,0336	27,8	72,2		
0,0232	27,1	72,9		
0,0164	26,5	73,5		
0,0120	26,5	73,5		
0,0085	26,4	73,6		
0,0060	25,0	75,0		
0,0043	24,4	75,6		
0,0030	24,4	75,6		
0,0022	23,6	76,4		
0,0013	22,9	77,1	Argila < 0,002	23,5



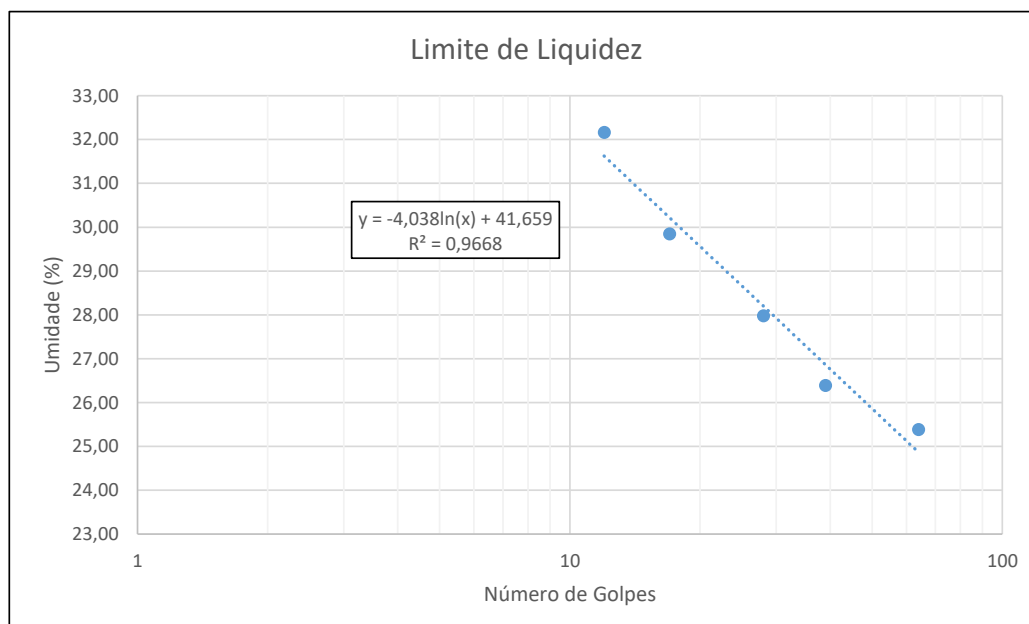
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	SAAN - EPIA NORTE			Ponto:	ST 01 - JAN 1 SUB-BASE
Data:	17/11/2021	Trecho:			

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
3	27,01	23,74	10,86	3,27	12,88	64	25,39
42	26,79	23,32	10,17	3,47	13,15	39	26,39
8	27,87	24,35	11,77	3,52	12,58	28	27,98
50	28,27	24,33	11,13	3,94	13,20	17	29,85
45	29,77	25,36	11,65	4,41	13,71	12	32,17

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
89	9,09	8,48	5,86	0,61	2,62	23,28	22,64
74	10,09	9,50	6,91	0,59	2,59	22,78	
63	9,44	8,84	6,31	0,60	2,53	23,72	
126	9,10	8,51	5,83	0,59	2,68	22,01	
98	10,11	9,53	6,82	0,58	2,71	21,40	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	28,7
Limite de Plasticidade (%)	22,6
Índice de Plasticidade (%)	6,0



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	SAAN - DF 010		Ponto:	ST 01 - JAN 1 SUB_LEITO
Data:	16/11/2021	Energia:	NORMAL	

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	29	87	74	22	39
Solo + Água + Molde (g)	7875	8390	8150	8505	9310
Peso Molde (g)	4745	4880	4310	4705	5540
Peso Solo + Água (g)	3130	3510	3840	3800	3770
Volume Molde (cm ³)	1988	2024	2069	1988	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1574	1734	1856	1911	1896
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1310	1403	1472	1486	1444

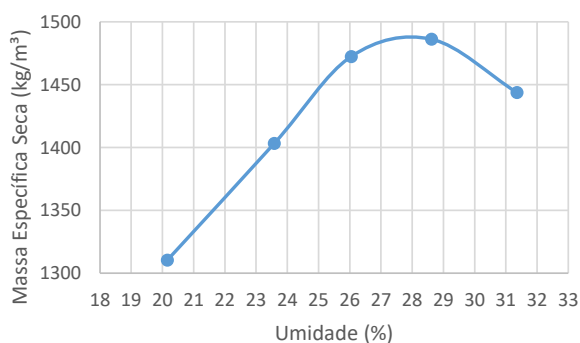
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	79	10	3	33	42	2	88	51	50	82
P. Solo Úm.+ C. (g)	93,53	84,60	83,11	75,05	76,48	95,18	70,84	67,48	83,01	80,05
P. Solo S. + Cap. (g)	79,96	72,46	69,96	63,00	63,17	78,05	58,12	55,24	66,06	63,93
Peso Água (g)	13,57	12,14	13,15	12,05	13,31	17,13	12,72	12,24	16,95	16,12
Peso Cápsula (g)	12,50	12,34	13,84	12,23	12,04	12,33	14,27	11,89	12,47	12,08
P. Solo Seco (g)	67,46	60,12	56,12	50,77	51,13	65,72	43,85	43,35	53,59	51,85
Umidade (%)	20,12	20,19	23,43	23,73	26,03	26,07	29,01	28,24	31,63	31,09
Umid. Média (%)	20,15		23,58		26,05		28,62		31,36	

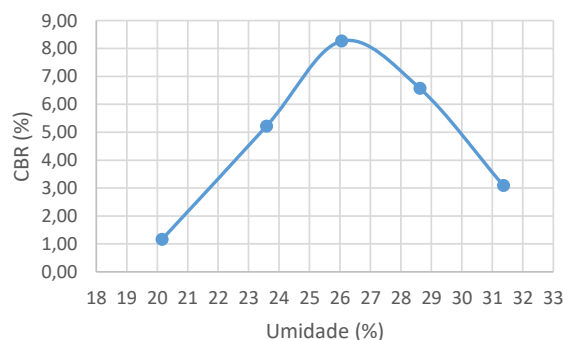
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	27,9
Densidade Máxima (kg/m ³)	1484
Expansão Média (%)	0,07
ISC/CBR Final (%)	7,1

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	5	0,05	
2,5	8	0,08	1,16
5	12	0,12	1,16
7,5	16	0,16	
10	18	0,18	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	14	0,14	
1,25	24	0,24	
2,5	36	0,36	5,22
5	49	0,49	4,73
7,5	56	0,56	
10	61	0,61	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	27	0,27	
1,25	44	0,44	
2,5	57	0,57	8,26
5	68	0,68	6,57
7,5	76	0,76	
10	82	0,82	

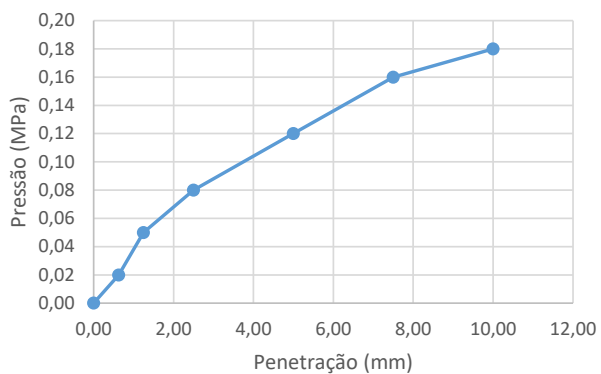
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	9	0,09	
1,25	20	0,2	
2,5	42	0,42	6,09
5	68	0,68	6,57
7,5	83	0,83	
10	92	0,92	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	4	0,04	
1,25	9	0,09	
2,5	18	0,18	2,61
5	32	0,32	3,09
7,5	43	0,43	
10	50	0,5	

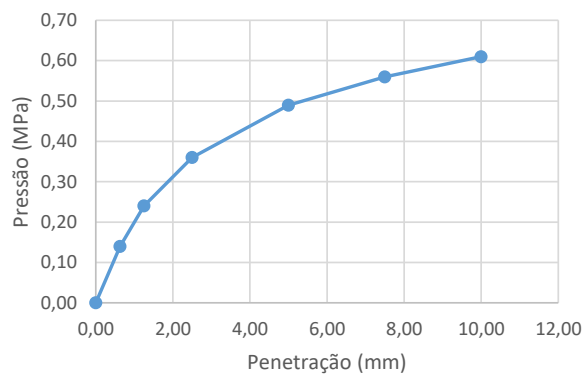
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
29	20,15	1,16	20,15	1310
87	23,58	5,22	23,58	1403
74	26,05	8,26	26,05	1472
22	28,62	6,57	28,62	1486
39	31,36	3,09	31,36	1444

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	29	87	74	22	39
Leitura Inicial	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00
Leitura Final	3,36	4,02	3,06	3,02	2,95
L.Final - L.Inicial	0,36	0,02	0,06	0,02	-0,05
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,32	0,02	0,05	0,02	-0,04
Média (%)	0,07				

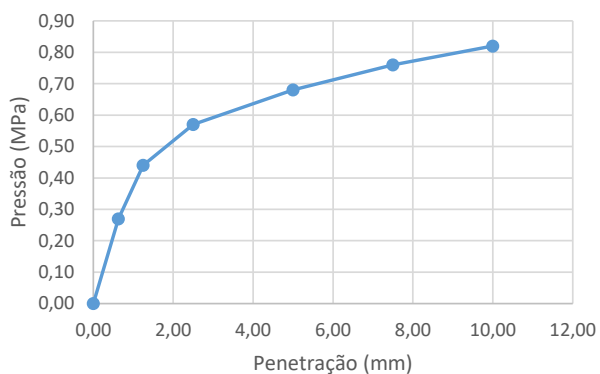
Pressão x Penetração 1



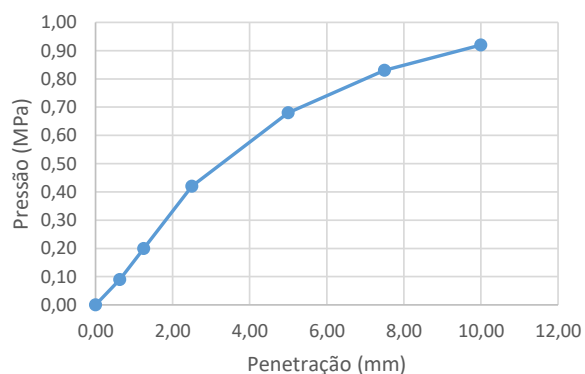
Pressão x Penetração 2



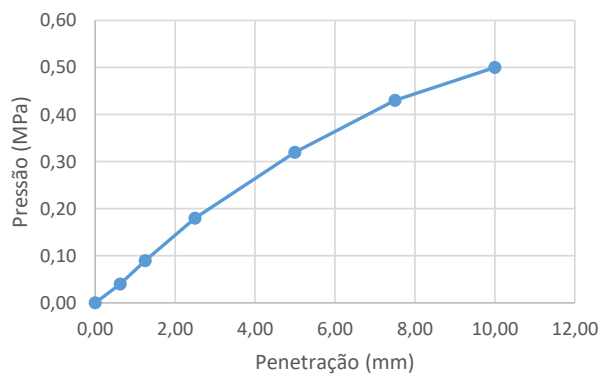
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	SAAN - DF 010			Ponto:	ST 01 - JAN 1 SUB_LEITO
Data:	12/11/2021	Trecho:			

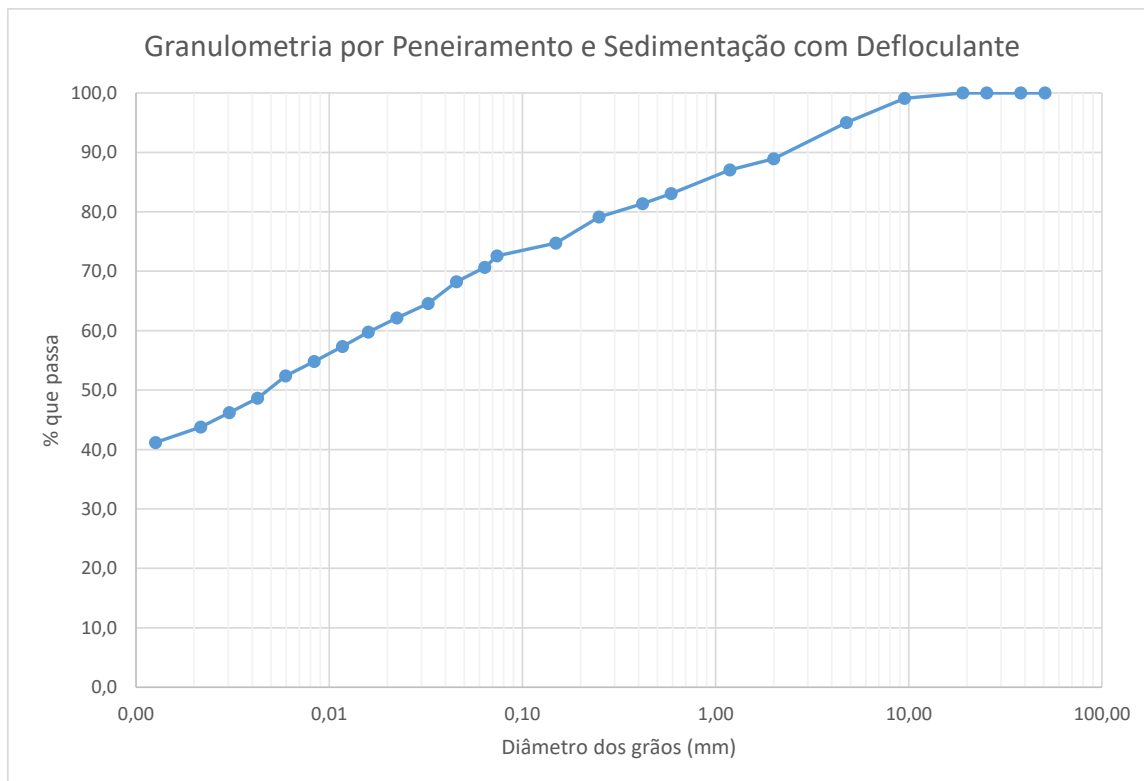
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	137	167		Picnômetro	3	17	
tara (g)	14,2	14,01		Temp. (°C)	21,4	23,2	
tara + SH (g)	93,23	78,18		Pic. + água (g)	415,16	416,03	
tara + SS (g)	79,25	66,82		Pic.+água +solo (g)	441,32	442,05	
Umidade (%)	21,49	21,51		Amostra (g)	50,19	50,02	
w (%):	21,5			G (g/cm³)	2,72	2,71	
				Gs :	2,72		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	818,6			Massa total da amostra seca Ms (g) =	687,26		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	6,34	6,34	99,1
4	4,76	27,91	34,25	95,0
10	2,00	41,97	76,22	88,9

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	1,20	1,20	87,1
30	0,590	2,58	3,78	83,1
40	0,420	1,12	4,90	81,4
60	0,250	1,43	6,33	79,1
100	0,149	2,87	9,20	74,7
200	0,074	1,40	10,60	72,6

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,06	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm³)	Ld (g/cm³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	21,8	1,026	0,9970	11,9	70,7	0,0640
1 min	60	21,8	1,025	0,9970	12,1	68,2	0,0456
2 min	120	21,8	1,024	0,9970	12,3	64,6	0,0326
4 min	240	21,8	1,023	0,9970	11,7	62,1	0,0225
8 min	480	22,0	1,022	0,9970	11,9	59,8	0,0160
15 min	900	22,0	1,021	0,9970	12,1	57,3	0,0117
30 min	1800	21,8	1,020	0,9970	12,2	54,8	0,0084
1 h	3600	21,9	1,019	0,9970	12,4	52,4	0,0060
2 h	7200	21,7	1,017	0,9971	12,7	48,7	0,0043
4 h	14400	21,7	1,016	0,9971	12,9	46,2	0,0030
8 h	28800	21,7	1,015	0,9971	13,0	43,8	0,0022
24 h	86400	21,4	1,014	0,9971	13,2	41,2	0,0013

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	3,9
9,52	99,1	0,9		
4,76	95,0	5,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	7,2
2,00	88,9	11,1		
1,190	87,1	12,9	0,60 < Areia grossa < 2,0	5,8
0,590	83,1	16,9	0,20 < Areia média < 0,6	6,2
0,420	81,4	18,6		
0,250	79,1	20,9		
0,149	74,7	25,3	0,06 < Areia fina < 0,20	6,8
0,074	72,6	27,4		
0,0640	70,7	29,3		
0,0456	68,2	31,8		
0,0326	64,6	35,4	0,002 < Silte < 0,06	26,8
0,0225	62,1	37,9		
0,0160	59,8	40,2		
0,0117	57,3	42,7		
0,0084	54,8	45,2		
0,0060	52,4	47,6		
0,0043	48,7	51,3		
0,0030	46,2	53,8		
0,0022	43,8	56,2		
0,0013	41,2	58,8		



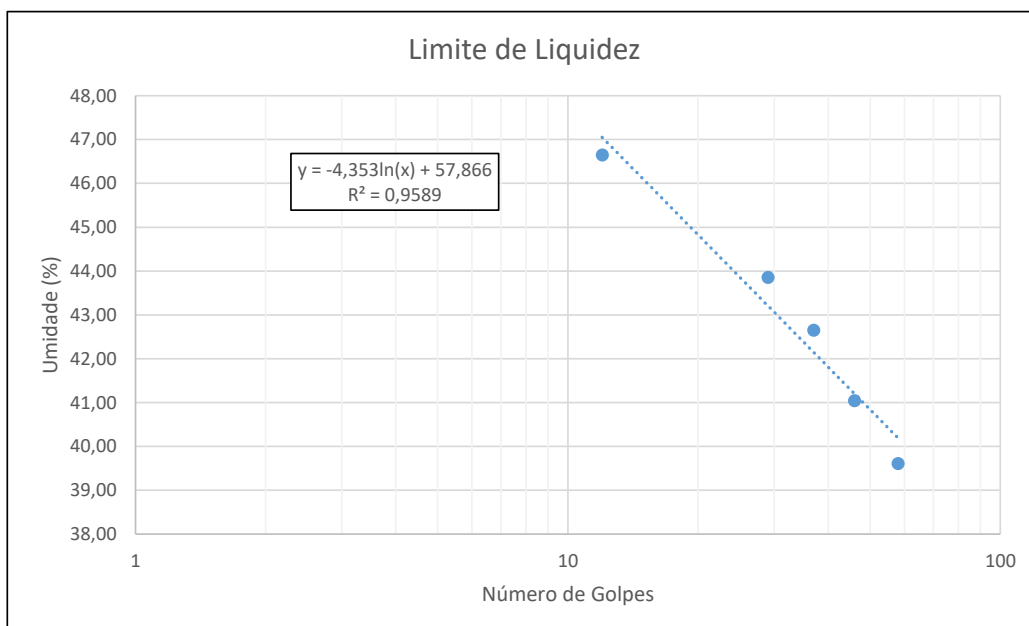
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	SAAN - DF 010			Ponto:	ST 01 - JAN 1 SUB_LEITO
Data:	17/11/2021	Trecho:			

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
43	28,21	23,18	10,48	5,03	12,70	58	39,61
15	24,19	20,09	10,10	4,10	9,99	46	41,04
21	29,80	24,43	11,84	5,37	12,59	37	42,65
46	26,44	21,66	10,76	4,78	10,90	29	43,85
17	30,30	24,32	11,50	5,98	12,82	12	46,65

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
61	8,52	7,79	5,59	0,73	2,20	33,18	33,40
132	8,44	7,79	5,77	0,65	2,02	32,18	
82	8,03	7,35	5,39	0,68	1,96	34,69	
114	8,50	7,81	5,73	0,69	2,08	33,17	
106	9,02	8,22	5,85	0,80	2,37	33,76	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	43,9
Limite de Plasticidade (%)	33,4
Índice de Plasticidade (%)	10,5



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	SAAN - DF 010		Ponto:	ST 02 - JAN 2 BASE
Data:	12/11/2021	Energia:	MODIFICADA	

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	1	2	40	46	45
Solo + Água + Molde (g)	8860	9110	9070	9025	9055
Peso Molde (g)	4775	4710	4665	4725	4705
Peso Solo + Água (g)	4085	4400	4405	4300	4350
Volume Molde (cm ³)	1970	1988	2015	1988	2015
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	2074	2213	2186	2163	2159
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1804	1885	1827	1774	1740

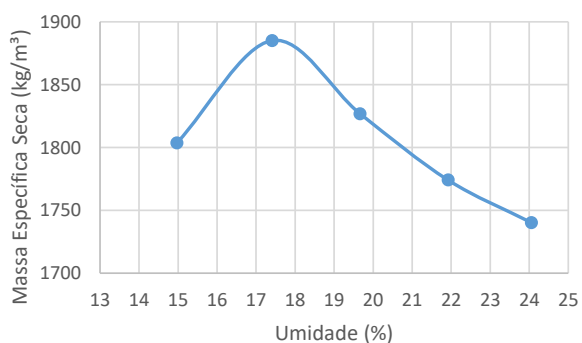
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	77	34	12	73	85	9	101	102	114	158
P. Solo Úm.+ C. (g)	103,35	96,40	70,97	76,72	83,96	77,94	91,46	93,25	149,65	146,89
P. Solo S. + Cap. (g)	91,69	85,45	62,34	67,10	72,36	67,00	77,31	78,60	123,20	120,95
Peso Água (g)	11,66	10,95	8,63	9,62	11,60	10,94	14,15	14,65	26,45	25,94
Peso Cápsula (g)	13,04	13,00	12,48	12,16	13,03	11,68	12,44	12,07	13,40	12,92
P. Solo Seco (g)	78,65	72,45	49,86	54,94	59,33	55,32	64,87	66,53	109,80	108,03
Umidade (%)	14,83	15,11	17,31	17,51	19,55	19,78	21,81	22,02	24,09	24,01
Umid. Média (%)	14,97		17,41		19,66		21,92		24,05	

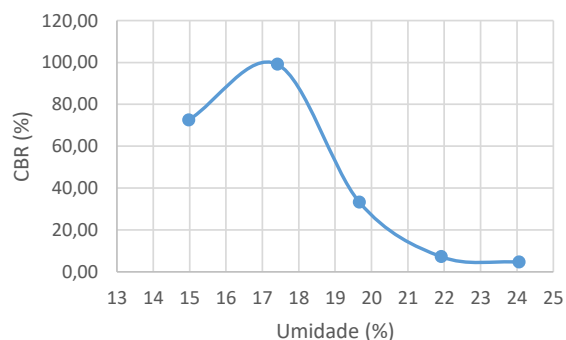
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	17,5
Densidade Máxima (kg/m ³)	1885
Expansão Média (%)	0,01
ISC/CBR Final (%)	98,0

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	137	1,37	
1,25	265	2,65	
2,5	500	5	72,46
5	660	6,6	63,77
7,5	745	7,45	
10	780	7,8	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	160	1,6	
1,25	370	3,7	
2,5	684	6,84	99,13
5	1005	10,05	97,10
7,5	1305	13,05	
10	1412	14,12	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	39	0,39	
1,25	92	0,92	
2,5	208	2,08	30,14
5	345	3,45	33,33
7,5	402	4,02	
10	438	4,38	

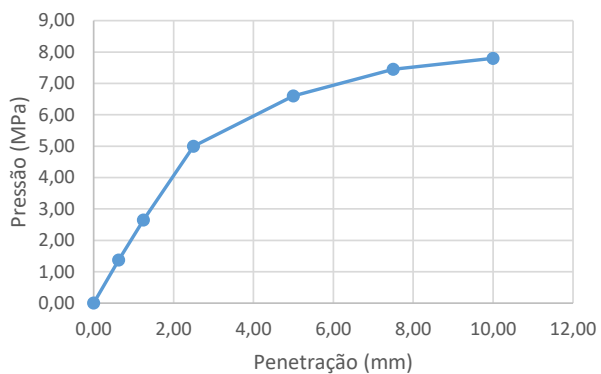
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	12	0,12	
1,25	20	0,2	
2,5	40	0,4	5,80
5	75	0,75	7,25
7,5	105	1,05	
10	128	1,28	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	8	0,08	
1,25	16	0,16	
2,5	25	0,25	3,62
5	48	0,48	4,64
7,5	63	0,63	
10	75	0,75	

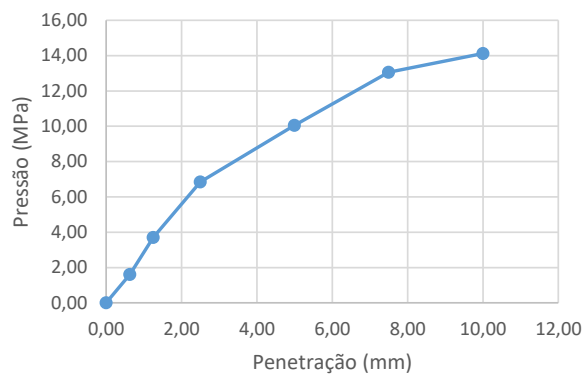
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
1	14,97	72,46	14,97	1804
2	17,41	99,13	17,41	1885
40	19,66	33,33	19,66	1827
46	21,92	7,25	21,92	1774
45	24,05	4,64	24,05	1740

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	1	2	40	46	45
Leitura Inicial	3,00	3,00	4,00	3,00	5,00
Leitura Final	3,03	3,00	4,00	3,00	5,00
L.Final - L.Inicial	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Média (%)	0,01				

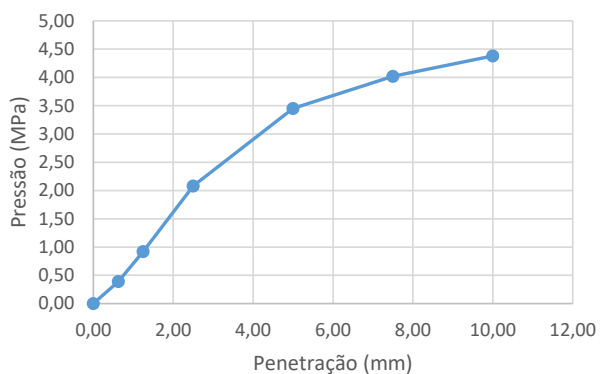
Pressão x Penetração 1



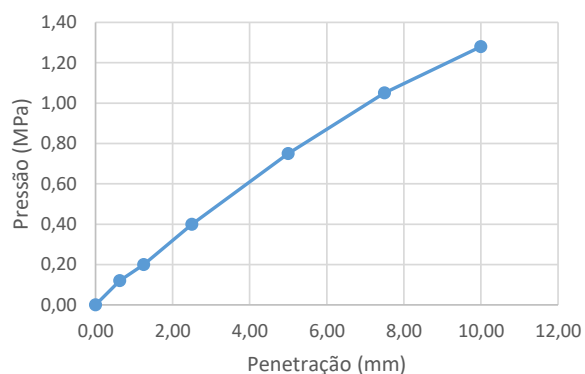
Pressão x Penetração 2



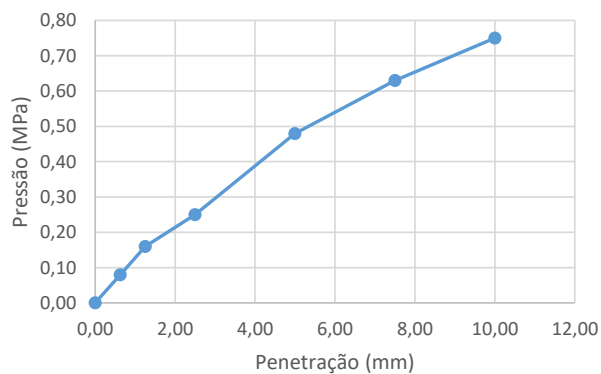
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	SAAN - DF 010			Ponto:	ST 02 - JAN 2 BASE
Data:	17/11/021	Trecho:			

Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	138	105		Picnômetro	9	20	
tara (g)	14,05	1,65		Temp. (°C)	21,3	21,2	
tara + SH (g)	110,26	98,93		Pic. + água (g)	414,94	413,71	
tara + SS (g)	99,48	87,99		Pic.+água +solo (g)	443,36	442,06	
Umidade (%)	12,62	12,67		Amostra (g)	50,03	50,00	
w (%):	12,6			G (g/cm³)	2,77	2,76	
				Gs :	2,77		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	830,7			Massa total da amostra seca Ms (g) =	782,80		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	18,56	18,56	97,6
3/4"	19,10	8,32	26,88	96,6
3/8"	9,52	108,17	135,05	82,7
4	4,76	145,39	280,44	64,2
10	2,00	123,58	404,02	48,4

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	5,74	5,74	43,9
30	0,590	7,89	13,63	37,8
40	0,420	2,58	16,21	35,8
60	0,250	2,42	18,63	33,9
100	0,149	4,34	22,97	30,5
200	0,074	2,61	25,58	28,5

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,15	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm³)	Ld (g/cm³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	21,7	1,020	0,9971	12,9	27,9	0,0659
1 min	60	21,7	1,020	0,9971	13,0	27,3	0,0467
2 min	120	21,7	1,018	0,9971	13,3	25,5	0,0334
4 min	240	21,7	1,018	0,9971	12,6	24,9	0,0230
8 min	480	21,7	1,017	0,9971	12,7	24,3	0,0163
15 min	900	21,6	1,016	0,9971	12,9	22,4	0,0120
30 min	1800	21,3	1,015	0,9971	13,0	21,7	0,0086
1 h	3600	21,7	1,015	0,9971	13,1	21,2	0,0061
2 h	7200	21,6	1,014	0,9971	13,3	20,0	0,0043
4 h	14400	21,6	1,013	0,9971	13,5	18,8	0,0031
8 h	28800	21,7	1,012	0,9971	13,5	18,2	0,0022
24 h	86400	21,9	1,012	0,9970	13,5	18,2	0,0013

Laboratório de Geotecnia

PLANILHA DE ENSAIO

Ensaio:	Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego do frasco de areia.
Procedimento (Norma):	ABNT NBR 7185:2016
Obra:	SAAN - DF 010
Local:	BRASÍLIA/DF

MASSA ESPECÍFICA APARENTE IN SITU

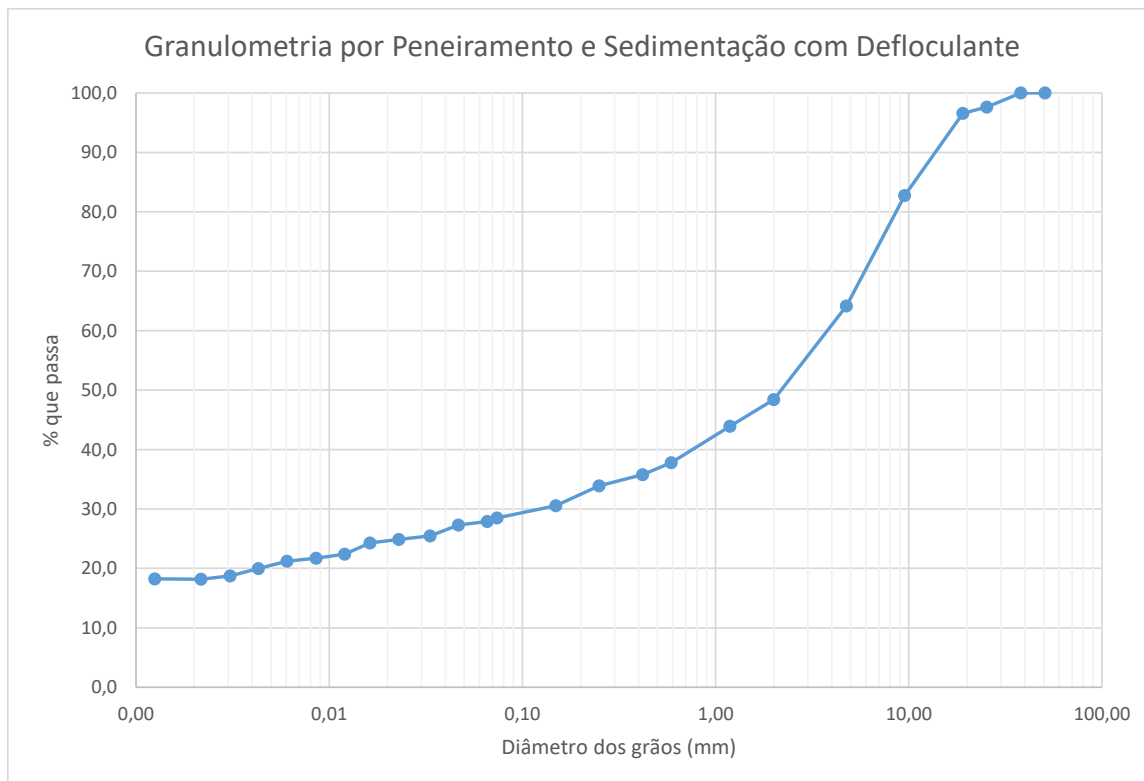
Data	30/10/2021	30/10/2021	30/10/2021
Camada de Aterro	BASE	SUB-BASE	SUBLEITO
Espessura do Furo (cm)	13,5	10	13
Janela	2	2	2
Estaca	-	-	-
Localização	PISTA	PISTA	PISTA
j) Massa do Frasco Antes (g)	7000	7000	7000
k) Massa do Frasco Depois (g)	4080	4800	4355
l) Massa da Areia Deslocada (g) (j-k)	2920	2200	2645
Massa da Areia no Cone e na Bandeja	570	570	570
m) Massa de Areia na Cavidade (g) (l-c)	2350	1630	2075
i) Massa Específica Aparente da Areia (g/cm ³) (g/h)	1,295	1,443	1,295
n) Volume do Solo (cm ³) (m/i)	1814,7	1129,6	1602,3
o) Massa do Solo Úmido (g)	3475	2475	2780
p) Massa Esp. Aparente do Solo Úmido (g/cm ³) (o/n)	1,91	2,19	1,73

UMIDADE (%)

Procedimento	Método da Estufa (NBR 16097/2016)		
Tara (g)	14,20	14,20	13,20
Tara + Solo Úmido (g)	102,70	104,50	84,80
Tara + Solo Seco (g)	92,20	92,86	75,76
q) w (%):	13,46	14,80	14,45
Massa Esp. Aparente do Solo Seco (g/cm ³) (p(100/(q+100))	1,688	1,909	1,516
Proctor - E. Modificada (g/cm3)	1,885	Umidade(%)	17,5
Proctor - E. Intermediária (g/cm3)	1,831	Umidade(%)	19,8
Proctor - E. Normal (g/cm3)	1,605	Umidade(%)	22,0
GRAU DE COMPACTAÇÃO - GC (%) =	89,5	104,2	94,5

Observações:

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	3,3
38,10	100,0	0,0		
25,40	97,6	2,4		
19,10	96,6	3,4	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	27,7
9,52	82,7	17,3		
4,76	64,2	35,8		
2,00	48,4	51,6	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	20,6
1,190	43,9	56,1	0,60 < Areia grossa < 2,0	10,5
0,590	37,8	62,2	0,20 < Areia média < 0,6	5,7
0,420	35,8	64,2		
0,250	33,9	66,1		
0,149	30,5	69,5	0,06 < Areia fina < 0,20	4,5
0,074	28,5	71,5		
0,0659	27,9	72,1		
0,0467	27,3	72,7	0,002 < Silte < 0,06	9,5
0,0334	25,5	74,5		
0,0230	24,9	75,1		
0,0163	24,3	75,7		
0,0120	22,4	77,6		
0,0086	21,7	78,3		
0,0061	21,2	78,8		
0,0043	20,0	80,0		
0,0031	18,8	81,2		
0,0022	18,2	81,8		
0,0013	18,2	81,8	Argila < 0,002	18,2



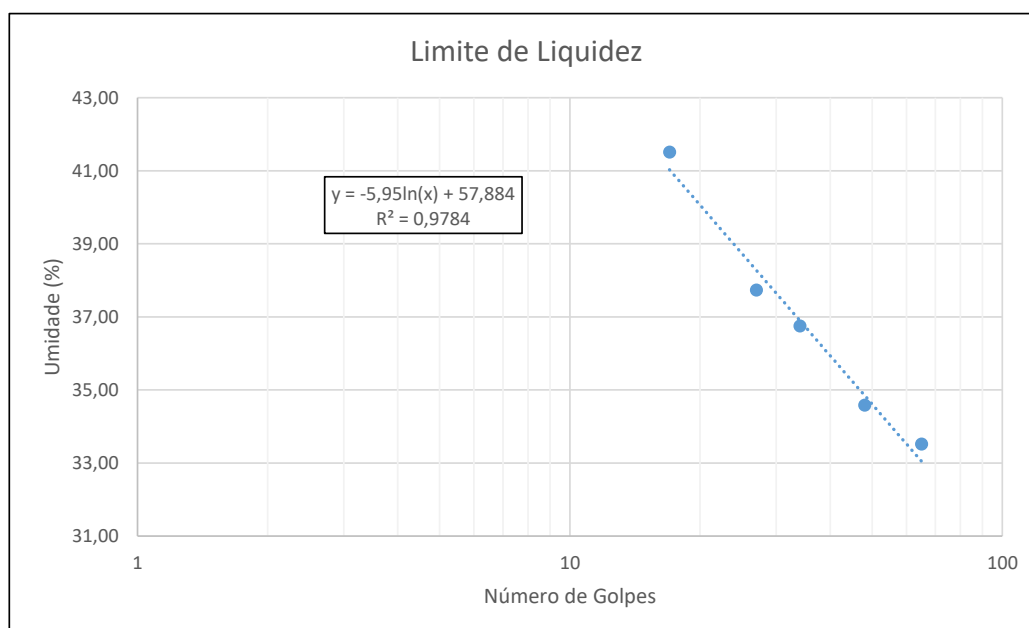
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	SAAN - DF 010			Ponto:	ST 02 - JAN 2 BASE
Data:	17/11/2021	Trecho:			

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
14	28,17	23,95	11,36	4,22	12,59	65	33,52
38	29,45	24,75	11,16	4,70	13,59	48	34,58
31	27,48	23,18	11,48	4,30	11,70	34	36,75
5	29,76	24,82	11,73	4,94	13,09	27	37,74
28	26,50	21,78	10,41	4,72	11,37	17	41,51

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
57	8,61	7,98	5,78	0,63	2,20	28,64	29,31
79	8,75	8,10	5,87	0,65	2,23	29,15	
87	8,78	8,14	5,88	0,64	2,26	28,32	
92	8,83	8,19	6,10	0,64	2,09	30,62	
66	8,77	8,15	6,07	0,62	2,08	29,81	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	38,7
Limite de Plasticidade (%)	29,3
Índice de Plasticidade (%)	9,4



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	SAAN - DF 010		Ponto:	ST 02 - JAN 2
Data:	15/11/2021	Energia:	INTERMEDIÁRIA	SUB_BASE

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	54	52	21	17	16
Solo + Água + Molde (g)	8660	9140	9160	9160	9055
Peso Molde (g)	4750	4915	4745	4790	4655
Peso Solo + Água (g)	3910	4225	4415	4370	4400
Volume Molde (cm ³)	1970	1988	2015	1988	2015
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1985	2125	2191	2198	2184
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1736	1806	1830	1806	1763

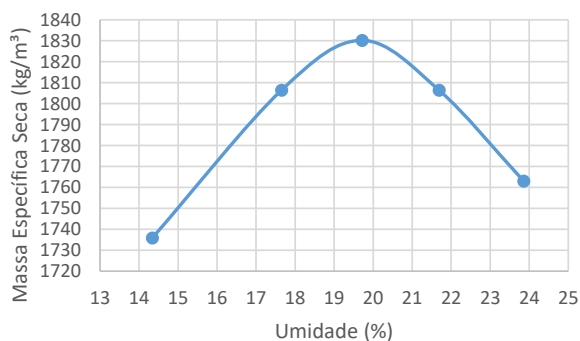
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	41	27	61	96	49	37	66	81	170	150
P. Solo Úm.+ C. (g)	88,99	97,95	75,98	73,90	81,26	85,38	85,80	85,35	95,97	88,61
P. Solo S. + Cap. (g)	79,16	87,27	66,52	64,78	69,76	73,37	72,96	72,44	80,48	74,03
Peso Água (g)	9,83	10,68	9,46	9,12	11,50	12,01	12,84	12,91	15,49	14,58
Peso Cápsula (g)	11,09	12,26	12,19	13,80	12,23	11,62	14,03	12,63	15,15	13,29
P. Solo Seco (g)	68,07	75,01	54,33	50,98	57,53	61,75	58,93	59,81	65,33	60,74
Umidade (%)	14,44	14,24	17,41	17,89	19,99	19,45	21,79	21,59	23,71	24,00
Umid. Média (%)	14,34		17,65		19,72		21,69		23,86	

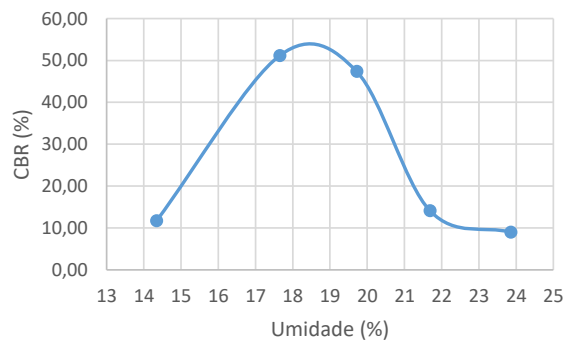
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	19,8
Densidade Máxima (kg/m ³)	1831
Expansão Média (%)	0,01
ISC/CBR Final (%)	47,3

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	25	0,25	
1,25	47	0,47	
2,5	77	0,77	11,16
5	121	1,21	11,69
7,5	156	1,56	
10	169	1,69	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	68	0,68	
1,25	150	1,5	
2,5	353	3,53	51,16
5	505	5,05	48,79
7,5	604	6,04	
10	640	6,4	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	40	0,4	
1,25	107	1,07	
2,5	280	2,8	40,58
5	490	4,9	47,34
7,5	680	6,8	
10	742	7,42	

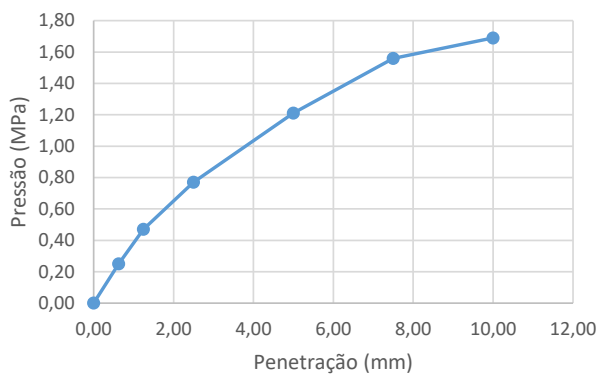
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	22	0,22	
1,25	49	0,49	
2,5	82	0,82	11,88
5	146	1,46	14,11
7,5	199	1,99	
10	216	2,16	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	11	0,11	
2,5	32	0,32	4,64
5	93	0,93	8,99
7,5	160	1,6	
10	191	1,91	

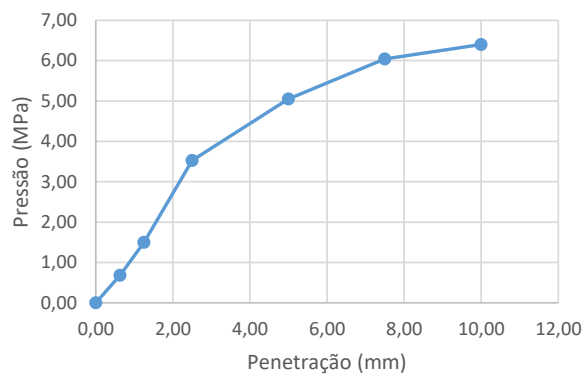
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
54	14,34	11,69	14,34	1736
52	17,65	51,16	17,65	1806
21	19,72	47,34	19,72	1830
17	21,69	14,11	21,69	1806
16	23,86	8,99	23,86	1763

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	54	52	21	17	16
Leitura Inicial	4,00	3,00	4,00	3,00	3,00
Leitura Final	4,06	3,02	4,01	3,00	2,99
L.Final - L.Inicial	0,06	0,02	0,01	0,00	-0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,05	0,02	0,01	0,00	-0,01
Média (%)	0,01				

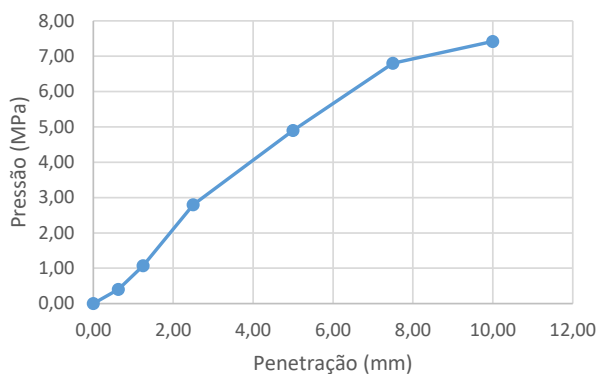
Pressão x Penetração 1



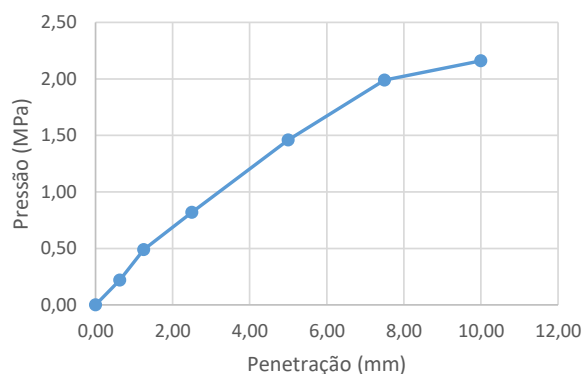
Pressão x Penetração 2



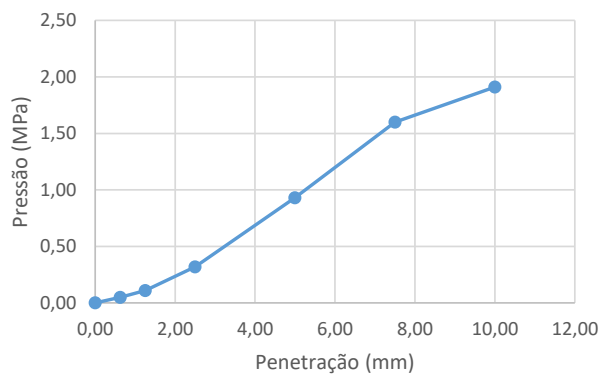
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	SAAN - DF 010			Ponto:	ST 02 - JAN 2 SUB_BASE
Data:	15/11/2021	Trecho:			

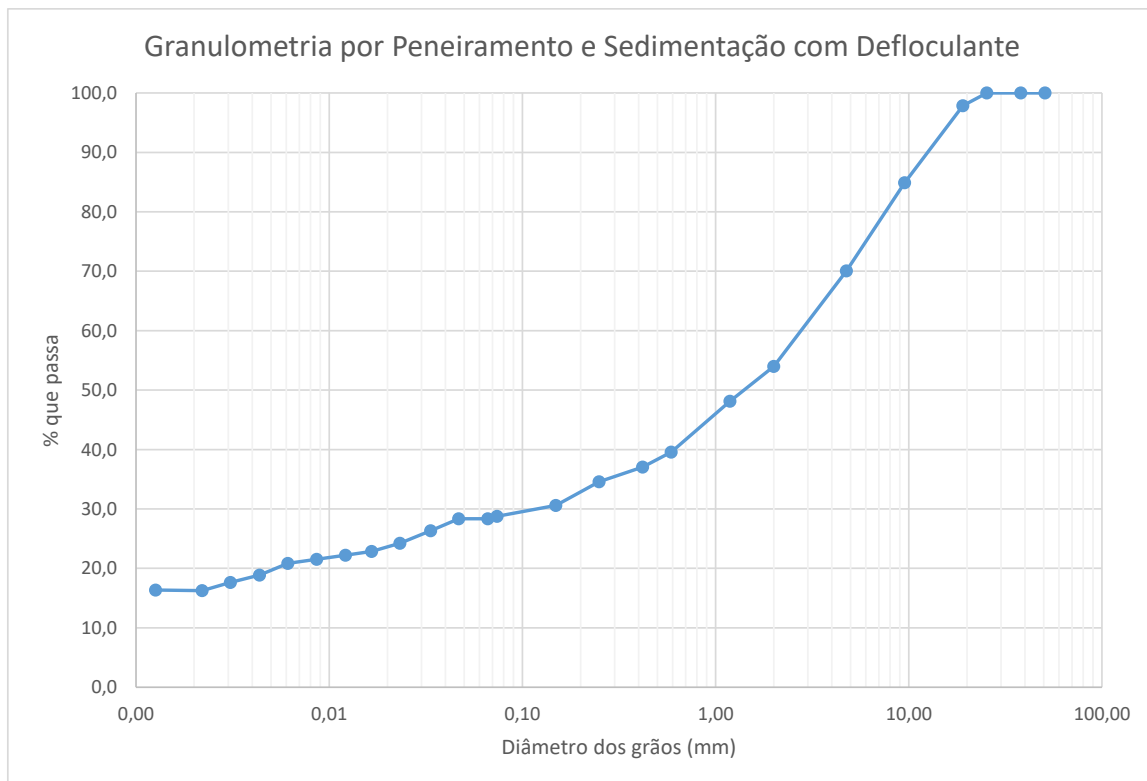
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	171	156		Picnômetro	11	18	
tara (g)	13,67	14,1		Temp. (°C)	21,5	21,5	
tara + SH (g)	93,27	93,62		Pic. + água (g)	419,88	416,53	
tara + SS (g)	84,54	85,26		Pic.+água +solo (g)	448,57	445,04	
Umidade (%)	12,32	11,75		Amostra (g)	50,06	50,01	
w (%):	12,0			G (g/cm³)	2,79	2,76	
				Gs :	2,77		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	801,4			Massa total da amostra seca Ms (g) =	752,50		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	16,15	16,15	97,9
3/8"	9,52	97,42	113,57	84,9
4	4,76	111,60	225,17	70,1
10	2,00	121,16	346,33	54,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	6,76	6,76	48,1
30	0,590	9,91	16,67	39,6
40	0,420	2,94	19,61	37,0
60	0,250	2,87	22,48	34,6
100	0,149	4,56	27,04	30,6
200	0,074	2,15	29,19	28,8

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,01	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm³)	Ld (g/cm³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	22,0	1,018	0,9970	13,3	28,4	0,0664
1 min	60	22,0	1,018	0,9970	13,3	28,4	0,0469
2 min	120	22,0	1,017	0,9970	13,6	26,3	0,0335
4 min	240	21,8	1,015	0,9970	13,0	24,2	0,0233
8 min	480	21,7	1,014	0,9971	13,2	22,9	0,0166
15 min	900	21,7	1,014	0,9971	13,3	22,2	0,0122
30 min	1800	21,7	1,013	0,9971	13,4	21,5	0,0086
1 h	3600	21,7	1,013	0,9971	13,5	20,8	0,0061
2 h	7200	21,9	1,011	0,9970	13,7	18,9	0,0044
4 h	14400	22,3	1,010	0,9969	13,9	17,6	0,0031
8 h	28800	22,2	1,009	0,9970	14,1	16,3	0,0022
24 h	86400	22,6	1,009	0,9969	14,1	16,4	0,0013

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	1,8
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	97,9	2,1	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	24,2
9,52	84,9	15,1		
4,76	70,1	29,9		
2,00	54,0	46,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	20,0
1,190	48,1	51,9	0,60 < Areia grossa < 2,0	14,3
0,590	39,6	60,4	0,20 < Areia média < 0,6	7,1
0,420	37,0	63,0		
0,250	34,6	65,4		
0,149	30,6	69,4	0,06 < Areia fina < 0,20	4,3
0,074	28,8	71,2		
0,0664	28,4	71,6		
0,0469	28,4	71,6	0,002 < Silte < 0,06	12,1
0,0335	26,3	73,7		
0,0233	24,2	75,8		
0,0166	22,9	77,1		
0,0122	22,2	77,8		
0,0086	21,5	78,5		
0,0061	20,8	79,2		
0,0044	18,9	81,1		
0,0031	17,6	82,4		
0,0022	16,3	83,7		
0,0013	16,4	83,6	Argila < 0,002	16,3



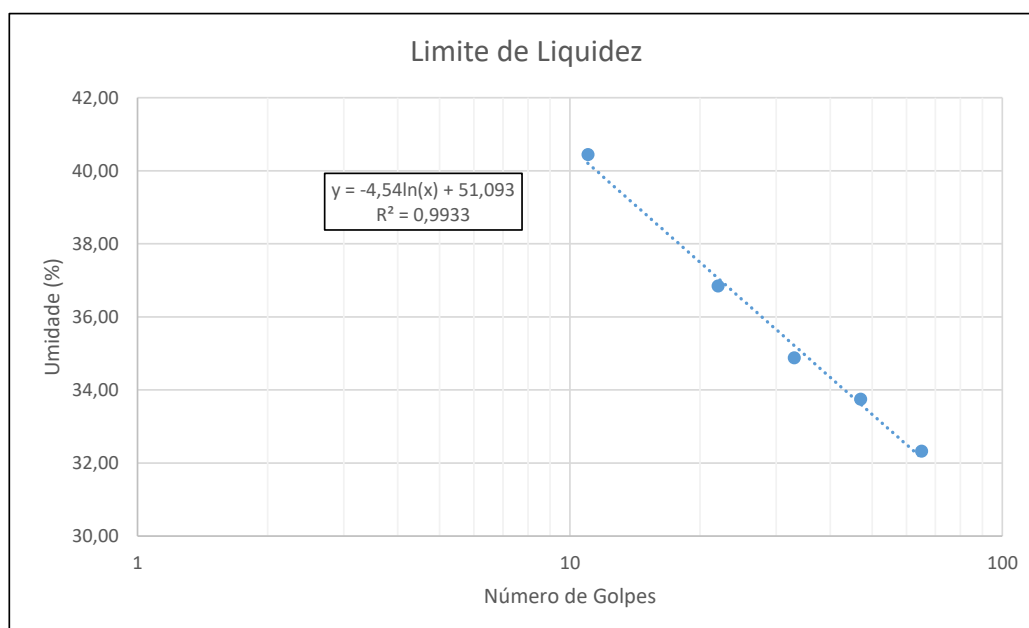
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	SAAN - DF 010			Ponto:	ST 02 - JAN 2 SUB_BASE
Data:	17/11/2021	Trecho:			

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
7	27,61	23,44	10,54	4,17	12,90	65	32,33
25	28,21	23,86	10,97	4,35	12,89	47	33,75
32	26,80	22,59	10,52	4,21	12,07	33	34,88
33	26,49	22,33	11,04	4,16	11,29	22	36,85
6	29,54	24,23	11,10	5,31	13,13	11	40,44

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
93	9,24	8,60	6,26	0,64	2,34	27,35	26,71
110	8,60	8,04	5,86	0,56	2,18	25,69	
113	8,54	7,94	5,65	0,60	2,29	26,20	
121	9,15	8,49	6,10	0,66	2,39	27,62	
108	9,05	8,50	6,44	0,55	2,06	26,70	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	36,5
Limite de Plasticidade (%)	26,7
Índice de Plasticidade (%)	9,8



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	SAAN - DF 010		Ponto:	ST 02 - JAN 2
Data:	12/11/2021	Energia:	NORMAL	SUB_LEITO

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	65	61	57	63	66
Solo + Água + Molde (g)	7345	8185	8495	8305	8205
Peso Molde (g)	4200	4465	4810	4305	4260
Peso Solo + Água (g)	3145	3720	3685	4000	3945
Volume Molde (cm ³)	1996	2123	1988	2050	2014
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1576	1752	1854	1951	1959
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1409	1507	1559	1603	1562

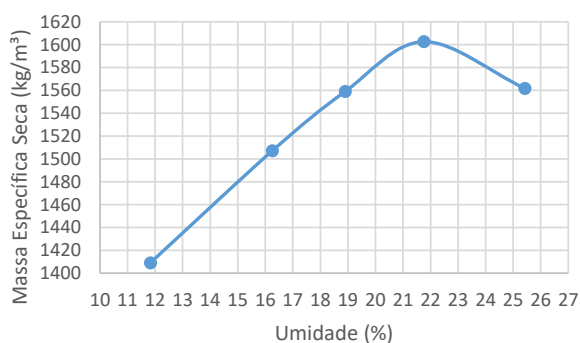
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	52	87	44	67	14	26	54	24	109	119
P. Solo Úm.+ C. (g)	91,93	100,62	75,85	76,15	84,81	72,30	72,09	78,92	98,69	106,58
P. Solo S. + Cap. (g)	83,37	91,54	67,00	67,42	73,46	62,87	61,22	67,08	81,70	88,27
Peso Água (g)	8,56	9,08	8,85	8,73	11,35	9,43	10,87	11,84	16,99	18,31
Peso Cápsula (g)	12,24	13,38	12,83	13,46	13,29	13,07	11,62	12,26	14,61	16,52
P. Solo Seco (g)	71,13	78,16	54,17	53,96	60,17	49,80	49,60	54,82	67,09	71,75
Umidade (%)	12,03	11,62	16,34	16,18	18,86	18,94	21,92	21,60	25,32	25,52
Umid. Média (%)	11,83		16,26		18,90		21,76		25,42	

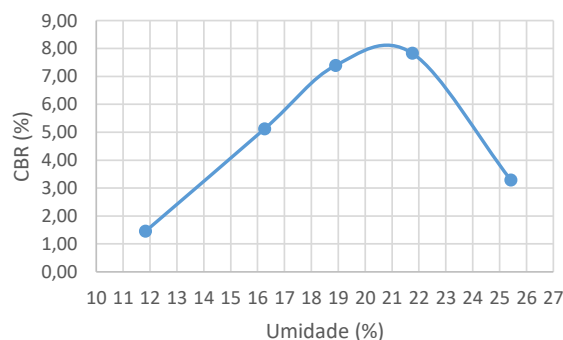
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	22,0
Densidade Máxima (kg/m ³)	1605
Expansão Média (%)	0,06
ISC/CBR Final (%)	7,7

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	6	0,06	
2,5	10	0,1	1,45
5	15	0,15	1,45
7,5	17	0,17	
10	19	0,19	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	9	0,09	
1,25	21	0,21	
2,5	35	0,35	5,07
5	53	0,53	5,12
7,5	65	0,65	
10	72	0,72	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	18	0,18	
1,25	35	0,35	
2,5	51	0,51	7,39
5	66	0,66	6,38
7,5	77	0,77	
10	87	0,87	

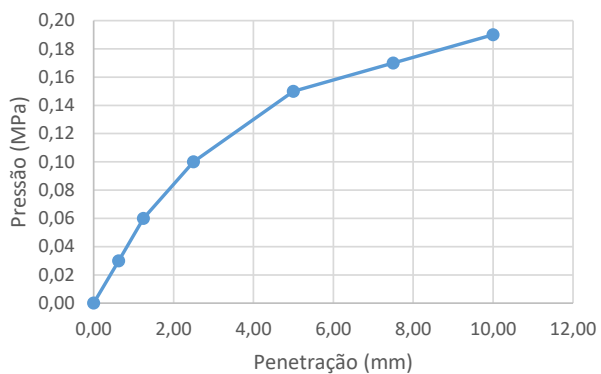
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	29	0,29	
2,5	53	0,53	7,68
5	81	0,81	7,83
7,5	100	1	
10	109	1,09	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	10	0,1	
2,5	19	0,19	2,75
5	34	0,34	3,29
7,5	47	0,47	
10	51	0,51	

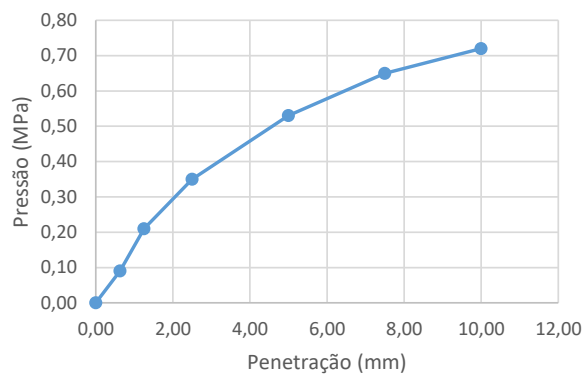
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
65	11,83	1,45	11,83	1409
61	16,26	5,12	16,26	1507
57	18,90	7,39	18,90	1559
63	21,76	7,83	21,76	1603
66	25,42	3,29	25,42	1562

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	65	61	57	63	66
Leitura Inicial	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00
Leitura Final	3,15	3,13	3,11	3,01	3,96
L.Final - L.Inicial	0,15	0,13	0,11	0,01	-0,04
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,13	0,11	0,10	0,01	-0,04
Média (%)	0,06				

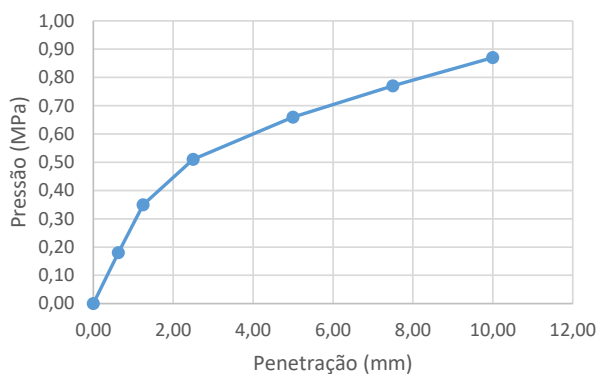
Pressão x Penetração 1



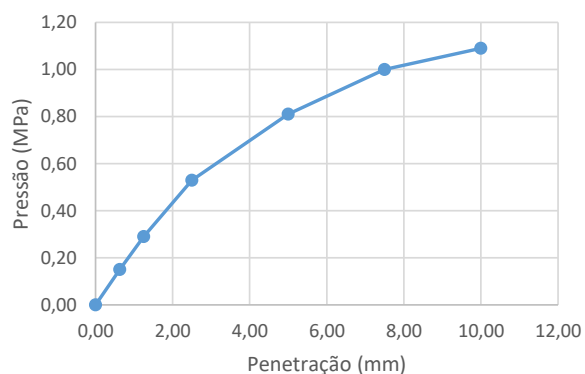
Pressão x Penetração 2



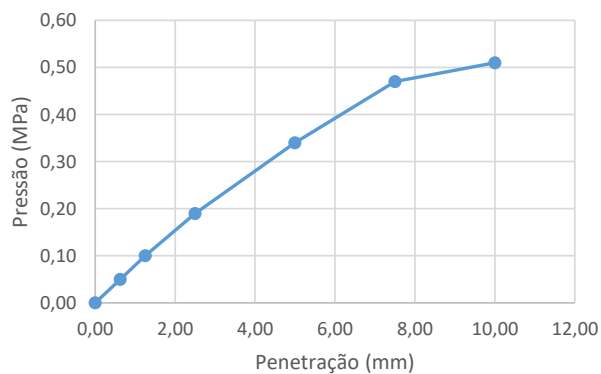
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	SAAN - DF 010			Ponto:	ST 02 - JAN 2 SUB_LEITO
Data:	12/11/2021	Trecho:			

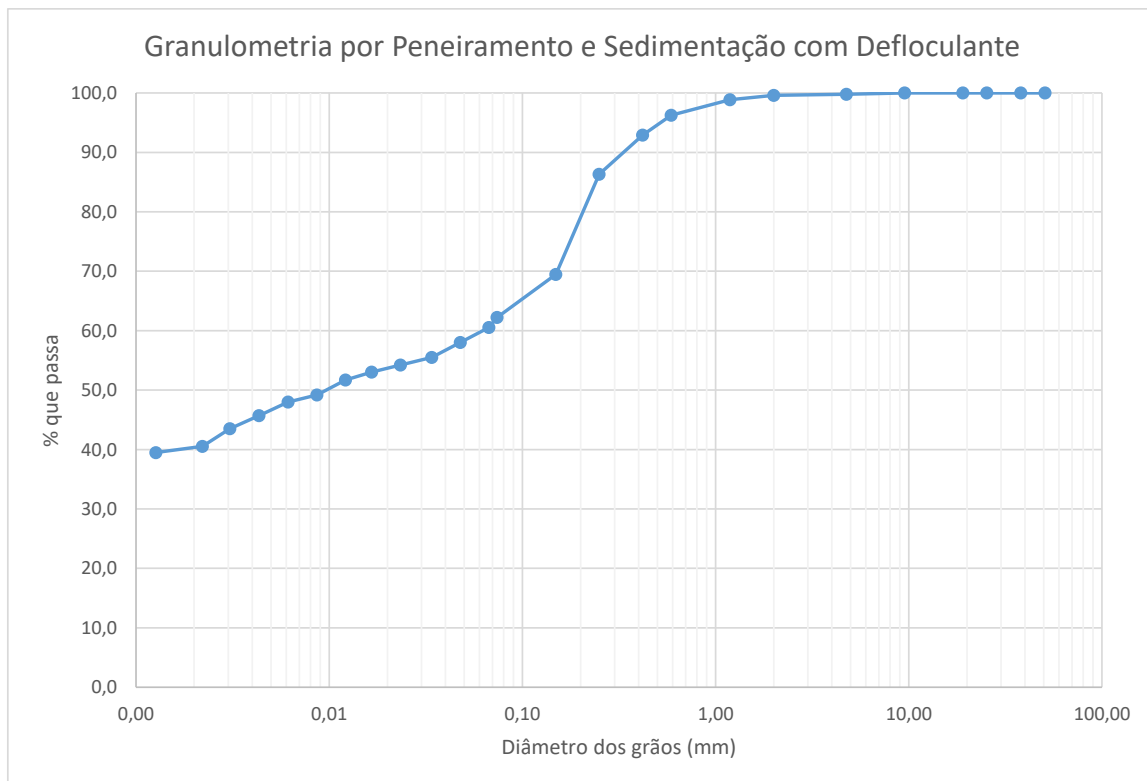
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	113	111		Picnômetro	13	15	
tara (g)	15,8	15,68		Temp. (°C)	21,5	21,4	
tara + SH (g)	79,16	91,39		Pic. + água (g)	417,34	415,16	
tara + SS (g)	72,61	83,55		Pic.+água +solo (g)	445,52	443,41	
Umidade (%)	11,53	11,55		Amostra (g)	50,18	50,13	
w (%):	11,5			G (g/cm³)	2,67	2,69	
				Gs :	2,68		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	806,3			Massa total da amostra seca Ms (g) =	723,15		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	1,46	1,46	99,8
10	2,00	1,54	3,00	99,6

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,44	0,44	98,9
30	0,590	1,65	2,09	96,3
40	0,420	2,13	4,22	92,9
60	0,250	4,15	8,37	86,3
100	0,149	10,64	19,01	69,4
200	0,074	4,55	23,56	62,2

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,07	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm³)	Ld (g/cm³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	21,7	1,021	0,9971	12,8	60,6	0,0671
1 min	60	21,7	1,020	0,9971	12,9	58,0	0,0478
2 min	120	21,7	1,019	0,9971	13,1	55,5	0,0340
4 min	240	21,7	1,019	0,9971	12,4	54,2	0,0234
8 min	480	21,8	1,018	0,9970	12,5	53,0	0,0166
15 min	900	21,7	1,018	0,9971	12,6	51,7	0,0122
30 min	1800	21,7	1,017	0,9971	12,8	49,2	0,0087
1 h	3600	21,9	1,016	0,9970	12,9	48,0	0,0061
2 h	7200	22,4	1,015	0,9969	13,0	45,7	0,0043
4 h	14400	23,0	1,014	0,9968	13,2	43,5	0,0031
8 h	28800	22,1	1,013	0,9970	13,4	40,5	0,0022
24 h	86400	22,6	1,013	0,9969	13,5	39,5	0,0013

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,1
9,52	100,0	0,0		
4,76	99,8	0,2	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,3
2,00	99,6	0,4		
1,190	98,9	1,1	0,60 < Areia grossa < 2,0	3,3
0,590	96,3	3,7	0,20 < Areia média < 0,6	18,3
0,420	92,9	7,1		
0,250	86,3	13,7		
0,149	69,4	30,6	0,06 < Areia fina < 0,20	18,3
0,074	62,2	37,8		
0,0671	60,6	39,4		
0,0478	58,0	42,0		
0,0340	55,5	44,5	0,002 < Silte < 0,06	19,3
0,0234	54,2	45,8		
0,0166	53,0	47,0		
0,0122	51,7	48,3		
0,0087	49,2	50,8		
0,0061	48,0	52,0		
0,0043	45,7	54,3		
0,0031	43,5	56,5		
0,0022	40,5	59,5	Argila < 0,002	40,3
0,0013	39,5	60,5		



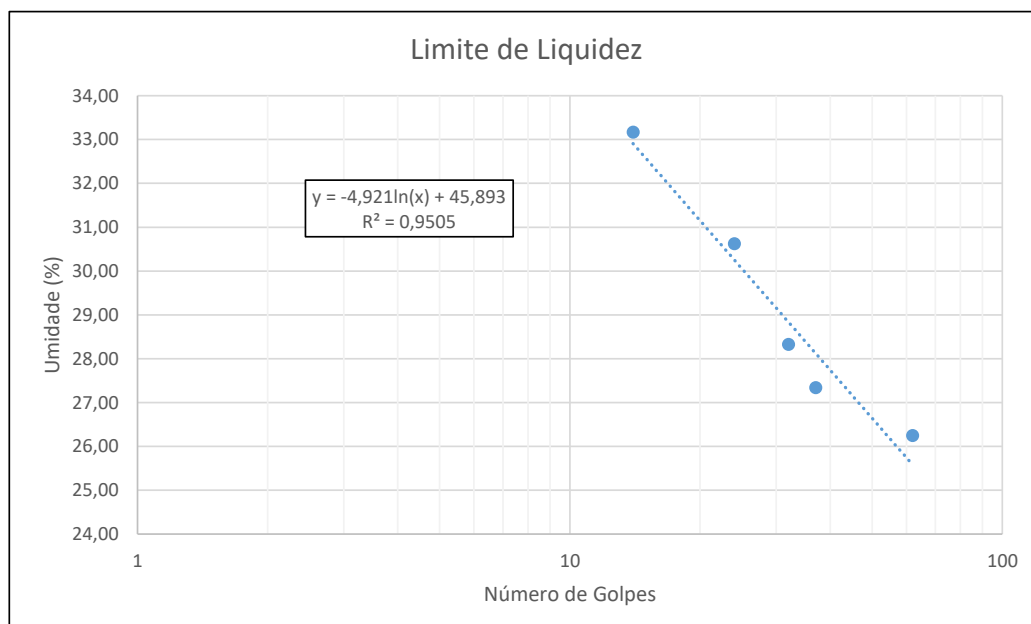
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	SAAN - DF 010			Ponto:	ST 02 - JAN 2 SUB_LEITO
Data:	17/11/2021	Trecho:			

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
24	27,25	24,04	11,81	3,21	12,23	62	26,25
4	28,05	24,40	11,05	3,65	13,35	37	27,34
35	29,49	25,34	10,69	4,15	14,65	32	28,33
27	25,40	21,71	9,66	3,69	12,05	24	30,62
22	29,57	24,79	10,38	4,78	14,41	14	33,17

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
85	8,75	8,20	5,61	0,55	2,59	21,24	21,68
59	8,30	7,78	5,40	0,52	2,38	21,85	
117	8,90	8,38	5,92	0,52	2,46	21,14	
112	9,79	9,23	6,63	0,56	2,60	21,54	
133	9,06	8,49	5,97	0,57	2,52	22,62	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	30,1
Limite de Plasticidade (%)	21,7
Índice de Plasticidade (%)	8,4



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	1
Data:	25/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	70	72	83	1	80
Solo + Água + Molde (g)	7680	8105	9055	8680	8295
Peso Molde (g)	4305	4285	4620	4775	4480
Peso Solo + Água (g)	3375	3820	4435	3905	3815
Volume Molde (cm ³)	2078	2050	2225	1970	2151
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1624	1863	1993	1982	1774
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1398	1564	1638	1592	1392

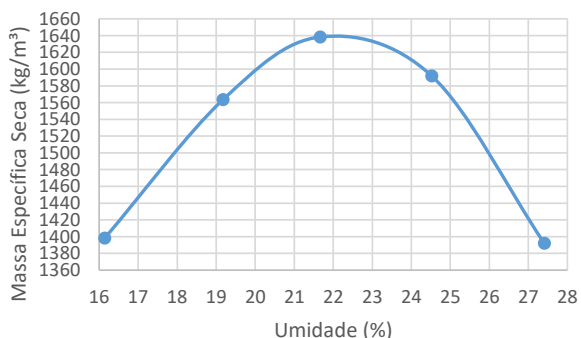
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	200	302	44	37	86	91	50	34	305	201
P. Solo Úm. + C. (g)	77,25	78,56	80,56	72,22	81,34	74,52	74,85	79,06	86,78	79,81
P. Solo S. + Cap. (g)	68,45	69,53	69,80	62,34	69,33	63,28	62,60	66,02	71,05	65,42
Peso Água (g)	8,80	9,03	10,76	9,88	12,01	11,24	12,25	13,04	15,73	14,39
Peso Cápsula (g)	14,02	13,52	12,80	11,61	13,62	11,65	12,51	12,98	13,25	13,28
P. Solo Seco (g)	54,43	56,01	57,00	50,73	55,71	51,63	50,09	53,04	57,80	52,14
Umidade (%)	16,17	16,12	18,88	19,48	21,56	21,77	24,46	24,59	27,21	27,60
Umid. Média (%)	16,14		19,18		21,66		24,52		27,41	

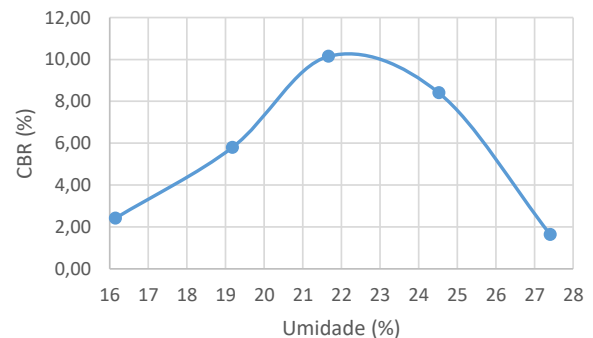
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	22,2
Densidade Máxima (kg/m ³)	1640
Expansão Média (%)	0,04
ISC/CBR Final (%)	10,1

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	10	0,1	
2,5	16	0,16	2,32
5	25	0,25	2,42
7,5	33	0,33	
10	38	0,38	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	11	0,11	
1,25	23	0,23	
2,5	40	0,4	5,80
5	59	0,59	5,70
7,5	74	0,74	
10	81	0,81	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	19	0,19	
1,25	44	0,44	
2,5	70	0,7	10,14
5	98	0,98	9,47
7,5	118	1,18	
10	130	1,3	

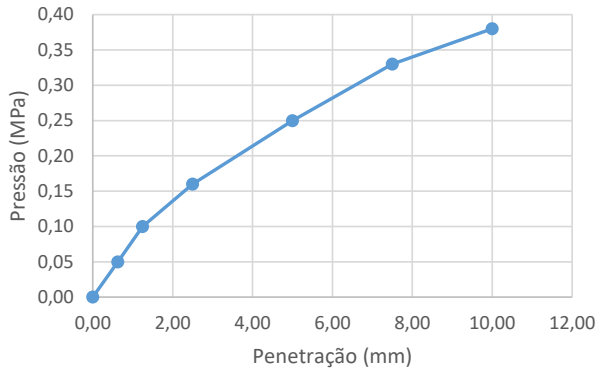
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	9	0,09	
1,25	21	0,21	
2,5	45	0,45	6,52
5	87	0,87	8,41
7,5	118	1,18	
10	126	1,26	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	4	0,04	
1,25	6	0,06	
2,5	10	0,1	1,45
5	17	0,17	1,64
7,5	26	0,26	
10	30	0,3	

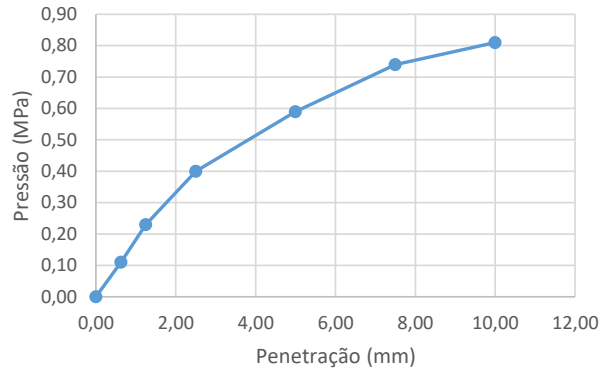
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
70	16,14	2,42	16,14	1398
72	19,18	5,80	19,18	1564
83	21,66	10,14	21,66	1638
1	24,52	8,41	24,52	1592
80	27,41	1,64	27,41	1392

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	70	72	83	1	80
Leitura Inicial	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00
Leitura Final	4,13	4,09	5,01	4,02	4,99
L.Final - L.Inicial	0,13	0,09	0,01	0,02	-0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,11	0,08	0,01	0,02	-0,01
Média (%)	0,04				

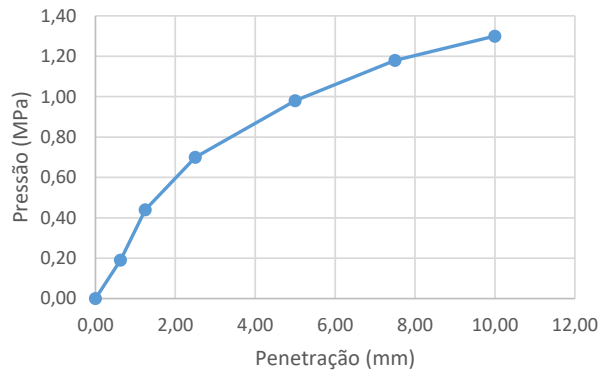
Pressão x Penetração 1



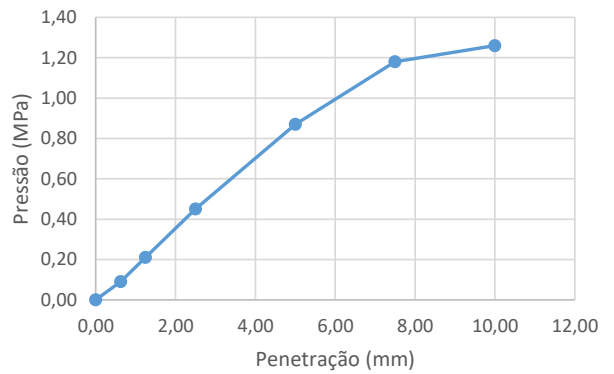
Pressão x Penetração 2



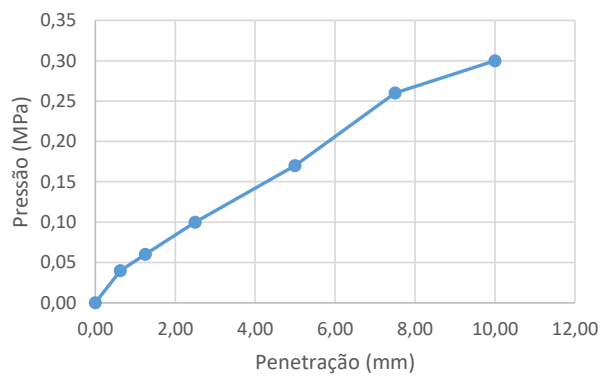
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	1
Data:	30/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

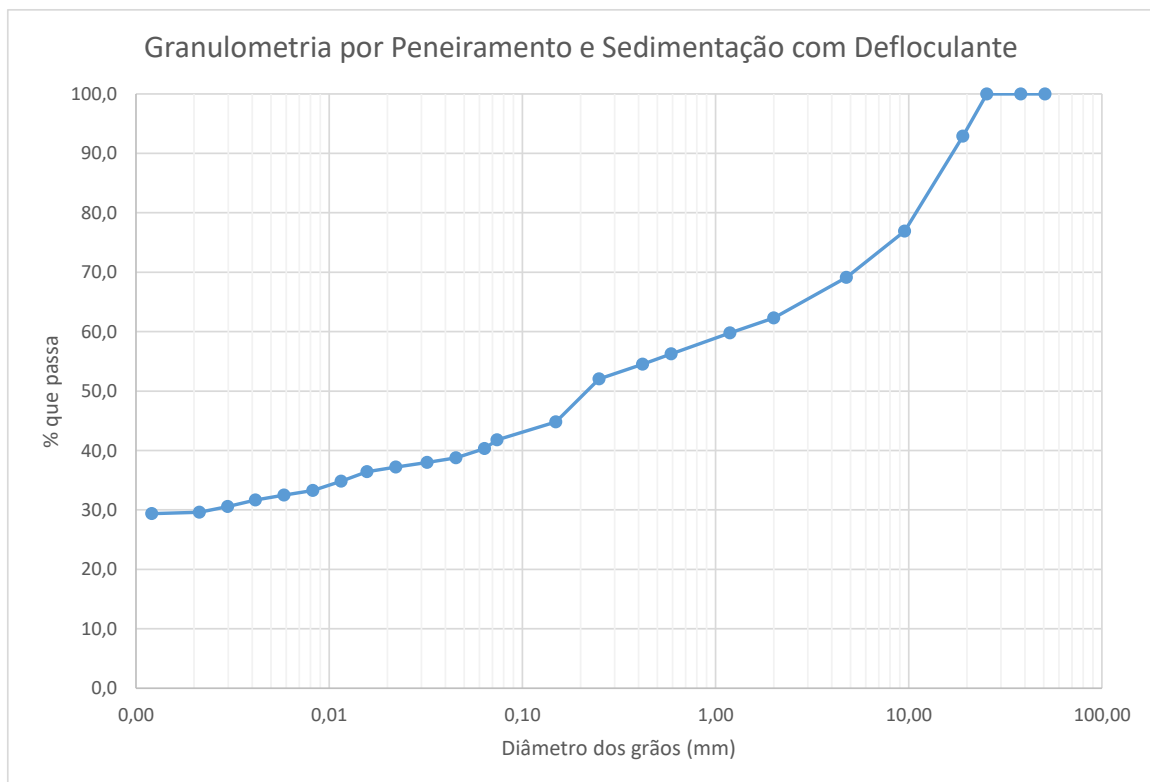
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	106	319		Pic.	3	5	
tara (g)	14,06	11,42		Temp. (°C)	26,3	26,3	
tara + SH (g)	90,54	85,24		Pic. Vazio	102,62	102,1	
tara + SS (g)	83,21	78,19		Pic. + Amostra	162,67	162,14	
Umidade (%)	10,60	10,56		Pic. + Água + Amostra	452,84	462,93	
w (%):	10,6			Pic. + Água	414,83	424,93	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,72	2,72	
				GS ₂₀ :	2,72		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	562,91		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	40,11	40,11	92,9
3/8"	9,52	89,97	130,08	76,9
4	4,76	43,84	173,92	69,1
10	2,00	38,36	212,28	62,3

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	2,55	2,55	59,8
30	0,590	3,61	6,15	56,2
40	0,420	1,76	7,92	54,5
60	0,250	2,52	10,43	52,0
100	0,149	7,36	17,79	44,8
200	0,074	3,04	20,83	41,8

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =				70,05	Densímetro:	34351	
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,023	0,9966	12,5	40,3	0,0637
1 min	60	24,2	1,022	0,9966	12,7	38,8	0,0454
2 min	120	24,2	1,021	0,9966	12,8	38,0	0,0322
4 min	240	24,2	1,021	0,9966	12,1	37,2	0,0221
8 min	480	24,2	1,020	0,9966	12,2	36,4	0,0157
15 min	900	24,1	1,019	0,9966	12,3	34,9	0,0116
30 min	1800	24,1	1,018	0,9966	12,5	33,3	0,0082
1 h	3600	24,0	1,018	0,9966	12,6	32,5	0,0058
2 h	7200	23,8	1,017	0,9966	12,7	31,6	0,0042
4 h	14400	22,9	1,017	0,9968	12,8	30,6	0,0030
8 h	28800	22,3	1,016	0,9969	12,9	29,6	0,0021
24 h	86400	24,0	1,016	0,9966	12,9	29,4	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	6,1
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	92,9	7,1	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	22,8
9,52	76,9	23,1		
4,76	69,1	30,9	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	8,8
2,00	62,3	37,7		
1,190	59,8	40,2	0,60 < Areia grossa < 2,0	6,0
0,590	56,2	43,8	0,20 < Areia média < 0,6	7,8
0,420	54,5	45,5		
0,250	52,0	48,0		
0,149	44,8	55,2	0,06 < Areia fina < 0,20	8,4
0,074	41,8	58,2		
0,0637	40,3	59,7		
0,0454	38,8	61,2	0,002 < Silte < 0,06	10,4
0,0322	38,0	62,0		
0,0221	37,2	62,8		
0,0157	36,4	63,6		
0,0116	34,9	65,1		
0,0082	33,3	66,7		
0,0058	32,5	67,5		
0,0042	31,6	68,4		
0,0030	30,6	69,4		
0,0021	29,6	70,4		
0,0012	29,4	70,6	Argila < 0,002	29,6



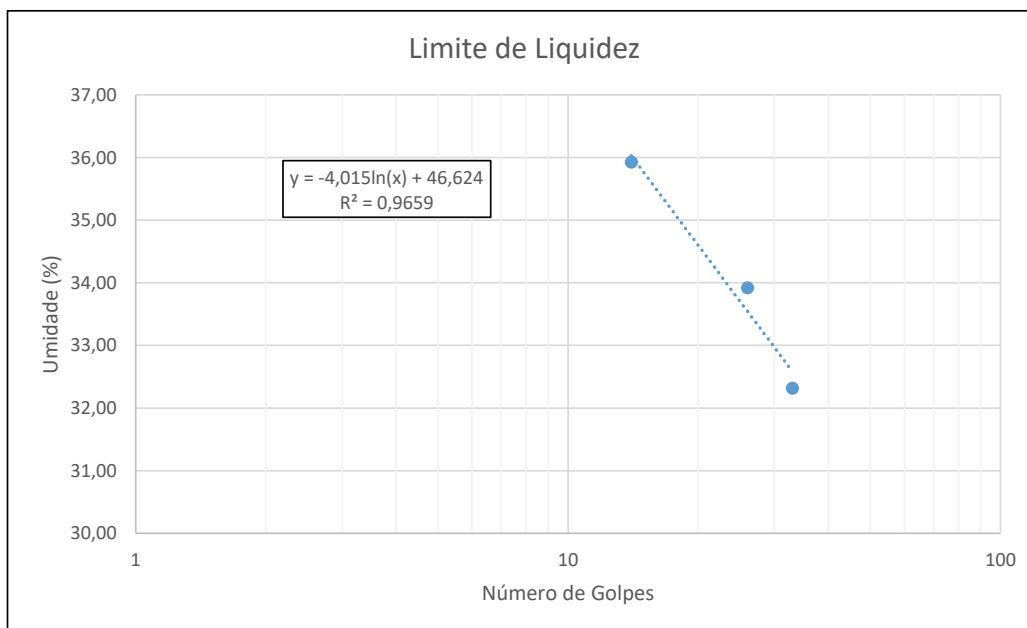
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	1
Data:	01/11/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
13	24,10	20,71	10,22	3,39	10,49	33	32,32
10	24,69	21,01	10,16	3,68	10,85	26	33,92
1	31,50	26,14	11,22	5,36	14,92	14	35,92

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
129	7,56	7,16	5,68	0,40	1,48	27,03	26,88
133	8,01	7,56	5,94	0,45	1,62	27,78	
122	8,22	7,75	6,01	0,47	1,74	27,01	
68	10,29	9,87	8,33	0,42	1,54	27,27	
117	7,90	7,50	5,92	0,40	1,58	25,32	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	33,7
Limite de Plasticidade (%)	26,9
Índice de Plasticidade (%)	6,8



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	2
Data:	25/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	90	77	20	10	88
Solo + Água + Molde (g)	7370	7580	7835	8055	7675
Peso Molde (g)	4375	4365	4625	4620	4270
Peso Solo + Água (g)	2995	3215	3210	3435	3405
Volume Molde (cm ³)	2050	2069	1970	1997	2059
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1461	1554	1629	1720	1654
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1200	1251	1291	1331	1255

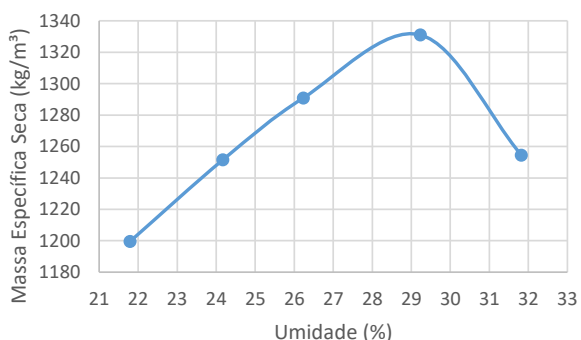
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	212	216	109	115	147	168	119	139	114	118
P. Solo Úm. + C. (g)	72,98	69,89	78,44	77,59	94,23	89,42	88,56	85,48	76,95	90,18
P. Solo S. + Cap. (g)	62,30	59,85	66,05	65,47	77,50	73,64	72,42	69,14	61,57	71,63
Peso Água (g)	10,68	10,04	12,39	12,12	16,73	15,78	16,14	16,34	15,38	18,55
Peso Cápsula (g)	13,03	14,02	14,62	15,48	13,74	13,46	16,52	13,90	13,39	13,14
P. Solo Seco (g)	49,27	45,83	51,43	49,99	63,76	60,18	55,90	55,24	48,18	58,49
Umidade (%)	21,68	21,91	24,09	24,24	26,24	26,22	28,87	29,58	31,92	31,71
Umid. Média (%)	21,79		24,17		26,23		29,23		31,82	

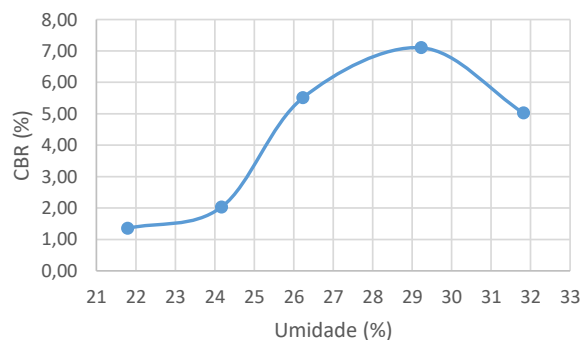
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	29,2
Densidade Máxima (kg/m ³)	1598
Expansão Média (%)	0,27
ISC/CBR Final (%)	7,2

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	5	0,05	
2,5	8	0,08	1,16
5	14	0,14	1,35
7,5	20	0,2	
10	22	0,22	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	8	0,08	
2,5	13	0,13	1,88
5	21	0,21	2,03
7,5	27	0,27	
10	31	0,31	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	12	0,12	
1,25	17	0,17	
2,5	31	0,31	4,49
5	57	0,57	5,51
7,5	69	0,69	
10	75	0,75	

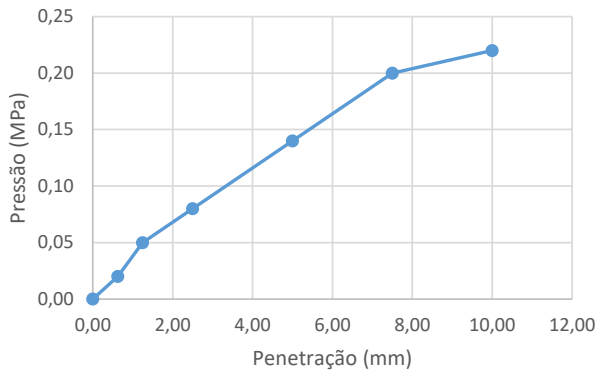
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	29	0,29	
2,5	49	0,49	7,10
5	65	0,65	6,28
7,5	78	0,78	
10	87	0,87	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	10	0,1	
1,25	18	0,18	
2,5	33	0,33	4,78
5	52	0,52	5,02
7,5	64	0,64	
10	69	0,69	

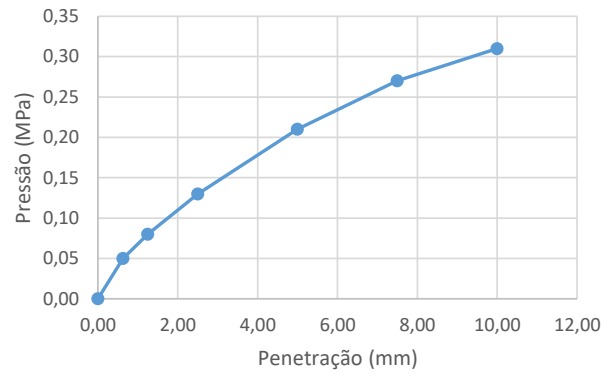
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
90	21,79	1,35	21,79	1200
77	24,17	2,03	24,17	1251
20	26,23	5,51	26,23	1291
10	29,23	7,10	29,23	1331
88	31,82	5,02	31,82	1255

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	90	77	20	10	88
Leitura Inicial	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Leitura Final	5,46	4,29	4,57	4,12	4,11
L.Final - L.Inicial	0,46	0,29	0,57	0,12	0,11
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,40	0,25	0,50	0,11	0,10
Média (%)	0,27				

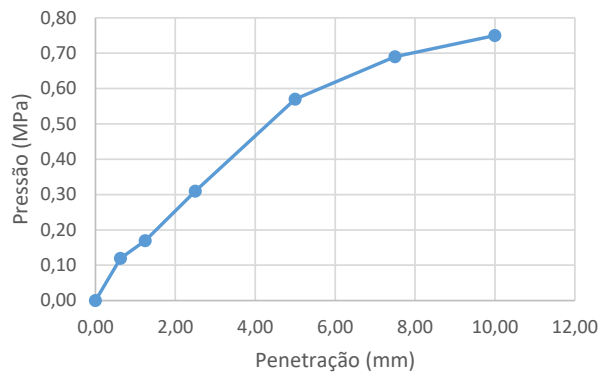
Pressão x Penetração 1



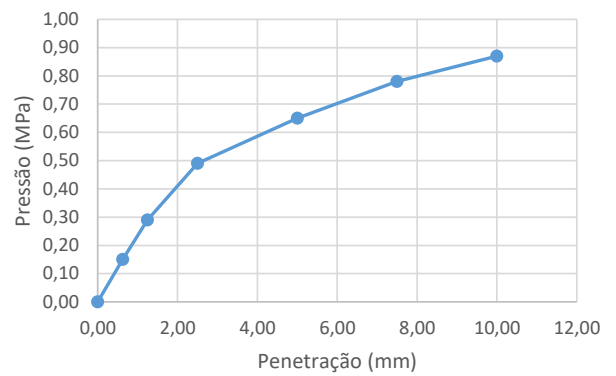
Pressão x Penetração 2



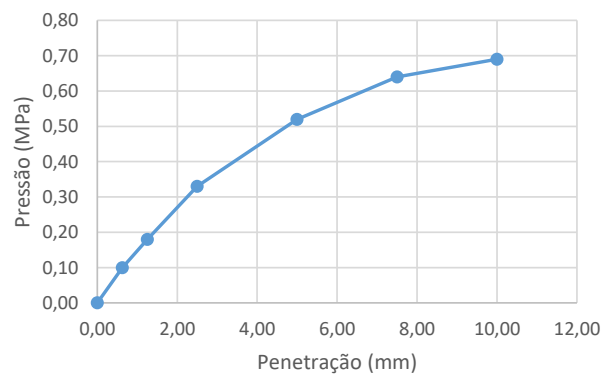
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	2
Data:	27/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

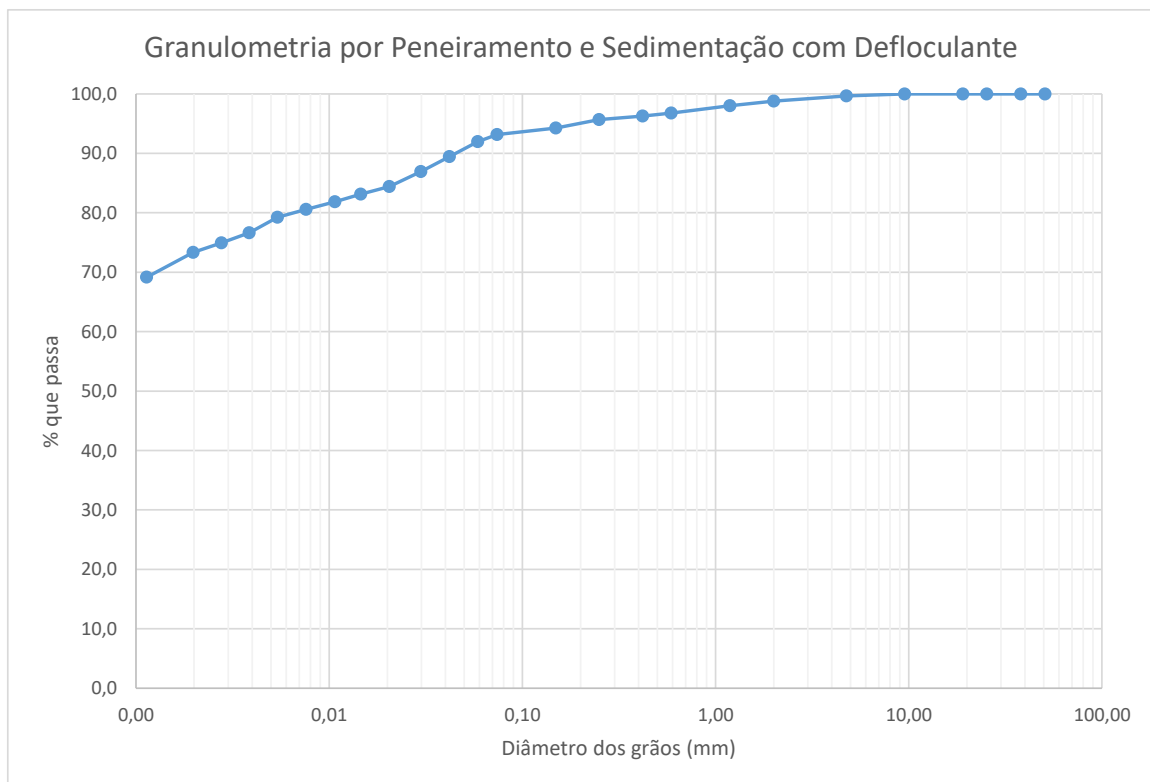
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	111	110		Pic.	2	8	
tara (g)	15,69	16,26		Temp. (°C)	27,1	27,1	
tara + SH (g)	92,6	92,92		Pic. Vazio	134,61	97,60	
tara + SS (g)	84,19	83,24		Pic. + Amostra	194,65	157,63	
Umidade (%)	12,28	14,45		Pic. + Água + Amostra	658,80	442,78	
w (%):	13,4			Pic. + Água	620,79	404,69	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,72	2,73	
				GS ₂₀ :	2,73		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	530,03		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	1,71	1,71	99,7
10	2,00	4,79	6,50	98,8

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,47	0,47	98,0
30	0,590	0,78	1,25	96,8
40	0,420	0,32	1,57	96,3
60	0,250	0,37	1,93	95,7
100	0,149	0,88	2,81	94,3
200	0,074	0,71	3,52	93,1

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,05	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,033	0,9966	10,7	92,0	0,0588
1 min	60	24,2	1,032	0,9966	10,9	89,5	0,0419
2 min	120	24,2	1,031	0,9966	11,0	86,9	0,0299
4 min	240	24,2	1,030	0,9966	10,4	84,4	0,0205
8 min	480	24,2	1,030	0,9966	10,5	83,1	0,0146
15 min	900	24,1	1,029	0,9966	10,6	81,8	0,0107
30 min	1800	24,1	1,029	0,9966	10,7	80,6	0,0076
1 h	3600	24,0	1,028	0,9966	10,8	79,3	0,0054
2 h	7200	23,8	1,027	0,9966	10,9	76,6	0,0039
4 h	14400	22,9	1,027	0,9968	11,0	74,9	0,0028
8 h	28800	22,3	1,026	0,9969	11,1	73,4	0,0020
24 h	86400	24,0	1,024	0,9966	11,5	69,2	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,2
9,52	100,0	0,0		
4,76	99,7	0,3	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	1,0
2,00	98,8	1,2		
1,190	98,0	2,0	0,60 < Areia grossa < 2,0	2,0
0,590	96,8	3,2	0,20 < Areia média < 0,6	1,8
0,420	96,3	3,7		
0,250	95,7	4,3		
0,149	94,3	5,7	0,06 < Areia fina < 0,20	2,8
0,074	93,1	6,9		
0,0588	92,0	8,0		
0,0419	89,5	10,5	0,002 < Silte < 0,06	18,7
0,0299	86,9	13,1		
0,0205	84,4	15,6		
0,0146	83,1	16,9		
0,0107	81,8	18,2		
0,0076	80,6	19,4		
0,0054	79,3	20,7		
0,0039	76,6	23,4		
0,0028	74,9	25,1		
0,0020	73,4	26,6		
0,0011	69,2	30,8	Argila < 0,002	73,5



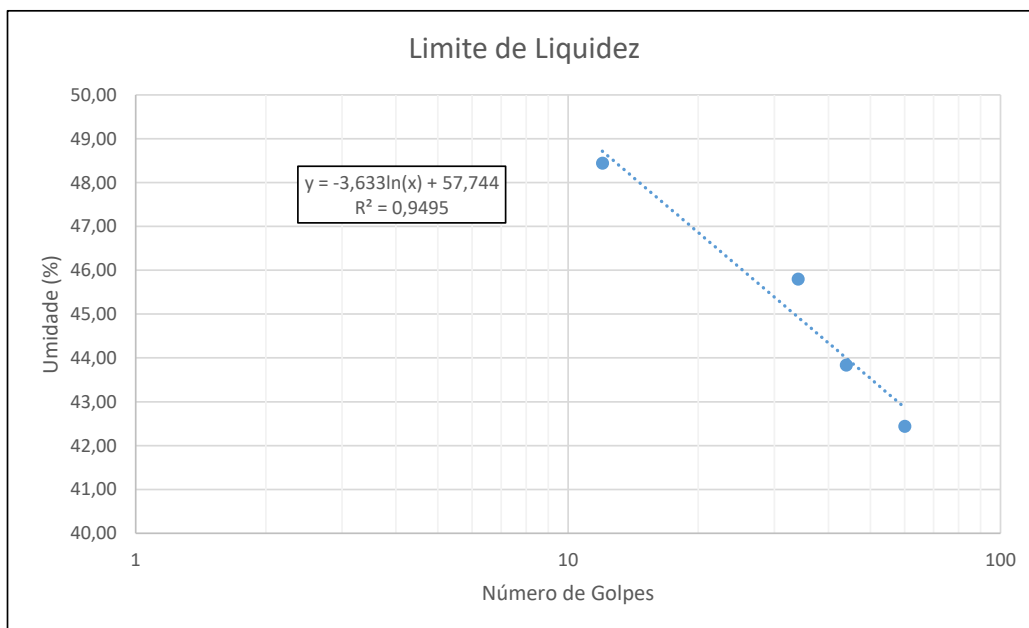
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	2
Data:	25/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
52	25,22	21,15	11,56	4,07	9,59	60	42,44
33	26,58	21,85	11,06	4,73	10,79	44	43,84
44	26,06	21,65	12,02	4,41	9,63	34	45,79
3	28,02	22,42	10,86	5,60	11,56	12	48,44

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
86	7,63	7,18	5,72	0,45	1,46	30,82	29,57
58	8,84	8,44	7,01	0,40	1,43	27,97	
115	7,98	7,52	5,99	0,46	1,53	30,07	
117	7,86	7,40	5,91	0,46	1,49	30,87	
97	7,45	7,02	5,49	0,43	1,53	28,10	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	46,0
Limite de Plasticidade (%)	29,6
Índice de Plasticidade (%)	16,5



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	3
Data:	26/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	74	78	73	80	56
Solo + Água + Molde (g)	7305	7590	7900	8275	7655
Peso Molde (g)	4310	4385	4370	4480	4245
Peso Solo + Água (g)	2995	3205	3530	3795	3410
Volume Molde (cm ³)	2069	2050	2050	2151	2032
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1448	1563	1722	1764	1678
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1160	1230	1331	1339	1242

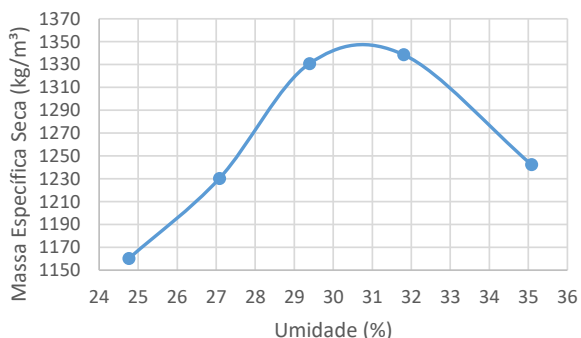
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	149	127	154	137	169	156	160	165	104	152
P. Solo Úm. + C. (g)	83,79	85,00	84,19	82,35	78,07	81,78	80,43	90,01	84,78	84,05
P. Solo S. + Cap. (g)	69,44	71,19	69,09	67,80	63,47	66,26	64,36	71,84	66,51	65,87
Peso Água (g)	14,35	13,81	15,10	14,55	14,60	15,52	16,07	18,17	18,27	18,18
Peso Cápsula (g)	11,23	15,67	13,20	14,20	13,18	14,09	14,01	14,50	14,73	13,74
P. Solo Seco (g)	58,21	55,52	55,89	53,60	50,29	52,17	50,35	57,34	51,78	52,13
Umidade (%)	24,65	24,87	27,02	27,15	29,03	29,75	31,92	31,69	35,28	34,87
Umid. Média (%)	24,76		27,08		29,39		31,80		35,08	

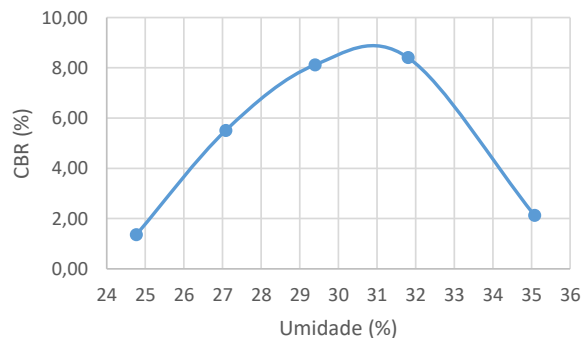
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	31,0
Densidade Máxima (kg/m ³)	1348
Expansão Média (%)	0,17
ISC/CBR Final (%)	9,0

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	5	0,05	
2,5	8	0,08	1,16
5	14	0,14	1,35
7,5	20	0,2	
10	23	0,23	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	25	0,25	
2,5	38	0,38	5,51
5	55	0,55	5,31
7,5	76	0,76	
10	82	0,82	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	20	0,2	
1,25	37	0,37	
2,5	56	0,56	8,12
5	72	0,72	6,96
7,5	82	0,82	
10	91	0,91	

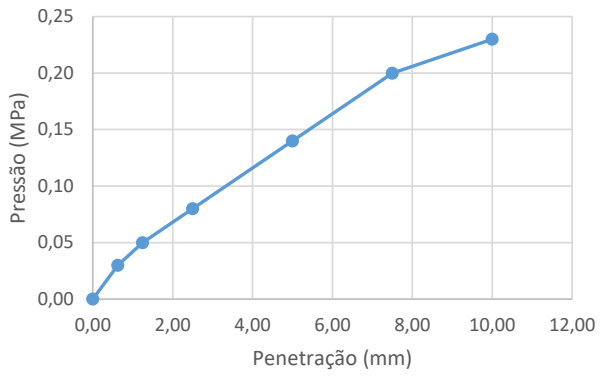
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	12	0,12	
1,25	28	0,28	
2,5	58	0,58	8,41
5	87	0,87	8,41
7,5	104	1,04	
10	120	1,2	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	5	0,05	
2,5	11	0,11	1,59
5	22	0,22	2,13
7,5	33	0,33	
10	39	0,39	

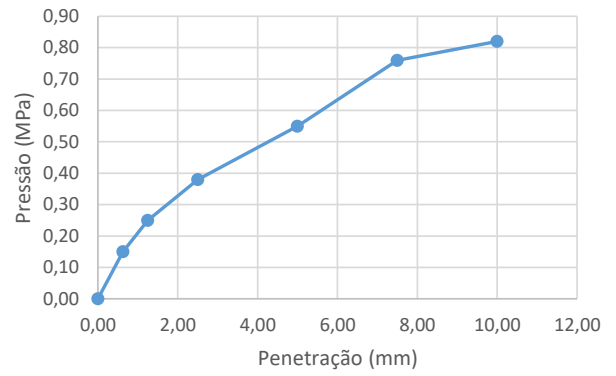
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
74	24,76	1,35	24,76	1160
78	27,08	5,51	27,08	1230
73	29,39	8,12	29,39	1331
80	31,80	8,41	31,80	1339
56	35,08	2,13	35,08	1242

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	74	78	73	80	56
Leitura Inicial	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Leitura Final	3,49	3,29	3,23	3,01	2,97
L.Final - L.Inicial	0,49	0,29	0,23	0,01	-0,03
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,43	0,25	0,20	0,01	-0,03
Média (%)	0,17				

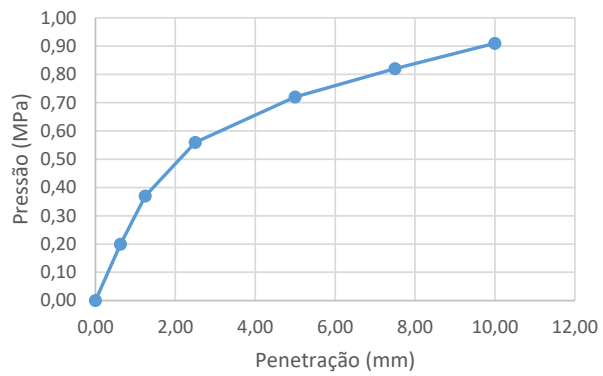
Pressão x Penetração 1



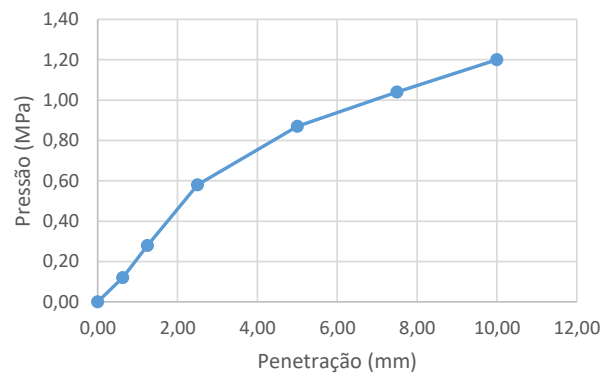
Pressão x Penetração 2



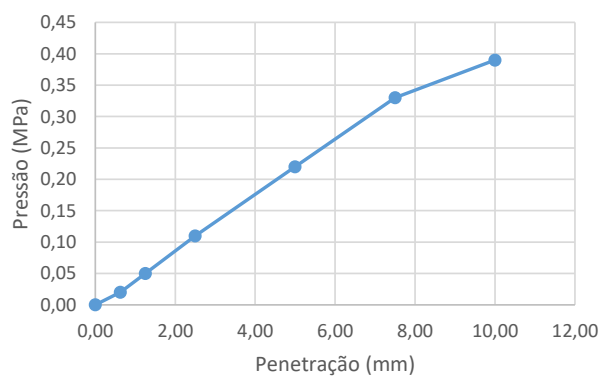
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	3
Data:	03/11/2021	Camada:	SUBLEITO			

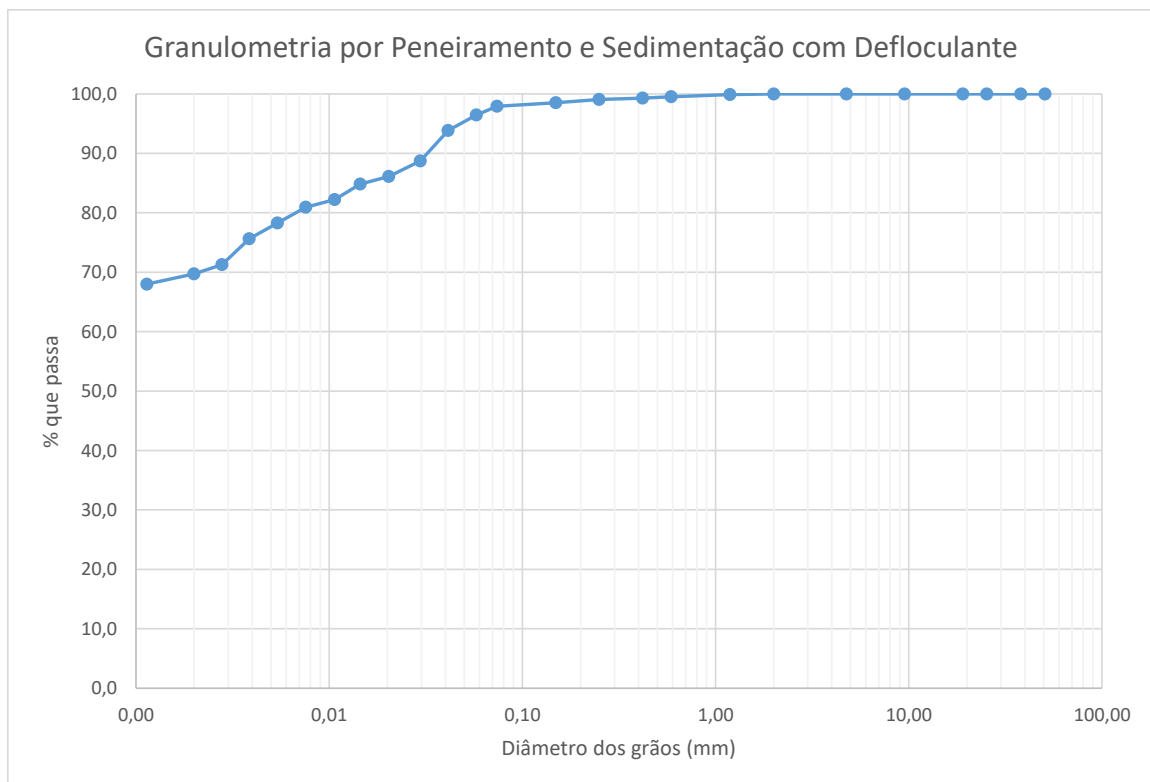
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	161	164		Pic.	4	11	
tara (g)	13,84	14,44		Temp. (°C)	26,6	26,6	
tara + SH (g)	98,5	98,55		Pic. Vazio	147,62	104,26	
tara + SS (g)	87,54	87,76		Pic. + Amostra	207,63	164,31	
Umidade (%)	14,87	14,72		Pic. + Água + Amostra	674,83	457,68	
w (%):	14,8			Pic. + Água	636,60	419,45	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,75	2,75	
				GS ₂₀ :	2,75		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	832,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	724,78		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,00	0,00	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,06	0,06	99,9
30	0,590	0,25	0,30	99,5
40	0,420	0,12	0,43	99,3
60	0,250	0,14	0,57	99,1
100	0,149	0,33	0,90	98,5
200	0,074	0,35	1,25	97,9

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,04	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,034	0,9966	10,5	96,4	0,0579
1 min	60	24,2	1,033	0,9966	10,7	93,9	0,0413
2 min	120	24,2	1,031	0,9966	11,0	88,7	0,0297
4 min	240	24,2	1,030	0,9966	10,4	86,1	0,0204
8 min	480	24,2	1,030	0,9966	10,5	84,8	0,0145
15 min	900	24,1	1,029	0,9966	10,7	82,2	0,0107
30 min	1800	24,1	1,028	0,9966	10,8	80,9	0,0076
1 h	3600	24,0	1,027	0,9966	10,9	78,3	0,0054
2 h	7200	23,8	1,026	0,9966	11,1	75,6	0,0039
4 h	14400	22,9	1,025	0,9968	11,4	71,3	0,0028
8 h	28800	22,3	1,024	0,9969	11,5	69,7	0,0020
24 h	86400	24,0	1,023	0,9966	11,6	68,0	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,9	0,1	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,5
0,590	99,5	0,5	0,20 < Areia média < 0,6	0,7
0,420	99,3	0,7		
0,250	99,1	0,9		
0,149	98,5	1,5	0,06 < Areia fina < 0,20	2,0
0,074	97,9	2,1		
0,0579	96,4	3,6		
0,0413	93,9	6,1	0,002 < Silte < 0,06	27,1
0,0297	88,7	11,3		
0,0204	86,1	13,9		
0,0145	84,8	15,2		
0,0107	82,2	17,8		
0,0076	80,9	19,1		
0,0054	78,3	21,7		
0,0039	75,6	24,4		
0,0028	71,3	28,7		
0,0020	69,7	30,3		
0,0011	68,0	32,0	Argila < 0,002	69,7



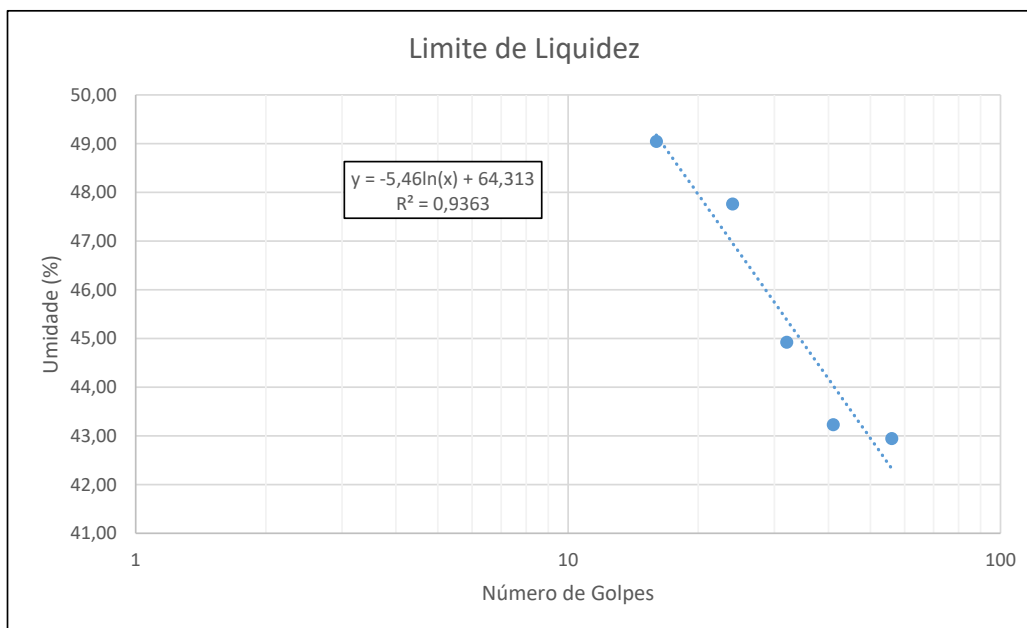
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	3
Data:	28/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
27	26,69	21,58	9,68	5,11	11,90	56	42,94
41	27,48	22,66	11,51	4,82	11,15	41	43,23
30	24,03	19,43	9,19	4,60	10,24	32	44,92
8	27,56	22,45	11,75	5,11	10,70	24	47,76
13	27,33	21,68	10,16	5,65	11,52	16	49,05

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
72	11,05	10,39	8,29	0,66	2,10	31,43	32,57
85	8,08	7,48	5,58	0,60	1,90	31,58	
66	8,66	8,01	6,07	0,65	1,94	33,51	
135	8,22	7,59	5,65	0,63	1,94	32,47	
134	8,04	7,41	5,55	0,63	1,86	33,87	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	46,7
Limite de Plasticidade (%)	32,6
Índice de Plasticidade (%)	14,2



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	4
Data:	21/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	27	26	10	66	31
Solo + Água + Molde (g)	8405	7765	8000	7765	8210
Peso Molde (g)	5625	4720	4620	4260	4770
Peso Solo + Água (g)	2780	3045	3380	3505	3440
Volume Molde (cm ³)	1988	1953	1997	2014	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1398	1559	1693	1740	1730
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1120	1225	1303	1316	1282

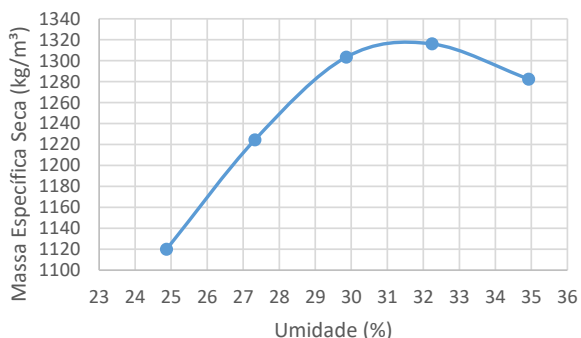
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	20	13	68	92	98	55	78	39	52	36
P. Solo Úm. + C. (g)	72,21	82,36	72,51	74,36	69,08	72,21	77,06	71,29	75,88	69,86
P. Solo S. + Cap. (g)	60,66	68,55	59,60	60,98	55,88	58,80	61,29	56,90	59,41	55,12
Peso Água (g)	11,55	13,81	12,91	13,38	13,20	13,41	15,77	14,39	16,47	14,74
Peso Cápsula (g)	13,94	13,35	11,94	12,44	12,00	13,55	12,43	12,22	12,23	12,93
P. Solo Seco (g)	46,72	55,20	47,66	48,54	43,88	45,25	48,86	44,68	47,18	42,19
Umidade (%)	24,72	25,02	27,09	27,56	30,08	29,64	32,28	32,21	34,91	34,94
Umid. Média (%)	24,87		27,33		29,86		32,24		34,92	

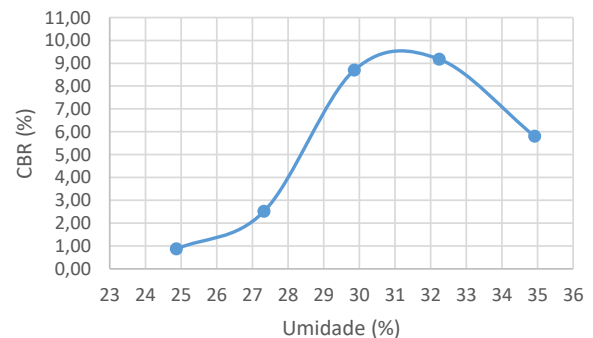
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	31,8
Densidade Máxima (kg/m ³)	1320
Expansão Média (%)	0,16
ISC/CBR Final (%)	9,3

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	1	0,01	
1,25	2	0,02	
2,5	5	0,05	0,72
5	9	0,09	0,87
7,5	13	0,13	
10	14	0,14	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	10	0,1	
2,5	15	0,15	2,17
5	26	0,26	2,51
7,5	32	0,32	
10	35	0,35	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	22	0,22	
1,25	42	0,42	
2,5	60	0,6	8,70
5	77	0,77	7,44
7,5	90	0,9	
10	98	0,98	

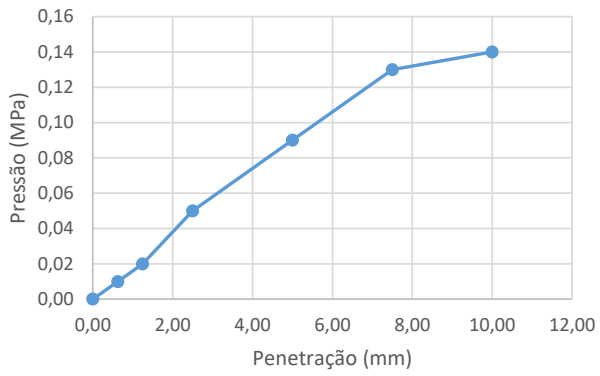
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	31	0,31	
2,5	60	0,6	8,70
5	95	0,95	9,18
7,5	108	1,08	
10	120	1,2	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	9	0,09	
1,25	18	0,18	
2,5	37	0,37	5,36
5	60	0,6	5,80
7,5	76	0,76	
10	79	0,79	

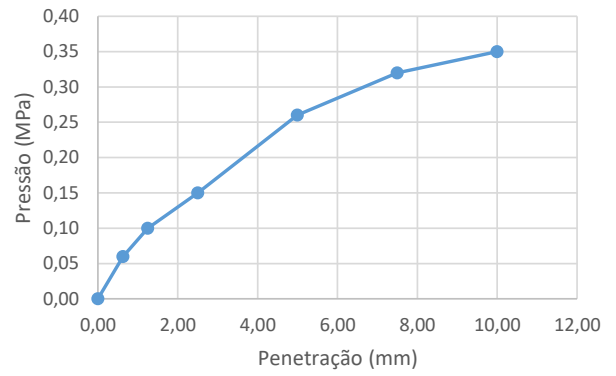
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
27	24,87	0,87	24,87	1120
26	27,33	2,51	27,33	1225
10	29,86	8,70	29,86	1303
66	32,24	9,18	32,24	1316
31	34,92	5,80	34,92	1282

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	27	26	10	66	31
Leitura Inicial	3,00	3,00	4,00	5,00	4,00
Leitura Final	3,39	3,25	4,23	5,02	4,00
L.Final - L.Inicial	0,39	0,25	0,23	0,02	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,34	0,22	0,20	0,02	0,00
Média (%)	0,16				

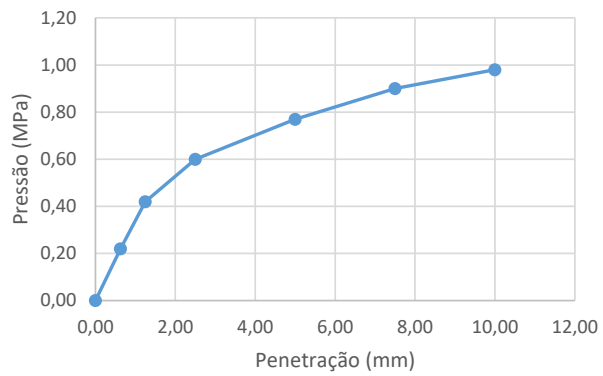
Pressão x Penetração 1



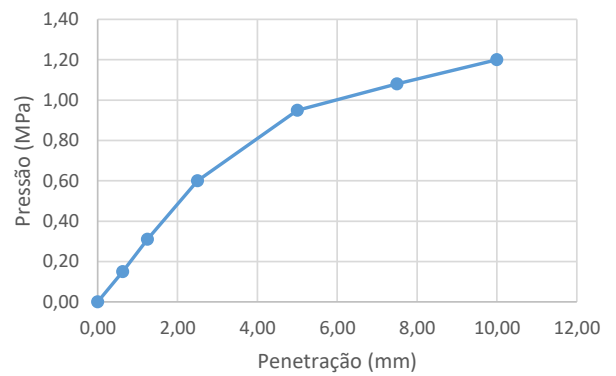
Pressão x Penetração 2



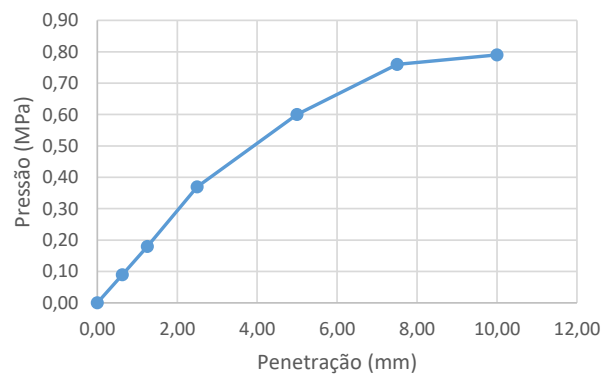
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	4
Data:	28/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

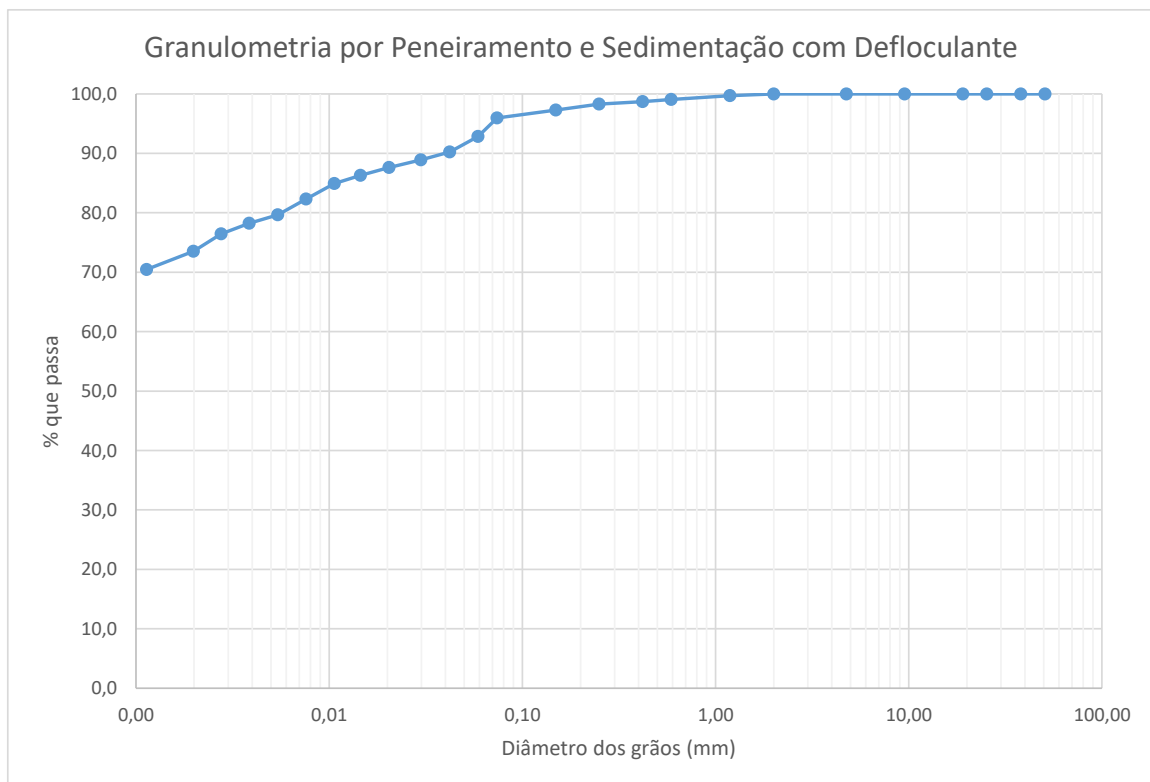
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	95	97		Pic.	1	6	
tara (g)	13,52	12,23		Temp. (°C)	27,0	27,0	
tara + SH (g)	89,16	88,9		Pic. Vazio	99,47	100,55	
tara + SS (g)	78,37	78		Pic. + Amostra	159,57	160,59	
Umidade (%)	16,64	16,57		Pic. + Água + Amostra	454,35	455,59	
w (%):	16,6			Pic. + Água	416,14	417,42	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,74	2,74	
				GS ₂₀ :	2,74		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	514,55		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,00	0,00	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,18	0,18	99,7
30	0,590	0,38	0,57	99,1
40	0,420	0,20	0,77	98,7
60	0,250	0,26	1,03	98,3
100	0,149	0,60	1,62	97,3
200	0,074	0,82	2,44	95,9

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,06	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,032	0,9966	10,9	92,9	0,0590
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,0	90,2	0,0421
2 min	120	24,2	1,031	0,9966	11,1	88,9	0,0299
4 min	240	24,2	1,030	0,9966	10,4	87,6	0,0204
8 min	480	24,2	1,030	0,9966	10,5	86,3	0,0145
15 min	900	24,1	1,029	0,9966	10,6	84,9	0,0107
30 min	1800	24,1	1,028	0,9966	10,8	82,3	0,0076
1 h	3600	24,0	1,027	0,9966	10,9	79,6	0,0054
2 h	7200	23,8	1,027	0,9966	11,0	78,2	0,0039
4 h	14400	22,9	1,026	0,9968	11,1	76,5	0,0028
8 h	28800	22,3	1,025	0,9969	11,3	73,5	0,0020
24 h	86400	24,0	1,024	0,9966	11,6	70,5	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,7	0,3	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,9
0,590	99,1	0,9	0,20 < Areia média < 0,6	1,3
0,420	98,7	1,3		
0,250	98,3	1,7		
0,149	97,3	2,7	0,06 < Areia fina < 0,20	4,8
0,074	95,9	4,1		
0,0590	92,9	7,1		
0,0421	90,2	9,8	0,002 < Silte < 0,06	19,4
0,0299	88,9	11,1		
0,0204	87,6	12,4		
0,0145	86,3	13,7		
0,0107	84,9	15,1		
0,0076	82,3	17,7		
0,0054	79,6	20,4		
0,0039	78,2	21,8		
0,0028	76,5	23,5		
0,0020	73,5	26,5		
0,0011	70,5	29,5	Argila < 0,002	73,6



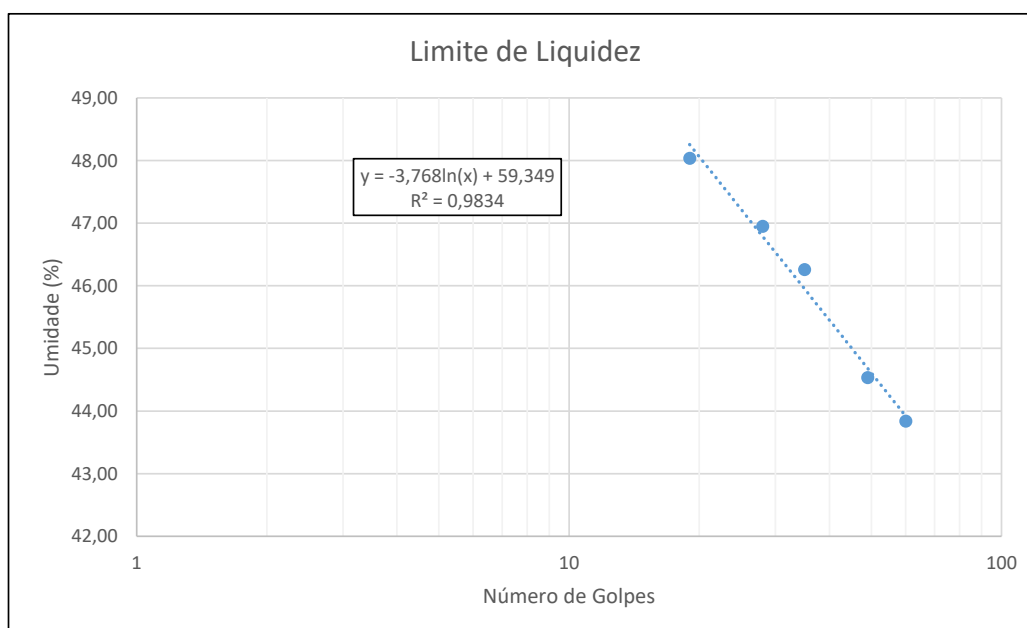
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	4
Data:	28/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
28	28,03	22,66	10,41	5,37	12,25	60	43,84
23	29,10	23,93	12,32	5,17	11,61	49	44,53
19	26,22	20,84	9,21	5,38	11,63	35	46,26
26	28,88	23,26	11,29	5,62	11,97	28	46,95
10	26,36	21,10	10,15	5,26	10,95	19	48,04

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
64	8,26	7,62	5,53	0,64	2,09	30,62	30,59
93	8,98	8,35	6,24	0,63	2,11	29,86	
94	8,99	8,36	6,38	0,63	1,98	31,82	
57	8,54	7,89	5,78	0,65	2,11	30,81	
56	7,59	7,02	5,11	0,57	1,91	29,84	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	47,2
Limite de Plasticidade (%)	30,6
Índice de Plasticidade (%)	16,6



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	5
Data:	21/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	88	89	78	74	70
Solo + Água + Molde (g)	7115	8050	7800	7915	7940
Peso Molde (g)	4270	4870	4385	4310	4305
Peso Solo + Água (g)	2845	3180	3415	3605	3635
Volume Molde (cm ³)	2059	2050	2050	2069	2078
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1382	1551	1666	1742	1749
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1104	1216	1283	1323	1297

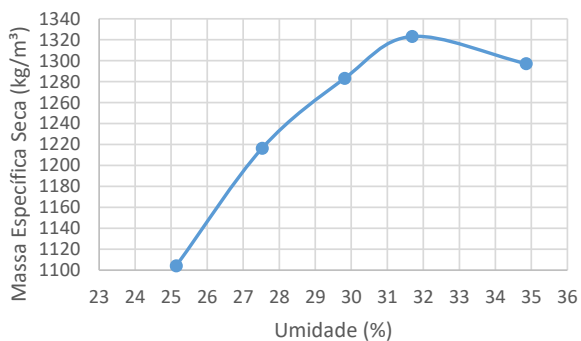
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	162	121	127	112	114	161	156	122	152	111
P. Solo Úm. + C. (g)	88,63	101,13	89,11	62,77	82,01	82,74	86,62	81,32	86,83	84,14
P. Solo S. + Cap. (g)	73,59	85,24	73,31	51,64	66,37	66,80	69,46	64,90	67,86	66,53
Peso Água (g)	15,04	15,89	15,80	11,13	15,64	15,94	17,16	16,42	18,97	17,61
Peso Cápsula (g)	13,83	21,96	15,67	11,37	13,41	13,85	14,09	14,21	13,76	15,69
P. Solo Seco (g)	59,76	63,28	57,64	40,27	52,96	52,95	55,37	50,69	54,10	50,84
Umidade (%)	25,17	25,11	27,41	27,64	29,53	30,10	30,99	32,39	35,06	34,64
Umid. Média (%)	25,14		27,52		29,82		31,69		34,85	

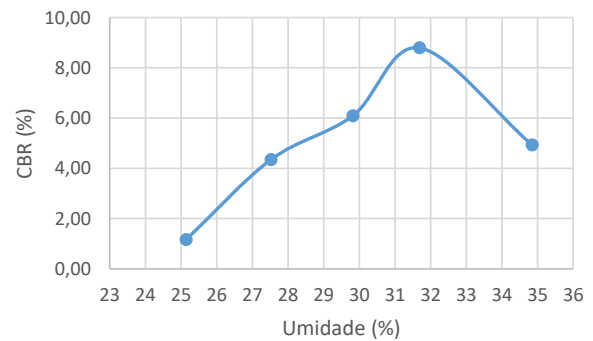
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	31,7
Densidade Máxima (kg/m ³)	1322
Expansão Média (%)	0,15
ISC/CBR Final (%)	8,8

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	5	0,05	
2,5	8	0,08	1,16
5	12	0,12	1,16
7,5	13	0,13	
10	13	0,13	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	21	0,21	
2,5	30	0,3	4,35
5	38	0,38	3,67
7,5	45	0,45	
10	49	0,49	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	20	0,2	
1,25	30	0,3	
2,5	42	0,42	6,09
5	60	0,6	5,80
7,5	72	0,72	
10	79	0,79	

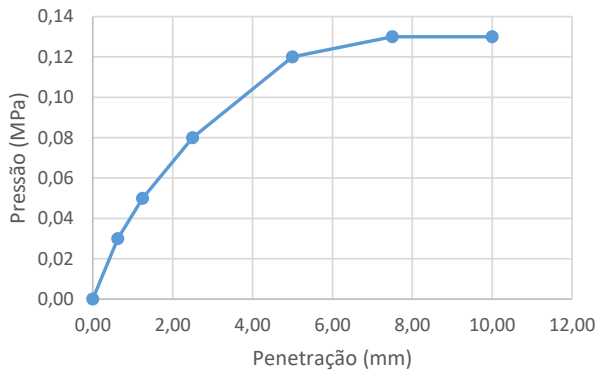
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	12	0,12	
1,25	31	0,31	
2,5	58	0,58	8,41
5	91	0,91	8,79
7,5	106	1,06	
10	115	1,15	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	13	0,13	
2,5	26	0,26	3,77
5	51	0,51	4,93
7,5	67	0,67	
10	72	0,72	

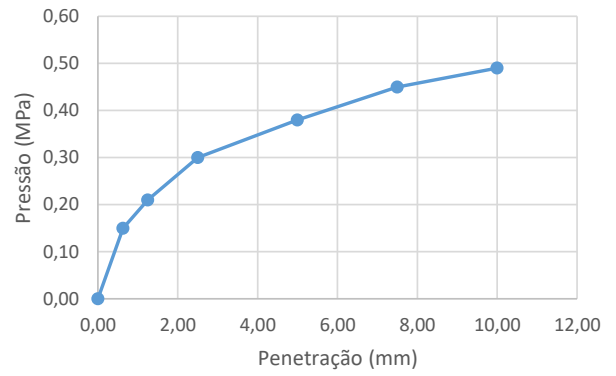
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
88	25,14	1,16	25,14	1104
89	27,52	4,35	27,52	1216
78	29,82	6,09	29,82	1283
74	31,69	8,79	31,69	1323
70	34,85	4,93	34,85	1297

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	88	89	78	74	70
Leitura Inicial	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00
Leitura Final	3,39	3,28	3,16	4,02	2,99
L.Final - L.Inicial	0,39	0,28	0,16	0,02	-0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,34	0,25	0,14	0,02	-0,01
Média (%)	0,15				

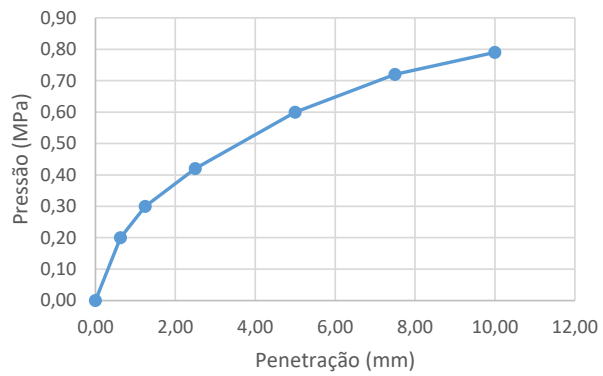
Pressão x Penetração 1



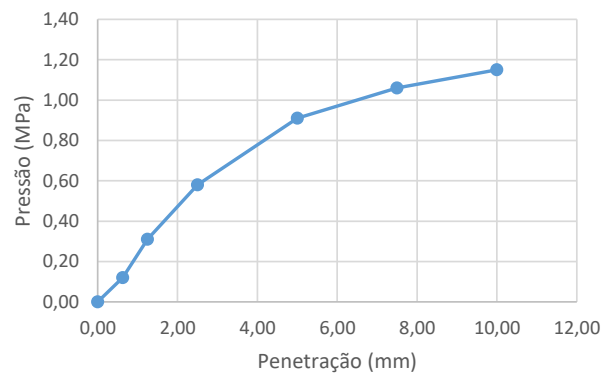
Pressão x Penetração 2



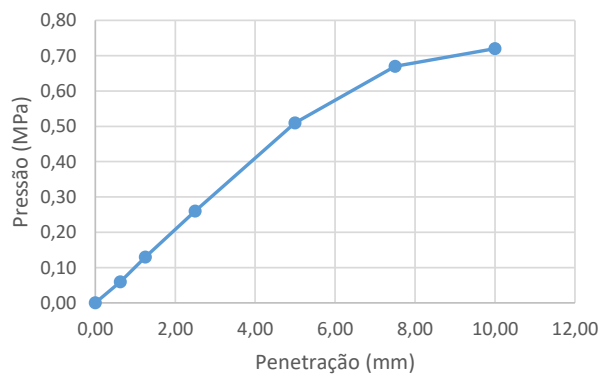
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	5
Data:	28/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

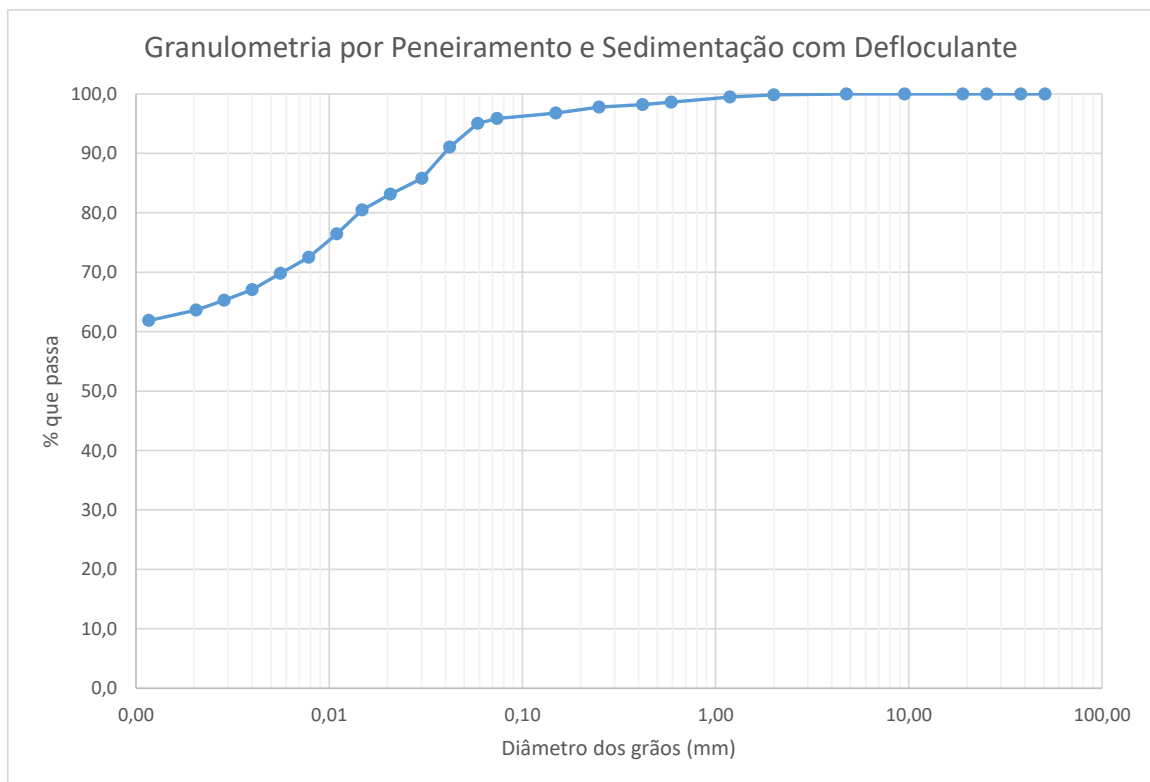
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	85	9		Pic.	9	14	
tara (g)	13,07	11,69		Temp. (°C)	26,8	26,8	
tara + SH (g)	79,71	75,2		Pic. Vazio	102,54	96,93	
tara + SS (g)	69,97	65,38		Pic. + Amostra	162,54	156,96	
Umidade (%)	17,12	18,29		Pic. + Água + Amostra	452,64	447,42	
w (%):	17,7			Pic. + Água	414,49	409,29	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,74	2,74	
				GS ₂₀ :	2,74		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	601,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	510,73		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,82	0,82	99,8

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,21	0,21	99,5
30	0,590	0,52	0,73	98,6
40	0,420	0,24	0,97	98,2
60	0,250	0,25	1,22	97,8
100	0,149	0,60	1,82	96,8
200	0,074	0,54	2,36	95,9

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,00	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,033	0,9966	10,8	95,0	0,0588
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,0	91,1	0,0421
2 min	120	24,2	1,029	0,9966	11,4	85,8	0,0302
4 min	240	24,2	1,028	0,9966	10,8	83,1	0,0208
8 min	480	24,2	1,027	0,9966	10,9	80,5	0,0148
15 min	900	24,1	1,026	0,9966	11,2	76,5	0,0110
30 min	1800	24,1	1,024	0,9966	11,5	72,5	0,0078
1 h	3600	24,0	1,023	0,9966	11,6	69,8	0,0056
2 h	7200	23,8	1,022	0,9966	11,8	67,1	0,0040
4 h	14400	22,9	1,022	0,9968	11,9	65,3	0,0029
8 h	28800	22,3	1,021	0,9969	12,0	63,6	0,0020
24 h	86400	24,0	1,020	0,9966	12,2	61,9	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,8	0,2	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,2
1,190	99,5	0,5	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,2
0,590	98,6	1,4	0,20 < Areia média < 0,6	1,3
0,420	98,2	1,8		
0,250	97,8	2,2		
0,149	96,8	3,2	0,06 < Areia fina < 0,20	2,0
0,074	95,9	4,1		
0,0588	95,0	5,0		
0,0421	91,1	8,9	0,002 < Silte < 0,06	31,8
0,0302	85,8	14,2		
0,0208	83,1	16,9		
0,0148	80,5	19,5		
0,0110	76,5	23,5		
0,0078	72,5	27,5		
0,0056	69,8	30,2		
0,0040	67,1	32,9		
0,0029	65,3	34,7		
0,0020	63,6	36,4		
0,0012	61,9	38,1	Argila < 0,002	63,5



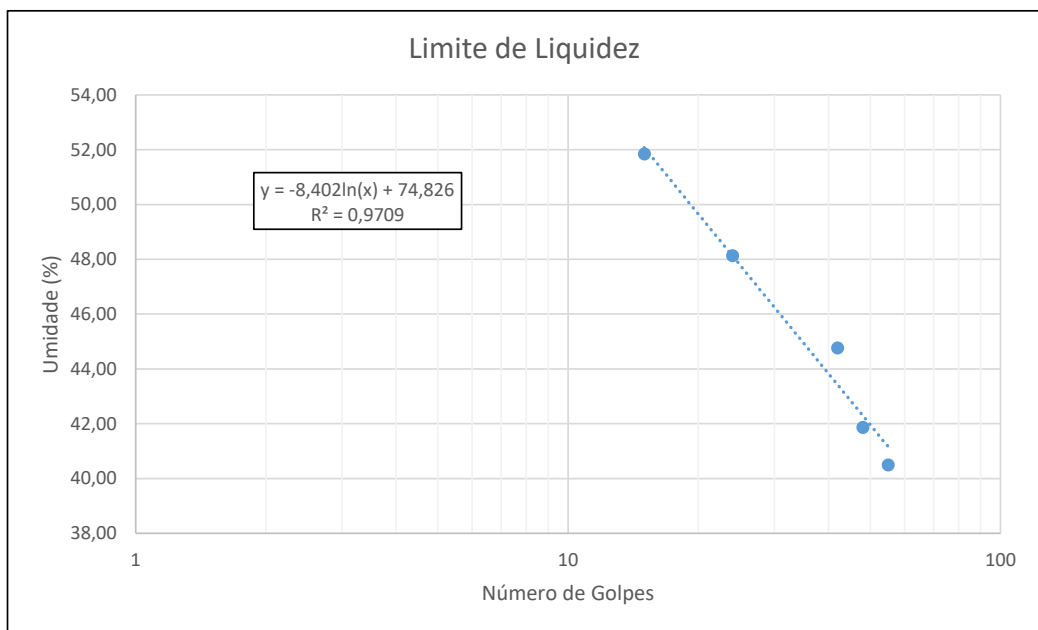
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	5
Data:	21/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
33	26,03	21,71	11,04	4,32	10,67	55	40,49
4	26,47	21,92	11,05	4,55	10,87	48	41,86
25	26,99	22,03	10,95	4,96	11,08	42	44,77
42	26,75	21,36	10,16	5,39	11,20	24	48,13
20	29,17	22,69	10,19	6,48	12,50	15	51,84

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
63	8,26	7,77	6,31	0,49	1,46	33,56	32,71
84	7,61	7,13	5,67	0,48	1,46	32,88	
93	8,30	7,79	6,25	0,51	1,54	33,12	
74	8,88	8,41	6,91	0,47	1,50	31,33	
119	8,17	7,68	6,18	0,49	1,50	32,67	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	47,8
Limite de Plasticidade (%)	32,7
Índice de Plasticidade (%)	15,1



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	6
Data:	19/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	76	53	15	30	2
Solo + Água + Molde (g)	7255	7880	8055	8295	8270
Peso Molde (g)	4410	4840	4740	4730	4710
Peso Solo + Água (g)	2845	3040	3315	3565	3560
Volume Molde (cm ³)	2123	1988	1997	1988	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1340	1529	1660	1793	1791
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1080	1200	1279	1355	1324

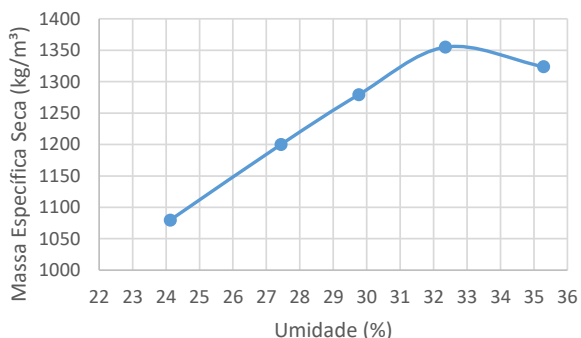
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	41	54	99	79	70	80	32	29	44	12
P. Solo Úm. + C. (g)	81,09	84,62	72,63	82,39	76,21	77,92	75,16	76,01	78,58	75,02
P. Solo S. + Cap. (g)	67,30	70,62	60,10	67,23	61,71	62,93	59,63	60,43	61,42	58,70
Peso Água (g)	13,79	14,00	12,53	15,16	14,50	14,99	15,53	15,58	17,16	16,32
Peso Cápsula (g)	11,08	11,59	13,99	12,49	13,19	12,36	11,68	12,22	12,81	12,42
P. Solo Seco (g)	56,22	59,03	46,11	54,74	48,52	50,57	47,95	48,21	48,61	46,28
Umidade (%)	24,53	23,72	27,17	27,69	29,88	29,64	32,39	32,32	35,30	35,26
Umid. Média (%)	24,12		27,43		29,76		32,35		35,28	

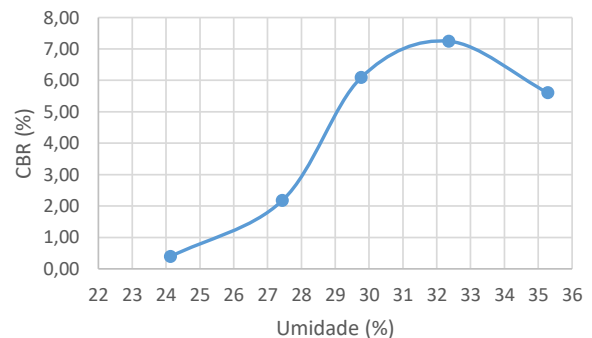
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,6
Densidade Máxima (kg/m ³)	1350
Expansão Média (%)	0,14
ISC/CBR Final (%)	7,2

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	1	0,01	
1,25	1	0,01	
2,5	2	0,02	0,29
5	4	0,04	0,39
7,5	5	0,05	
10	6	0,06	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	10	0,1	
2,5	15	0,15	2,17
5	22	0,22	2,13
7,5	28	0,28	
10	32	0,32	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	28	0,28	
2,5	42	0,42	6,09
5	57	0,57	5,51
7,5	68	0,68	
10	75	0,75	

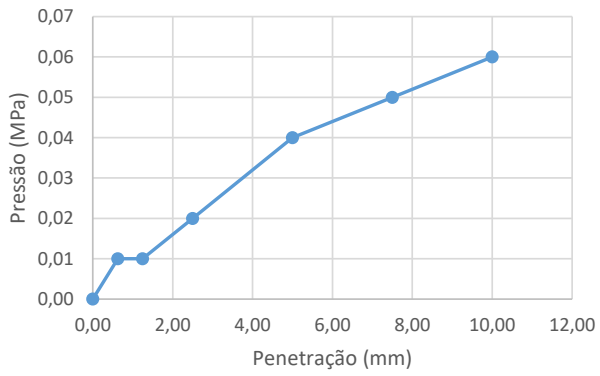
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	11	0,11	
1,25	25	0,25	
2,5	47	0,47	6,81
5	75	0,75	7,25
7,5	88	0,88	
10	98	0,98	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	9	0,09	
1,25	17	0,17	
2,5	35	0,35	5,07
5	58	0,58	5,60
7,5	73	0,73	
10	76	0,76	

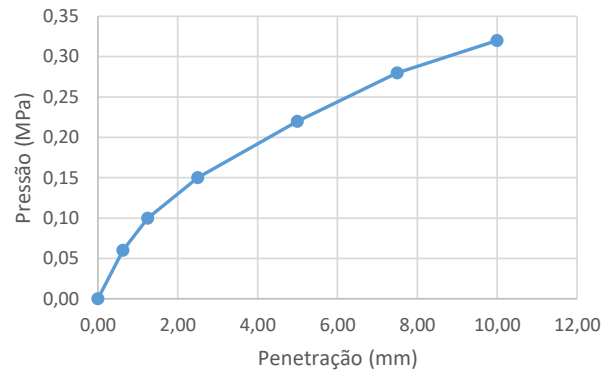
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
76	24,12	0,39	24,12	1080
53	27,43	2,17	27,43	1200
15	29,76	6,09	29,76	1279
30	32,35	7,25	32,35	1355
2	35,28	5,60	35,28	1324

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	76	53	15	30	2
Leitura Inicial	4,00	4,00	5,00	5,00	4,00
Leitura Final	4,41	4,21	5,09	5,09	4,01
L.Final - L.Inicial	0,41	0,21	0,09	0,09	0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,36	0,18	0,08	0,08	0,01
Média (%)	0,14				

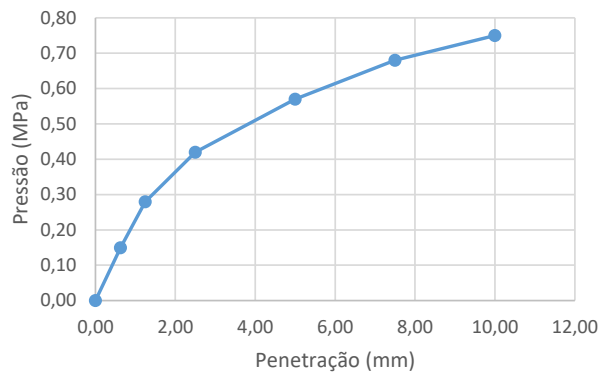
Pressão x Penetração 1



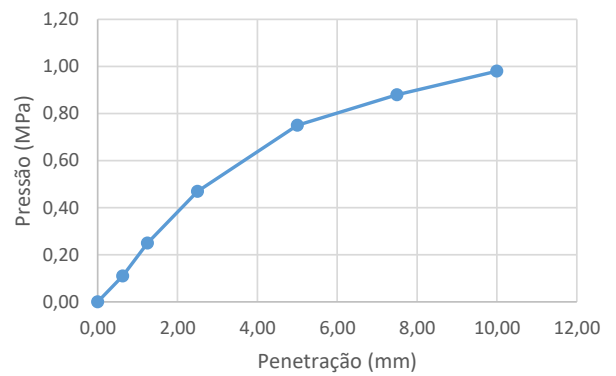
Pressão x Penetração 2



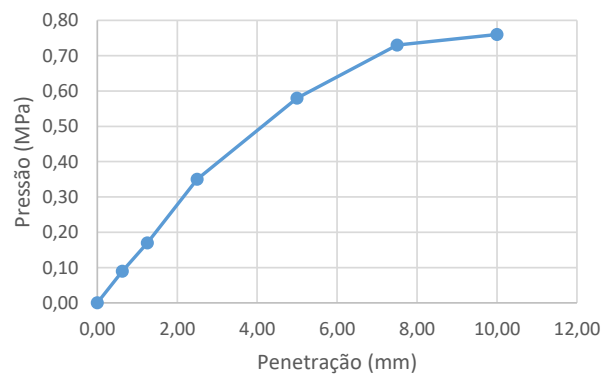
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	6	
Data:	22/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

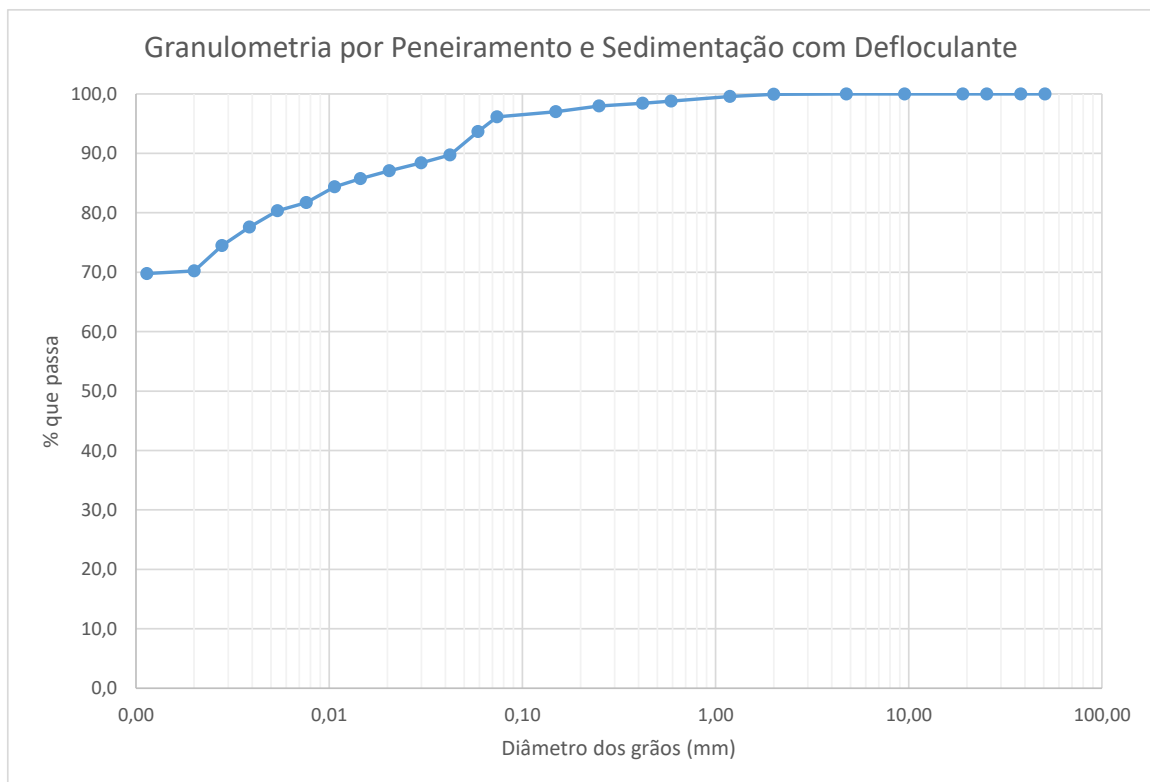
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	158	322		Pic.	7	10	
tara (g)	12,92	12,27		Temp. (°C)	25,9	25,9	
tara + SH (g)	94,48	83,24		Pic. Vazio	101,45	109,22	
tara + SS (g)	81,48	73,17		Pic. + Amostra	161,52	169,27	
Umidade (%)	18,96	16,54		Pic. + Água + Amostra	440,36	461,84	
w (%):	17,7			Pic. + Água	402,14	423,64	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,75	2,74	
				GS ₂₀ :	2,74		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	601,5			Massa total da amostra seca Ms (g) =	510,88		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,28	0,28	99,9

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,23	0,23	99,6
30	0,590	0,46	0,69	98,8
40	0,420	0,22	0,91	98,4
60	0,250	0,26	1,17	98,0
100	0,149	0,58	1,75	97,0
200	0,074	0,51	2,26	96,1

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,03	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,032	0,9966	10,9	93,7	0,0589
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,1	89,7	0,0422
2 min	120	24,2	1,030	0,9966	11,2	88,4	0,0299
4 min	240	24,2	1,030	0,9966	10,5	87,1	0,0205
8 min	480	24,2	1,029	0,9966	10,6	85,7	0,0146
15 min	900	24,1	1,029	0,9966	10,7	84,4	0,0107
30 min	1800	24,1	1,028	0,9966	10,9	81,7	0,0076
1 h	3600	24,0	1,027	0,9966	10,9	80,4	0,0054
2 h	7200	23,8	1,026	0,9966	11,1	77,6	0,0039
4 h	14400	22,9	1,025	0,9968	11,3	74,5	0,0028
8 h	28800	22,3	1,024	0,9969	11,6	70,2	0,0020
24 h	86400	24,0	1,023	0,9966	11,6	69,8	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,9	0,1	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,1
1,190	99,6	0,4	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,1
0,590	98,8	1,2	0,20 < Areia média < 0,6	1,3
0,420	98,4	1,6		
0,250	98,0	2,0		
0,149	97,0	3,0	0,06 < Areia fina < 0,20	3,6
0,074	96,1	3,9		
0,0589	93,7	6,3		
0,0422	89,7	10,3	0,002 < Silte < 0,06	23,7
0,0299	88,4	11,6		
0,0205	87,1	12,9		
0,0146	85,7	14,3		
0,0107	84,4	15,6		
0,0076	81,7	18,3		
0,0054	80,4	19,6		
0,0039	77,6	22,4		
0,0028	74,5	25,5		
0,0020	70,2	29,8		
0,0011	69,8	30,2	Argila < 0,002	70,2



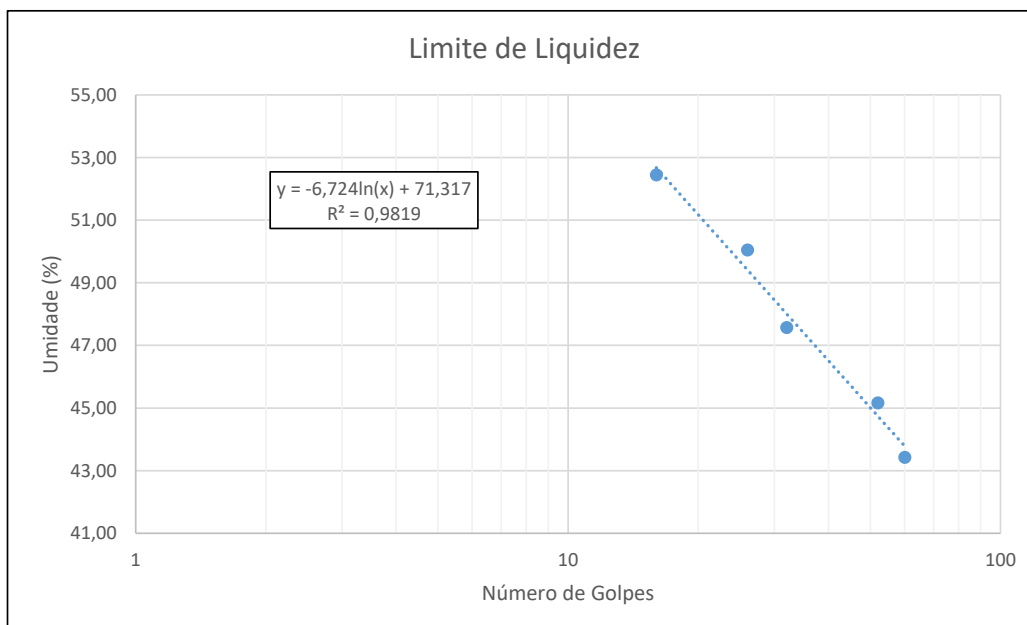
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	6
Data:	21/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
21	28,54	23,49	11,86	5,05	11,63	60	43,42
52	28,01	22,88	11,52	5,13	11,36	52	45,16
47	24,40	19,61	9,54	4,79	10,07	32	47,57
15	27,80	21,90	10,11	5,90	11,79	26	50,04
1	28,04	22,24	11,18	5,80	11,06	16	52,44

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
72	10,36	9,82	8,29	0,54	1,53	35,29	34,24
99	7,71	7,18	5,58	0,53	1,60	33,13	
66	8,05	7,55	6,07	0,50	1,48	33,78	
85	7,64	7,11	5,57	0,53	1,54	34,42	
90	7,98	7,43	5,84	0,55	1,59	34,59	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	49,7
Limite de Plasticidade (%)	34,2
Índice de Plasticidade (%)	15,4



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	7
Data:	19/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	49	24	39	87	72
Solo + Água + Molde (g)	7635	7895	8850	8460	7895
Peso Molde (g)	4750	4720	5540	4880	4285
Peso Solo + Água (g)	2885	3175	3310	3580	3610
Volume Molde (cm ³)	1988	1988	1988	2024	2050
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1451	1597	1665	1769	1761
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1151	1241	1276	1337	1300

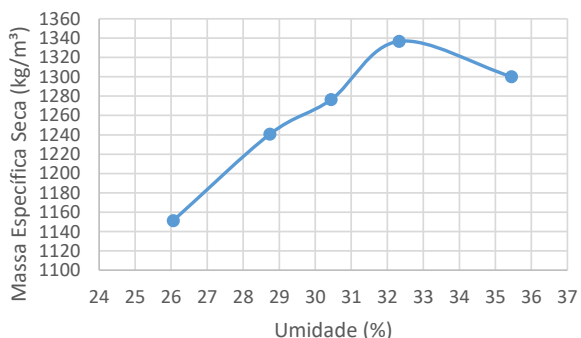
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	21	102	46	90	67	58	28	87	97	59
P. Solo Úm. + C. (g)	78,68	77,44	82,53	77,97	67,11	72,05	82,15	78,72	83,01	80,47
P. Solo S. + Cap. (g)	65,17	63,94	66,62	63,53	54,63	58,52	65,42	62,68	64,69	62,74
Peso Água (g)	13,51	13,50	15,91	14,44	12,48	13,53	16,73	16,04	18,32	17,73
Peso Cápsula (g)	13,37	12,08	11,83	12,75	13,47	14,25	13,33	13,37	13,66	12,07
P. Solo Seco (g)	51,80	51,86	54,79	50,78	41,16	44,27	52,09	49,31	51,03	50,67
Umidade (%)	26,08	26,03	29,04	28,44	30,32	30,56	32,12	32,53	35,90	34,99
Umid. Média (%)	26,06		28,74		30,44		32,32		35,45	

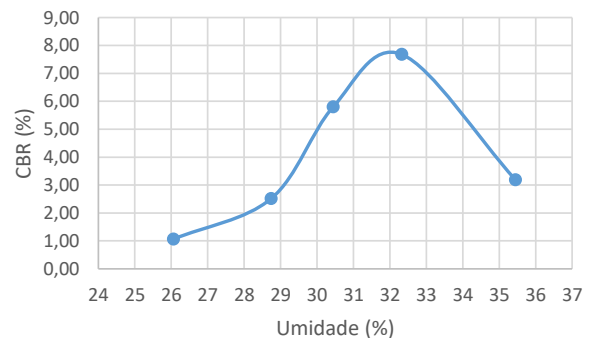
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,4
Densidade Máxima (kg/m ³)	1338
Expansão Média (%)	0,12
ISC/CBR Final (%)	7,6

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	4	0,04	
2,5	7	0,07	1,01
5	11	0,11	1,06
7,5	15	0,15	
10	17	0,17	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	10	0,1	
2,5	16	0,16	2,32
5	26	0,26	2,51
7,5	33	0,33	
10	36	0,36	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	11	0,11	
1,25	22	0,22	
2,5	39	0,39	5,65
5	60	0,6	5,80
7,5	74	0,74	
10	81	0,81	

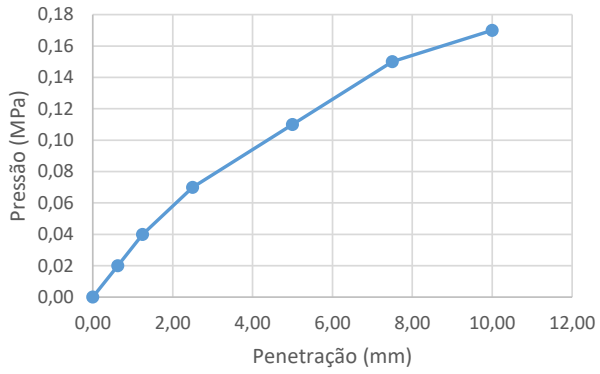
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	17	0,17	
1,25	35	0,35	
2,5	53	0,53	7,68
5	78	0,78	7,54
7,5	98	0,98	
10	107	1,07	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	4	0,04	
1,25	8	0,08	
2,5	17	0,17	2,46
5	33	0,33	3,19
7,5	47	0,47	
10	53	0,53	

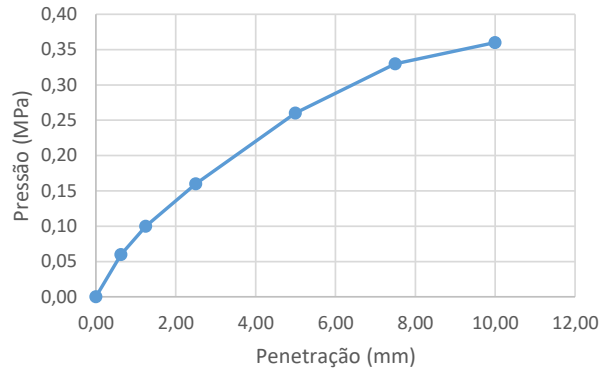
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
49	26,06	1,06	26,06	1151
24	28,74	2,51	28,74	1241
39	30,44	5,80	30,44	1276
87	32,32	7,68	32,32	1337
72	35,45	3,19	35,45	1300

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	49	24	39	87	72
Leitura Inicial	3,00	3,00	4,00	6,00	4,00
Leitura Final	3,37	3,20	4,12	6,02	3,96
L.Final - L.Inicial	0,37	0,20	0,12	0,02	-0,04
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,32	0,18	0,11	0,02	-0,04
Média (%)	0,12				

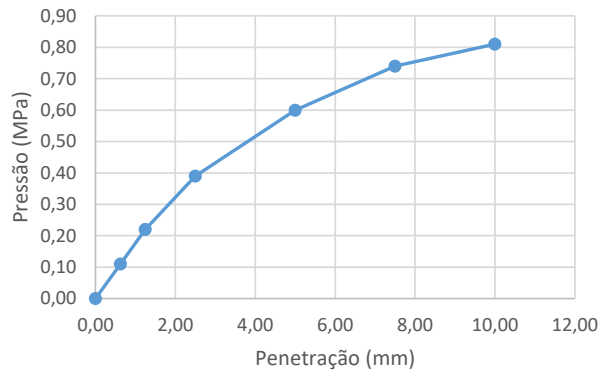
Pressão x Penetração 1



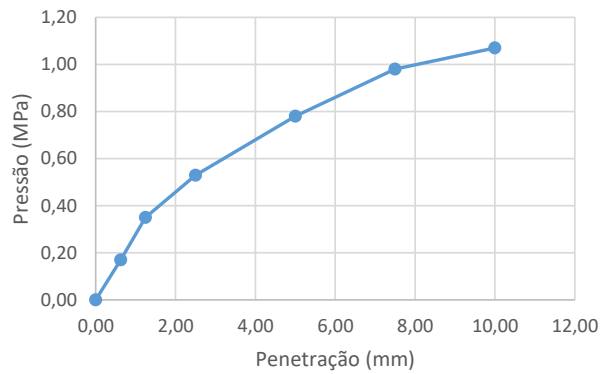
Pressão x Penetração 2



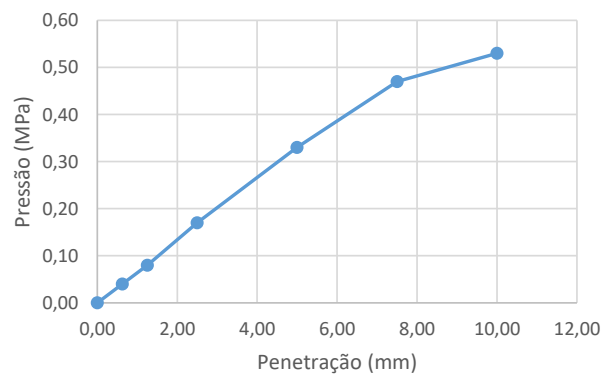
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	7
Data:	27/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

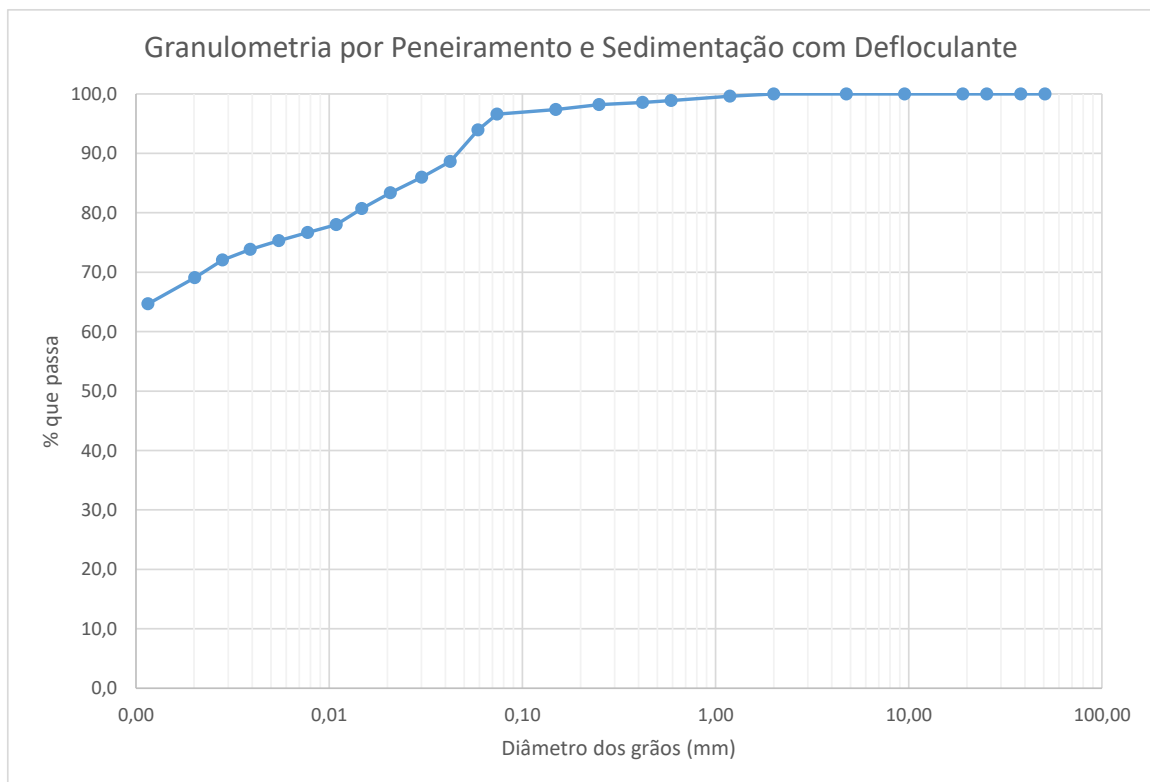
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	136	145		Pic.	12	13	
tara (g)	14,24	13,85		Temp. (°C)	27,5	27,5	
tara + SH (g)	91,29	87,62		Pic. Vazio	98,23	99,13	
tara + SS (g)	79,62	76,22		Pic. + Amostra	158,23	159,19	
Umidade (%)	17,85	18,28		Pic. + Água + Amostra	452,39	455,28	
w (%):	18,1			Pic. + Água	414,24	417,02	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,74	2,75	
				GS ₂₀ :	2,74		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	602,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	509,89		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,00	0,00	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,23	0,23	99,6
30	0,590	0,43	0,66	98,9
40	0,420	0,20	0,86	98,5
60	0,250	0,21	1,07	98,2
100	0,149	0,49	1,55	97,4
200	0,074	0,47	2,02	96,6

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,05	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,032	0,9966	10,9	93,9	0,0589
1 min	60	24,2	1,030	0,9966	11,2	88,6	0,0423
2 min	120	24,2	1,029	0,9966	11,4	86,0	0,0302
4 min	240	24,2	1,028	0,9966	10,8	83,3	0,0207
8 min	480	24,2	1,027	0,9966	10,9	80,7	0,0148
15 min	900	24,1	1,026	0,9966	11,1	78,0	0,0109
30 min	1800	24,1	1,026	0,9966	11,2	76,7	0,0077
1 h	3600	24,0	1,025	0,9966	11,3	75,3	0,0055
2 h	7200	23,8	1,025	0,9966	11,4	73,9	0,0039
4 h	14400	22,9	1,024	0,9968	11,5	72,1	0,0028
8 h	28800	22,3	1,023	0,9969	11,6	69,1	0,0020
24 h	86400	24,0	1,021	0,9966	12,0	64,7	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,6	0,4	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,1
0,590	98,9	1,1	0,20 < Areia média < 0,6	1,1
0,420	98,5	1,5		
0,250	98,2	1,8		
0,149	97,4	2,6	0,06 < Areia fina < 0,20	3,5
0,074	96,6	3,4		
0,0589	93,9	6,1		
0,0423	88,6	11,4	0,002 < Silte < 0,06	25,3
0,0302	86,0	14,0		
0,0207	83,3	16,7		
0,0148	80,7	19,3		
0,0109	78,0	22,0		
0,0077	76,7	23,3		
0,0055	75,3	24,7		
0,0039	73,9	26,1		
0,0028	72,1	27,9		
0,0020	69,1	30,9		
0,0012	64,7	35,3	Argila < 0,002	69,0



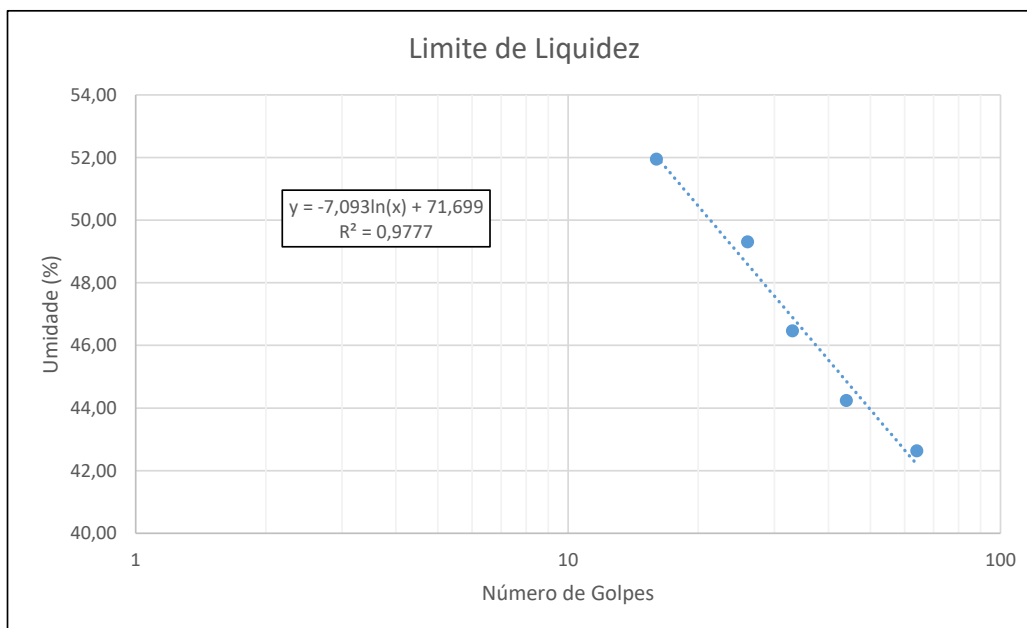
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	7
Data:	22/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
28	25,59	21,05	10,40	4,54	10,65	64	42,63
5	29,26	23,88	11,72	5,38	12,16	44	44,24
41	27,45	22,39	11,50	5,06	10,89	33	46,46
22	26,44	21,13	10,36	5,31	10,77	26	49,30
8	28,54	22,80	11,75	5,74	11,05	16	51,95

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
128	8,99	8,40	6,59	0,59	1,81	32,60	33,94
131	8,22	7,60	5,81	0,62	1,79	34,64	
81	8,19	7,52	5,53	0,67	1,99	33,67	
106	8,36	7,71	5,84	0,65	1,87	34,76	
118	8,50	7,87	6,02	0,63	1,85	34,05	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	48,9
Limite de Plasticidade (%)	33,9
Índice de Plasticidade (%)	14,9



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	8
Data:	25/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	31	34	89	16	18
Solo + Água + Molde (g)	7670	7880	8400	8205	8210
Peso Molde (g)	4770	4700	4870	4655	4745
Peso Solo + Água (g)	2900	3180	3530	3550	3465
Volume Molde (cm ³)	1988	1979	2050	2015	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1459	1607	1722	1762	1743
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1156	1245	1312	1324	1285

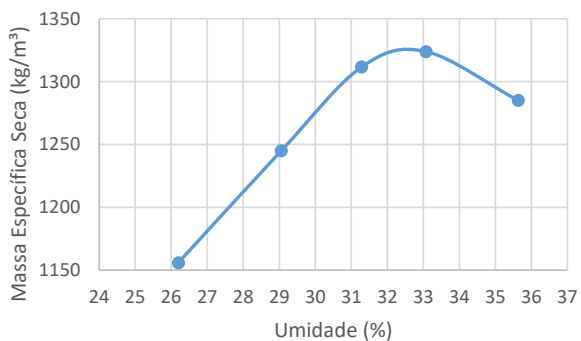
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	108	172	150	160	16	17	23	95	75	77
P. Solo Úm. + C. (g)	81,98	76,93	84,87	85,99	66,36	71,71	77,54	81,05	69,89	72,40
P. Solo S. + Cap. (g)	67,97	63,88	68,90	69,18	53,37	57,75	61,45	64,24	55,08	56,68
Peso Água (g)	14,01	13,05	15,97	16,81	12,99	13,96	16,09	16,81	14,81	15,72
Peso Cápsula (g)	13,92	14,59	13,28	12,01	12,05	12,91	12,69	13,52	13,09	13,01
P. Solo Seco (g)	54,05	49,29	55,62	57,17	41,32	44,84	48,76	50,72	41,99	43,67
Umidade (%)	25,92	26,48	28,71	29,40	31,44	31,13	33,00	33,14	35,27	36,00
Umid. Média (%)	26,20		29,06		31,29		33,07		35,63	

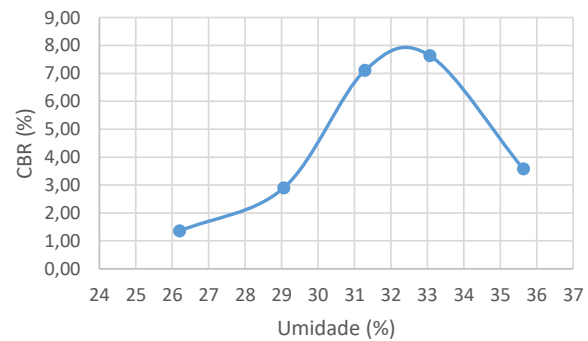
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,6
Densidade Máxima (kg/m ³)	1325
Expansão Média (%)	0,19
ISC/CBR Final (%)	7,8

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	5	0,05	
2,5	9	0,09	1,30
5	14	0,14	1,35
7,5	20	0,2	
10	22	0,22	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	10	0,1	
2,5	17	0,17	2,46
5	30	0,3	2,90
7,5	42	0,42	
10	46	0,46	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	22	0,22	
1,25	37	0,37	
2,5	49	0,49	7,10
5	70	0,7	6,76
7,5	83	0,83	
10	90	0,9	

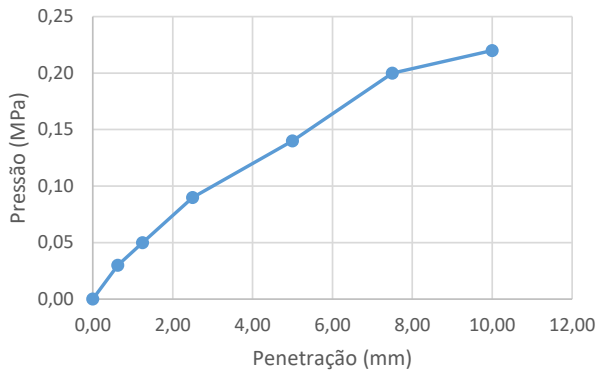
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	22	0,22	
1,25	40	0,4	
2,5	51	0,51	7,39
5	79	0,79	7,63
7,5	94	0,94	
10	106	1,06	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	4	0,04	
1,25	9	0,09	
2,5	19	0,19	2,75
5	37	0,37	3,57
7,5	50	0,5	
10	55	0,55	

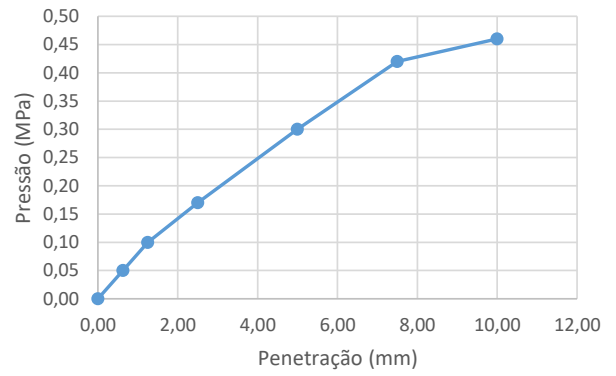
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
31	26,20	1,35	26,20	1156
34	29,06	2,90	29,06	1245
89	31,29	7,10	31,29	1312
16	33,07	7,63	33,07	1324
18	35,63	3,57	35,63	1285

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	31	34	89	16	18
Leitura Inicial	3,00	5,00	3,00	4,00	3,00
Leitura Final	3,42	5,40	3,14	4,11	3,03
L.Final - L.Inicial	0,42	0,40	0,14	0,11	0,03
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,37	0,35	0,12	0,10	0,03
Média (%)	0,19				

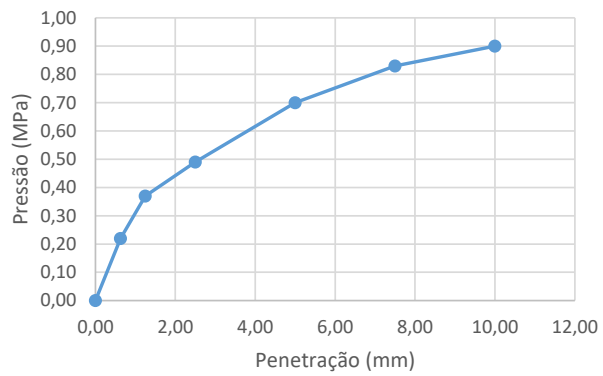
Pressão x Penetração 1



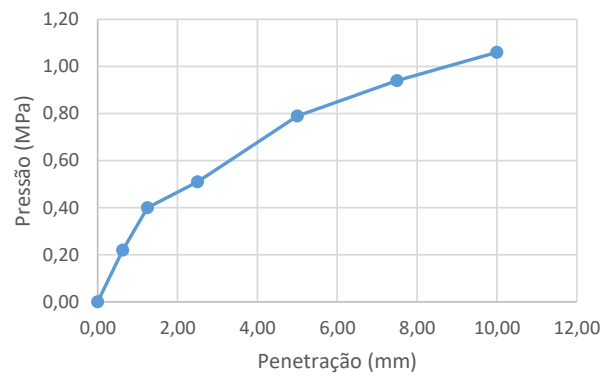
Pressão x Penetração 2



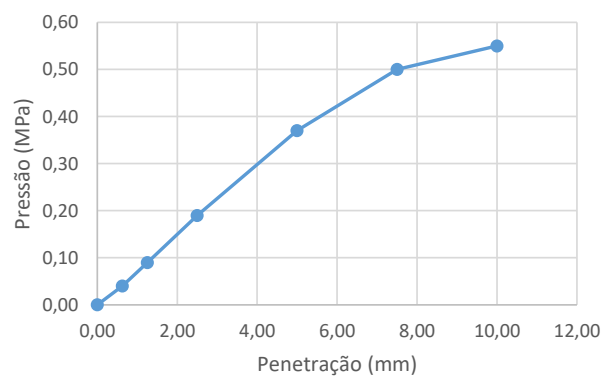
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	8	
Data:	03/11/2021	Camada:	SUBLEITO				

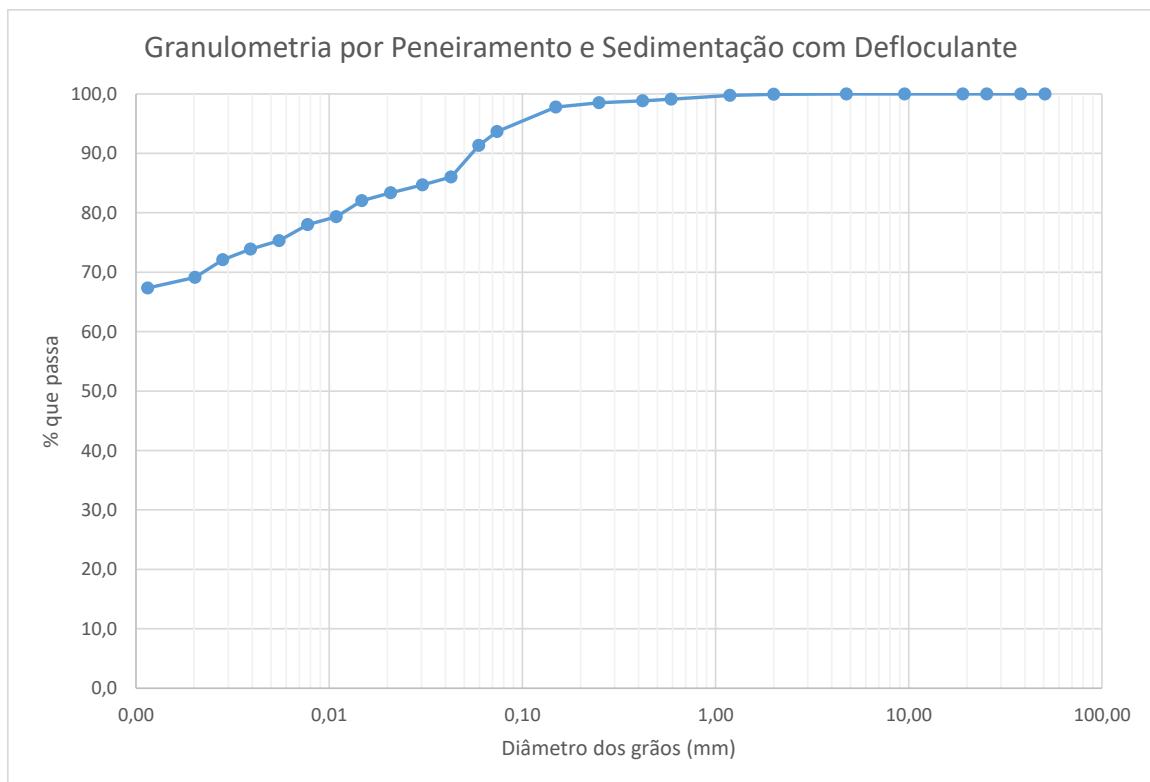
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	144	163		Pic.	5	6	
tara (g)	14,02	13,69		Temp. (°C)	26,3	26,2	
tara + SH (g)	93,84	97,01		Pic. Vazio	102,1	100,55	
tara + SS (g)	81,89	84,14		Pic. + Amostra	162,12	160,58	
Umidade (%)	17,61	18,27		Pic. + Água + Amostra	463,00	455,51	
w (%):	17,9			Pic. + Água	424,92	417,42	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,73	2,73	
				GS ₂₀ :	2,73		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	508,78		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,22	0,22	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,13	0,13	99,7
30	0,590	0,37	0,50	99,1
40	0,420	0,17	0,67	98,8
60	0,250	0,18	0,85	98,5
100	0,149	0,44	1,29	97,8
200	0,074	2,46	3,75	93,6

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,11	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,031	0,9966	11,0	91,3	0,0596
1 min	60	24,2	1,029	0,9966	11,4	86,0	0,0428
2 min	120	24,2	1,029	0,9966	11,5	84,7	0,0304
4 min	240	24,2	1,028	0,9966	10,8	83,4	0,0208
8 min	480	24,2	1,028	0,9966	10,9	82,1	0,0148
15 min	900	24,1	1,027	0,9966	11,0	79,3	0,0109
30 min	1800	24,1	1,026	0,9966	11,1	78,0	0,0077
1 h	3600	24,0	1,025	0,9966	11,3	75,3	0,0055
2 h	7200	23,8	1,025	0,9966	11,4	73,9	0,0039
4 h	14400	22,9	1,024	0,9968	11,5	72,1	0,0028
8 h	28800	22,3	1,023	0,9969	11,6	69,1	0,0020
24 h	86400	24,0	1,022	0,9966	11,8	67,4	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,7	0,3	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,8
0,590	99,1	0,9	0,20 < Areia média < 0,6	1,0
0,420	98,8	1,2		
0,250	98,5	1,5		
0,149	97,8	2,2	0,06 < Areia fina < 0,20	6,7
0,074	93,6	6,4		
0,0596	91,3	8,7		
0,0428	86,0	14,0	0,002 < Silte < 0,06	22,4
0,0304	84,7	15,3		
0,0208	83,4	16,6		
0,0148	82,1	17,9		
0,0109	79,3	20,7		
0,0077	78,0	22,0		
0,0055	75,3	24,7		
0,0039	73,9	26,1		
0,0028	72,1	27,9		
0,0020	69,1	30,9	Argila < 0,002	69,1
0,0012	67,4	32,6		



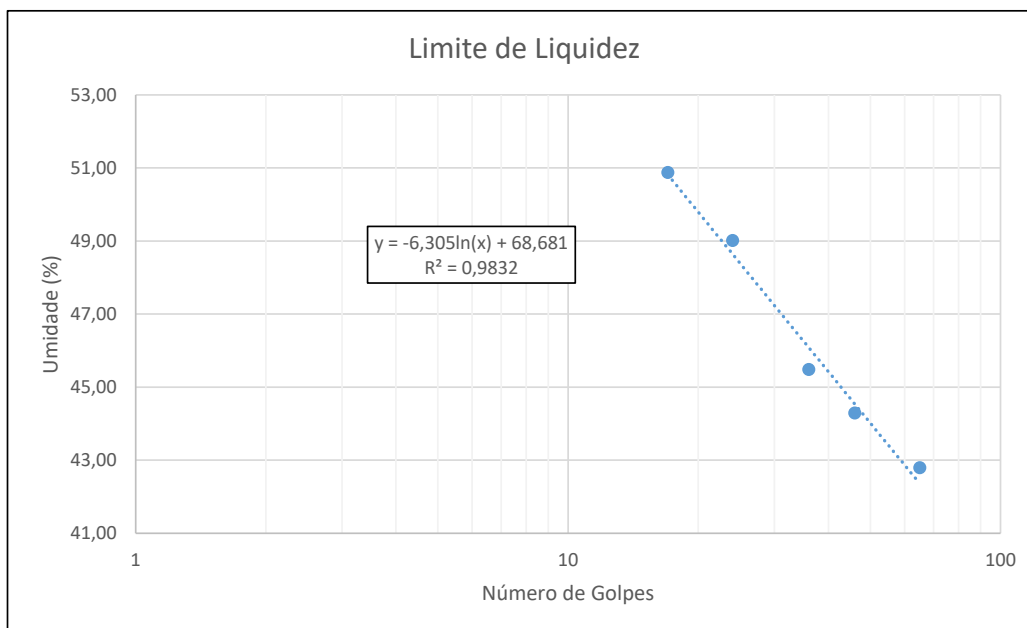
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	8
Data:	28/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
37	29,21	24,28	12,76	4,93	11,52	65	42,80
24	28,23	23,19	11,81	5,04	11,38	46	44,29
18	27,04	22,11	11,27	4,93	10,84	36	45,48
15	25,16	20,20	10,08	4,96	10,12	24	49,01
14	26,84	21,62	11,36	5,22	10,26	17	50,88

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
123	8,73	8,05	6,06	0,68	1,99	34,17	32,09
89	8,50	7,84	5,82	0,66	2,02	32,67	
88	8,23	7,66	5,81	0,57	1,85	30,81	
119	8,75	8,12	6,17	0,63	1,95	32,31	
74	9,52	8,91	6,91	0,61	2,00	30,50	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	48,4
Limite de Plasticidade (%)	32,1
Índice de Plasticidade (%)	16,3



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	9
Data:	19/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	41	32	33	1	3
Solo + Água + Molde (g)	7660	7785	8025	8245	8055
Peso Molde (g)	4915	4750	4770	4775	4605
Peso Solo + Água (g)	2745	3035	3255	3470	3450
Volume Molde (cm ³)	1988	1988	2015	1970	1997
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1381	1527	1615	1761	1728
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1099	1194	1245	1332	1288

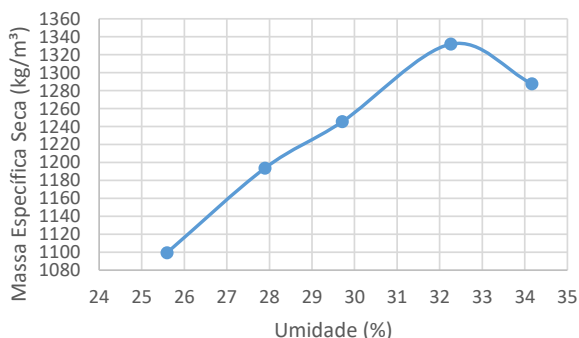
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	82	94	34	19	11	25	84	47	61	6
P. Solo Úm. + C. (g)	82,76	74,18	80,50	75,51	79,30	86,02	72,76	74,53	74,92	87,97
P. Solo S. + Cap. (g)	68,44	61,78	65,74	61,71	64,27	69,40	58,19	59,43	58,94	68,66
Peso Água (g)	14,32	12,40	14,76	13,80	15,03	16,62	14,57	15,10	15,98	19,31
Peso Cápsula (g)	12,10	13,66	12,99	12,09	13,62	13,53	13,38	12,25	12,17	12,13
P. Solo Seco (g)	56,34	48,12	52,75	49,62	50,65	55,87	44,81	47,18	46,77	56,53
Umidade (%)	25,42	25,77	27,98	27,81	29,67	29,75	32,52	32,01	34,17	34,16
Umid. Média (%)	25,59		27,90		29,71		32,26		34,16	

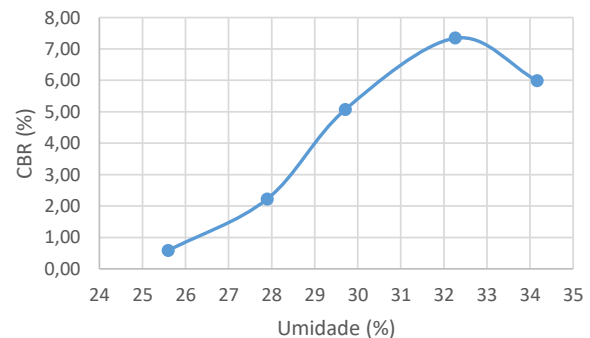
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,5
Densidade Máxima (kg/m ³)	1335
Expansão Média (%)	0,32
ISC/CBR Final (%)	7,3

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	1	0,01	
1,25	2	0,02	
2,5	4	0,04	0,58
5	6	0,06	0,58
7,5	9	0,09	
10	9	0,09	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	9	0,09	
2,5	15	0,15	2,17
5	23	0,23	2,22
7,5	31	0,31	
10	32	0,32	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	10	0,1	
1,25	21	0,21	
2,5	35	0,35	5,07
5	49	0,49	4,73
7,5	58	0,58	
10	64	0,64	

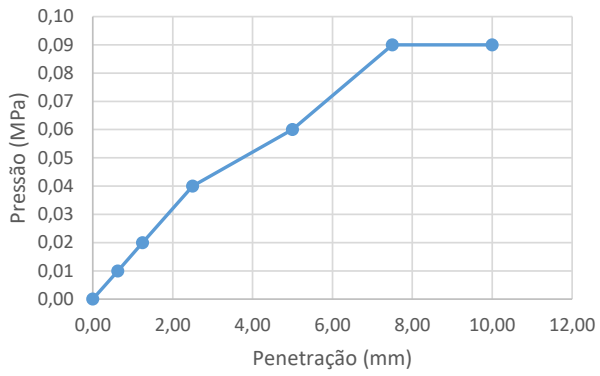
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	16	0,16	
1,25	36	0,36	
2,5	50	0,5	7,25
5	76	0,76	7,34
7,5	95	0,95	
10	105	1,05	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	10	0,1	
1,25	20	0,2	
2,5	40	0,4	5,80
5	62	0,62	5,99
7,5	77	0,77	
10	85	0,85	

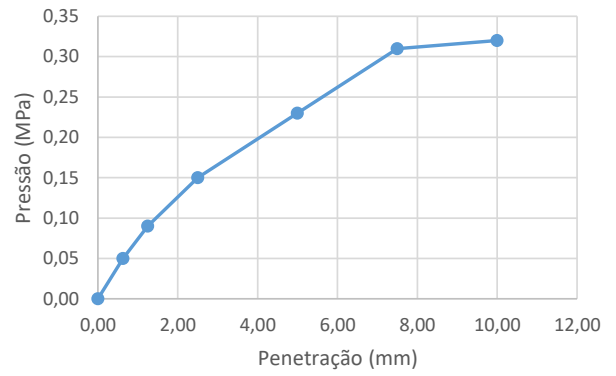
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
41	25,59	0,58	25,59	1099
32	27,90	2,22	27,90	1194
33	29,71	5,07	29,71	1245
1	32,26	7,34	32,26	1332
3	34,16	5,99	34,16	1288

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	41	32	33	1	3
Leitura Inicial	3,00	3,00	3,00	7,00	3,00
Leitura Final	3,42	3,32	3,12	7,01	3,96
L.Final - L.Inicial	0,42	0,32	0,12	0,01	0,96
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,37	0,28	0,11	0,01	0,84
Média (%)	0,32				

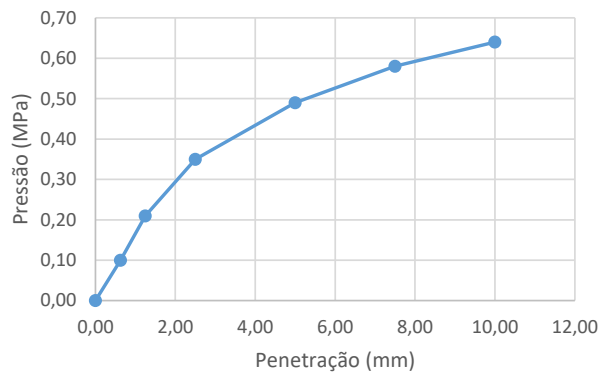
Pressão x Penetração 1



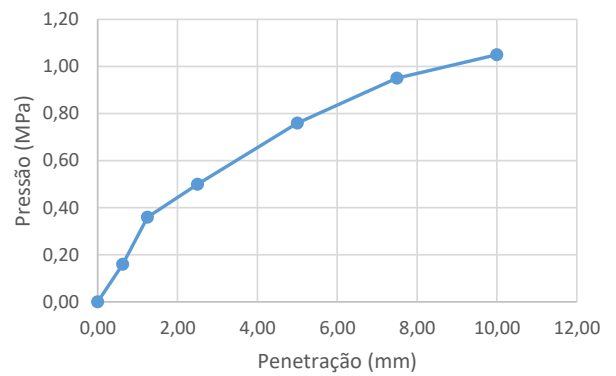
Pressão x Penetração 2



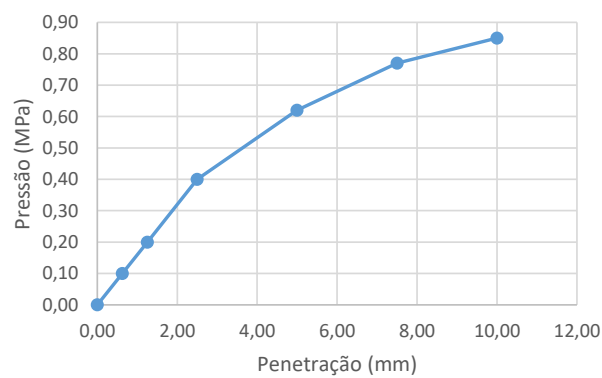
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	9
Data:	29/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

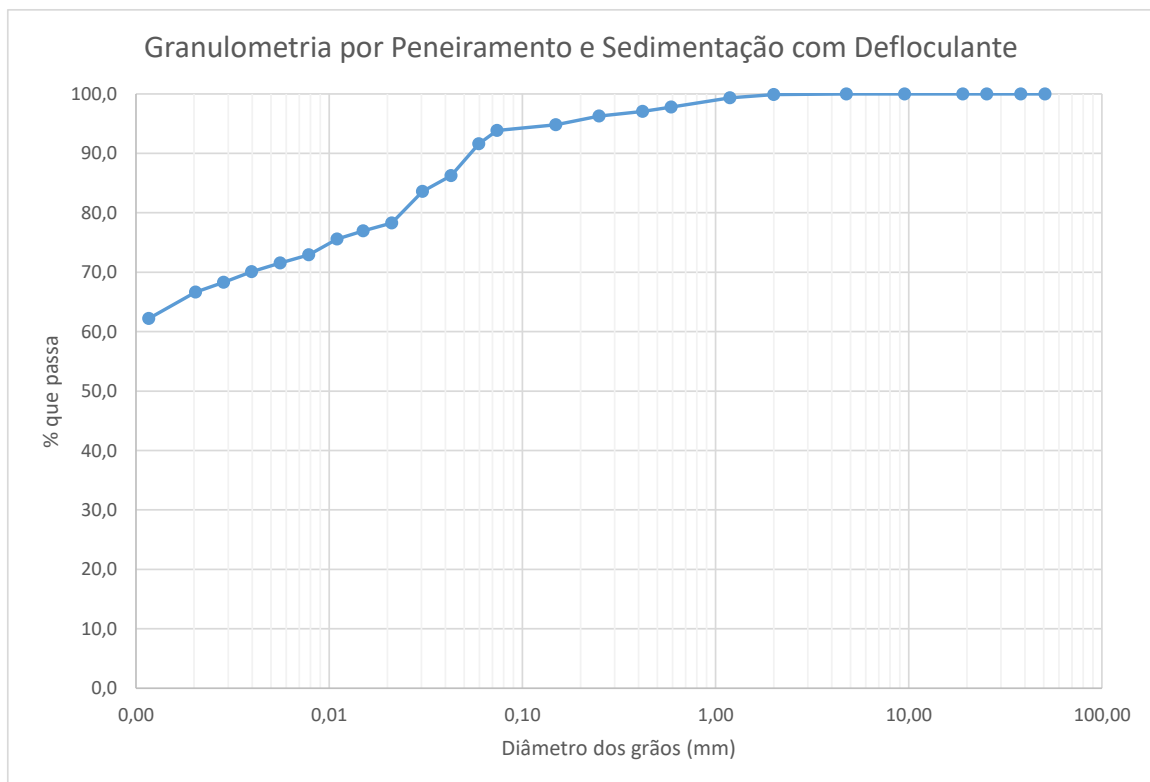
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	148	116		Pic.	10	14	
tara (g)	13,39	13,83		Temp. (°C)	27,0	27,1	
tara + SH (g)	96,11	93,29		Pic. Vazio	109,22	96,93	
tara + SS (g)	83,14	81,12		Pic. + Amostra	169,26	156,95	
Umidade (%)	18,59	18,09		Pic. + Água + Amostra	461,78	447,45	
w (%):	18,3			Pic. + Água	423,67	409,31	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,73	2,74	
				GS ₂₀ :	2,74		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	604,2			Massa total da amostra seca Ms (g) =	510,65		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,60	0,60	99,9

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,32	0,32	99,3
30	0,590	0,93	1,25	97,8
40	0,420	0,42	1,67	97,1
60	0,250	0,47	2,13	96,3
100	0,149	0,88	3,01	94,8
200	0,074	0,55	3,57	93,9

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,04	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,031	0,9966	11,0	91,6	0,0596
1 min	60	24,2	1,029	0,9966	11,4	86,3	0,0428
2 min	120	24,2	1,028	0,9966	11,6	83,6	0,0305
4 min	240	24,2	1,026	0,9966	11,1	78,3	0,0211
8 min	480	24,2	1,026	0,9966	11,2	77,0	0,0150
15 min	900	24,1	1,025	0,9966	11,3	75,6	0,0110
30 min	1800	24,1	1,024	0,9966	11,5	72,9	0,0078
1 h	3600	24,0	1,024	0,9966	11,6	71,5	0,0056
2 h	7200	23,8	1,023	0,9966	11,6	70,1	0,0040
4 h	14400	22,9	1,023	0,9968	11,7	68,3	0,0028
8 h	28800	22,3	1,022	0,9969	11,8	66,6	0,0020
24 h	86400	24,0	1,020	0,9966	12,2	62,2	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,9	0,1	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,1
1,190	99,3	0,7	0,60 < Areia grossa < 2,0	2,1
0,590	97,8	2,2	0,20 < Areia média < 0,6	2,3
0,420	97,1	2,9		
0,250	96,3	3,7		
0,149	94,8	5,2	0,06 < Areia fina < 0,20	3,8
0,074	93,9	6,1		
0,0596	91,6	8,4		
0,0428	86,3	13,7	0,002 < Silte < 0,06	25,3
0,0305	83,6	16,4		
0,0211	78,3	21,7		
0,0150	77,0	23,0		
0,0110	75,6	24,4		
0,0078	72,9	27,1		
0,0056	71,5	28,5		
0,0040	70,1	29,9		
0,0028	68,3	31,7		
0,0020	66,6	33,4		
0,0012	62,2	37,8	Argila < 0,002	66,5



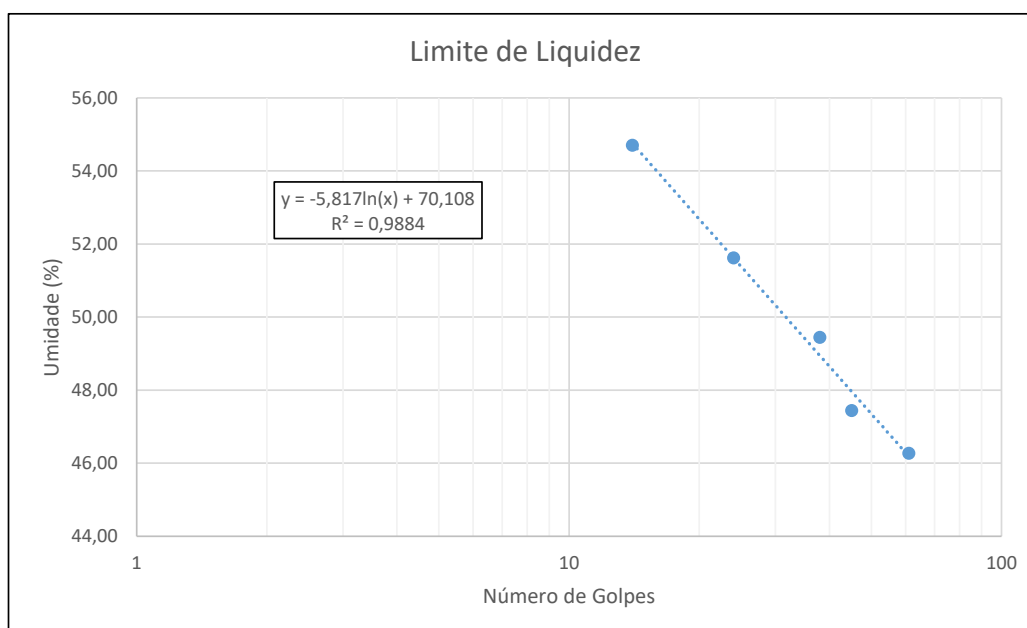
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	9
Data:	22/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
10	28,19	22,48	10,14	5,71	12,34	61	46,27
51	28,33	22,39	9,87	5,94	12,52	45	47,44
48	28,57	22,34	9,74	6,23	12,60	38	49,44
26	29,10	23,04	11,30	6,06	11,74	24	51,62
27	26,28	20,41	9,68	5,87	10,73	14	54,71

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
59	7,82	7,20	5,39	0,62	1,81	34,25	35,75
87	8,42	7,74	5,87	0,68	1,87	36,36	
112	9,04	8,41	6,62	0,63	1,79	35,20	
117	8,44	7,82	6,12	0,62	1,70	36,47	
113	8,13	7,47	5,66	0,66	1,81	36,46	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	51,4
Limite de Plasticidade (%)	35,7
Índice de Plasticidade (%)	15,6



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	10
Data:	19/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	81	62	11	51	12
Solo + Água + Molde (g)	7160	7835	8375	8115	8140
Peso Molde (g)	4235	4430	4950	4555	4680
Peso Solo + Água (g)	2925	3405	3425	3560	3460
Volume Molde (cm ³)	1996	2123	1988	2015	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1465	1604	1723	1767	1740
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1159	1246	1315	1321	1273

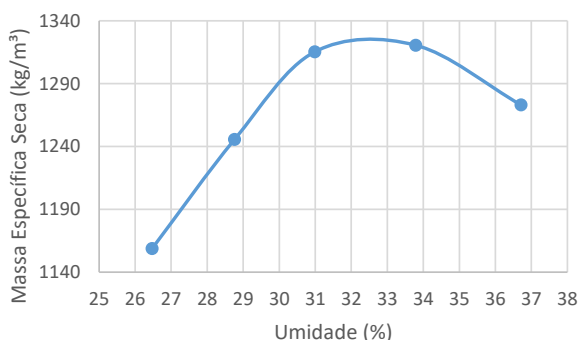
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	13	72	36	75	43	69	40	88	23	68
P. Solo Úm. + C. (g)	72,52	70,61	66,30	63,73	82,19	71,73	73,35	76,95	69,18	82,45
P. Solo S. + Cap. (g)	60,20	58,47	54,41	52,39	65,63	57,69	58,10	61,01	53,93	63,62
Peso Água (g)	12,32	12,14	11,89	11,34	16,56	14,04	15,25	15,94	15,25	18,83
Peso Cápsula (g)	13,34	12,91	12,92	13,10	12,37	12,22	12,56	14,25	12,69	11,95
P. Solo Seco (g)	46,86	45,56	41,49	39,29	53,26	45,47	45,54	46,76	41,24	51,67
Umidade (%)	26,29	26,65	28,66	28,86	31,09	30,88	33,49	34,09	36,98	36,44
Umid. Média (%)	26,47		28,76		30,99		33,79		36,71	

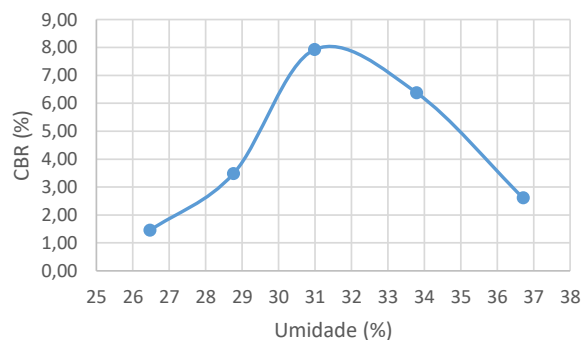
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,6
Densidade Máxima (kg/m ³)	1323
Expansão Média (%)	0,13
ISC/CBR Final (%)	7,4

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	4	0,04	
2,5	7	0,07	1,01
5	15	0,15	1,45
7,5	19	0,19	
10	23	0,23	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	13	0,13	
2,5	23	0,23	3,33
5	36	0,36	3,48
7,5	42	0,42	
10	45	0,45	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	12	0,12	
1,25	26	0,26	
2,5	50	0,5	7,25
5	82	0,82	7,92
7,5	96	0,96	
10	105	1,05	

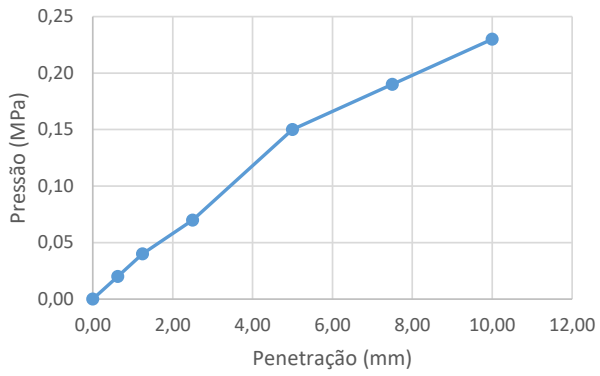
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	10	0,1	
1,25	19	0,19	
2,5	44	0,44	6,38
5	66	0,66	6,38
7,5	82	0,82	
10	90	0,9	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	5	0,05	
2,5	13	0,13	1,88
5	27	0,27	2,61
7,5	40	0,4	
10	44	0,44	

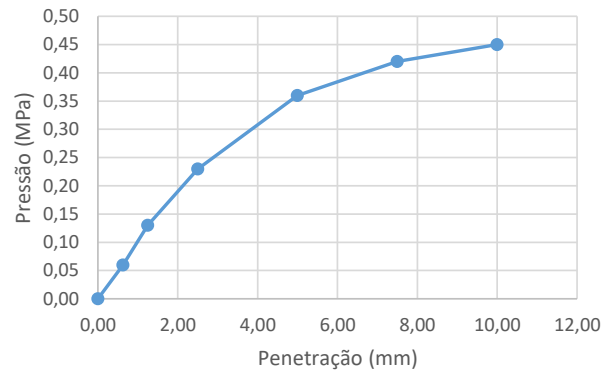
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
81	26,47	1,45	26,47	1159
62	28,76	3,48	28,76	1246
11	30,99	7,92	30,99	1315
51	33,79	6,38	33,79	1321
12	36,71	2,61	36,71	1273

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	81	62	11	51	12
Leitura Inicial	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00
Leitura Final	3,30	4,31	3,15	3,03	2,95
L.Final - L.Inicial	0,30	0,31	0,15	0,03	-0,05
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,26	0,27	0,13	0,03	-0,04
Média (%)	0,13				

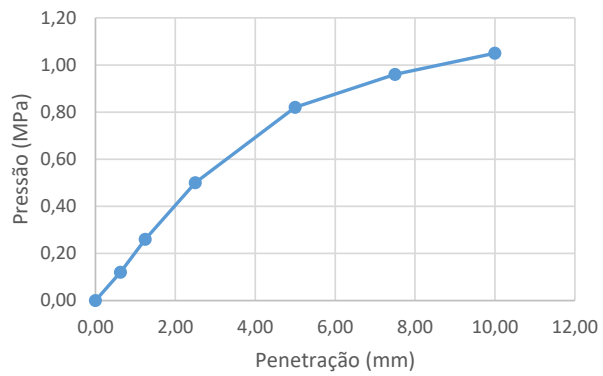
Pressão x Penetração 1



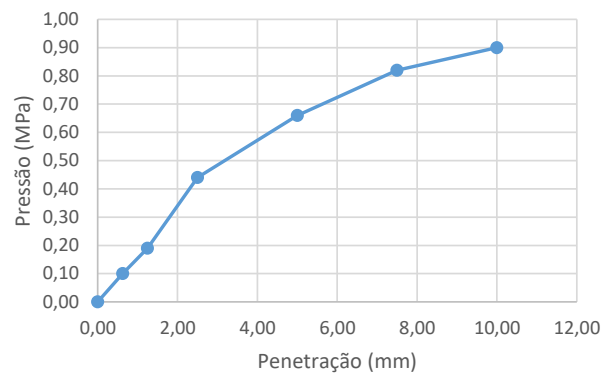
Pressão x Penetração 2



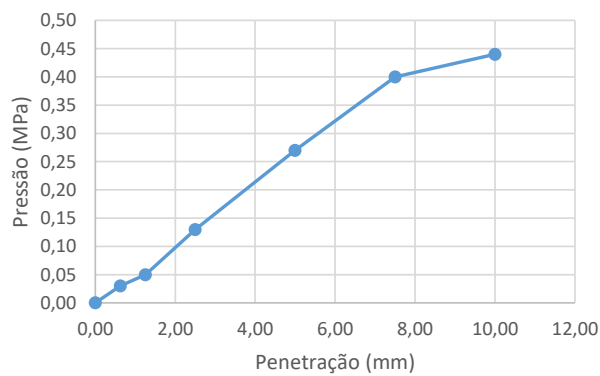
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	10
Data:	21/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

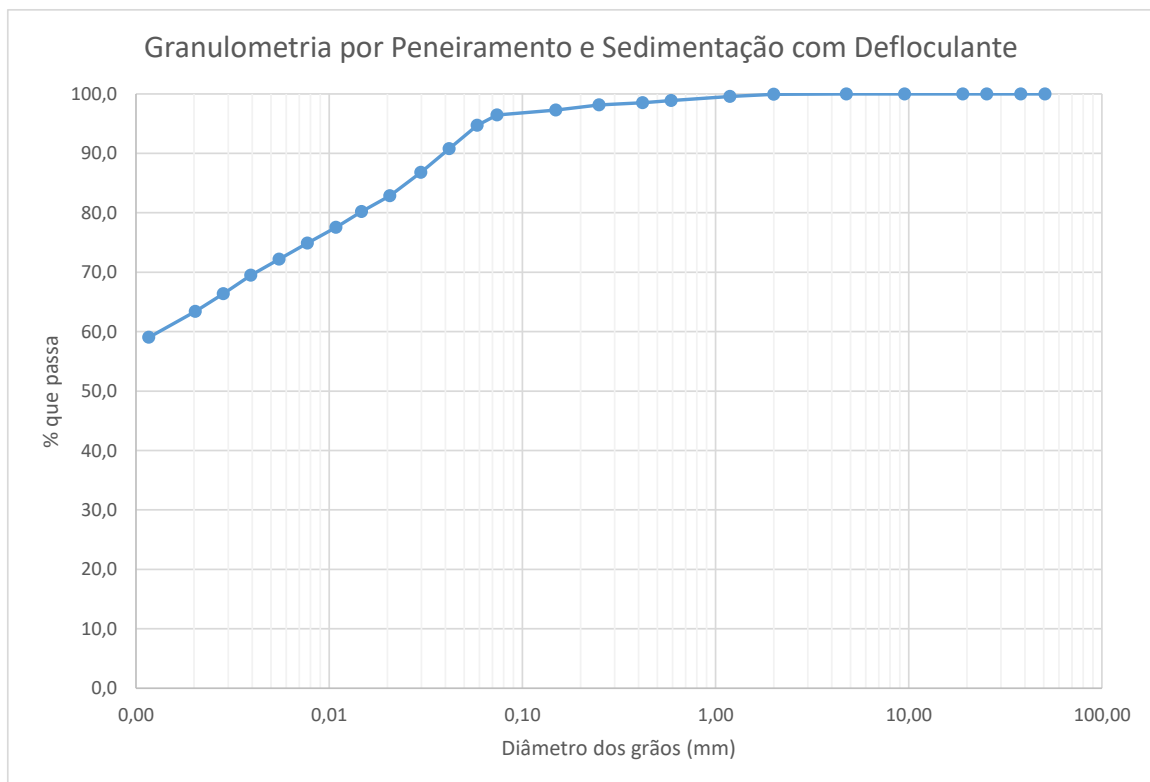
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	139	391		Pic.	1	4	
tara (g)	13,9	12,23		Temp. (°C)	27,8	27,8	
tara + SH (g)	90,33	96,75		Pic. Vazio	99,47	147,62	
tara + SS (g)	78,37	83,81		Pic. + Amostra	159,53	207,64	
Umidade (%)	18,55	18,08		Pic. + Água + Amostra	454,63	674,89	
w (%):	18,3			Pic. + Água	416,17	636,63	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,77	2,75	
				GS ₂₀ :	2,76		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,2			Massa total da amostra seca Ms (g) =	507,32		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,21	0,21	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,22	0,22	99,6
30	0,590	0,43	0,65	98,9
40	0,420	0,21	0,86	98,5
60	0,250	0,22	1,08	98,1
100	0,149	0,50	1,58	97,3
200	0,074	0,51	2,09	96,4

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =				70,30	Densímetro:	34351	
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,033	0,9966	10,8	94,7	0,0584
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,0	90,8	0,0418
2 min	120	24,2	1,030	0,9966	11,3	86,8	0,0299
4 min	240	24,2	1,028	0,9966	10,8	82,9	0,0206
8 min	480	24,2	1,027	0,9966	10,9	80,2	0,0147
15 min	900	24,1	1,026	0,9966	11,1	77,5	0,0108
30 min	1800	24,1	1,025	0,9966	11,3	74,9	0,0077
1 h	3600	24,0	1,024	0,9966	11,5	72,2	0,0055
2 h	7200	23,8	1,023	0,9966	11,6	69,5	0,0039
4 h	14400	22,9	1,022	0,9968	11,8	66,4	0,0028
8 h	28800	22,3	1,021	0,9969	12,0	63,4	0,0020
24 h	86400	24,0	1,019	0,9966	12,3	59,0	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,6	0,4	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,1
0,590	98,9	1,1	0,20 < Areia média < 0,6	1,2
0,420	98,5	1,5		
0,250	98,1	1,9		
0,149	97,3	2,7	0,06 < Areia fina < 0,20	2,6
0,074	96,4	3,6		
0,0584	94,7	5,3		
0,0418	90,8	9,2	0,002 < Silte < 0,06	31,9
0,0299	86,8	13,2		
0,0206	82,9	17,1		
0,0147	80,2	19,8		
0,0108	77,5	22,5		
0,0077	74,9	25,1		
0,0055	72,2	27,8		
0,0039	69,5	30,5		
0,0028	66,4	33,6		
0,0020	63,4	36,6		
0,0012	59,0	41,0	Argila < 0,002	63,3



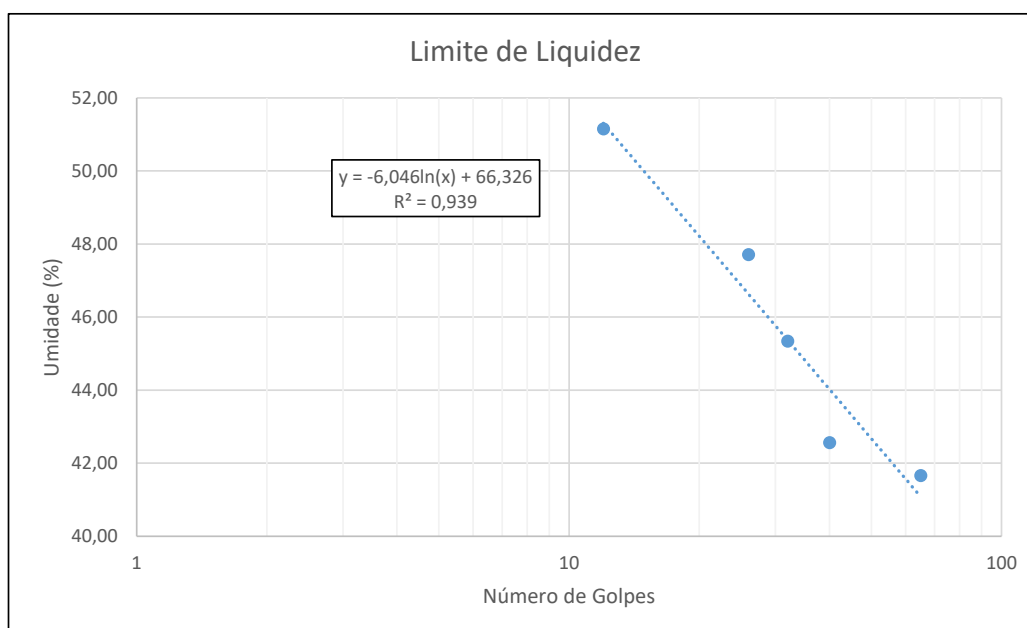
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	10
Data:	20/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
7	26,74	21,97	10,52	4,77	11,45	65	41,66
35	26,51	21,79	10,70	4,72	11,09	40	42,56
39	28,63	23,38	11,80	5,25	11,58	32	45,34
32	25,68	20,78	10,51	4,90	10,27	26	47,71
17	29,20	23,21	11,50	5,99	11,71	12	51,15

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
130	8,76	8,26	6,68	0,50	1,58	31,65	30,71
95	7,88	7,36	5,83	0,52	1,53	33,99	
96	8,03	7,53	5,84	0,50	1,69	29,59	
132	7,76	7,30	5,73	0,46	1,57	29,30	
55	8,60	8,13	6,51	0,47	1,62	29,01	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	46,9
Limite de Plasticidade (%)	30,7
Índice de Plasticidade (%)	16,2



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	11
Data:	21/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	79	14	77	71	16
Solo + Água + Molde (g)	7300	7710	7985	8205	8115
Peso Molde (g)	4495	4760	4365	4420	4655
Peso Solo + Água (g)	2805	2950	3620	3785	3460
Volume Molde (cm ³)	2123	1997	2069	2151	2015
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1321	1477	1750	1760	1717
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1062	1159	1344	1322	1268

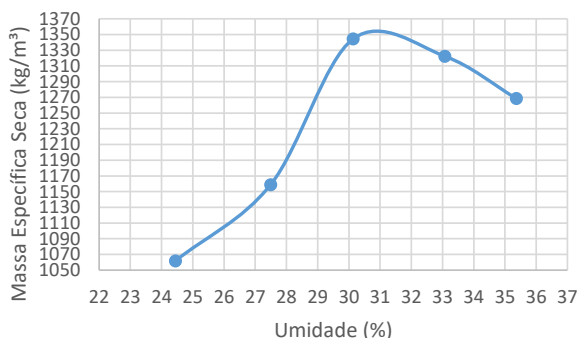
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	8	31	22	5	119	146	153	104	147	159
P. Solo Úm. + C. (g)	79,71	84,08	73,15	73,18	88,93	87,78	85,65	84,75	86,66	82,99
P. Solo S. + Cap. (g)	66,45	70,03	60,00	60,10	72,38	70,63	67,94	67,29	67,60	64,92
Peso Água (g)	13,26	14,05	13,15	13,08	16,55	17,15	17,71	17,46	19,06	18,07
Peso Cápsula (g)	11,76	13,00	12,59	12,09	16,48	14,71	14,14	14,74	13,74	13,80
P. Solo Seco (g)	54,69	57,03	47,41	48,01	55,90	55,92	53,80	52,55	53,86	51,12
Umidade (%)	24,25	24,64	27,74	27,24	29,61	30,67	32,92	33,23	35,39	35,35
Umid. Média (%)	24,44		27,49		30,14		33,07		35,37	

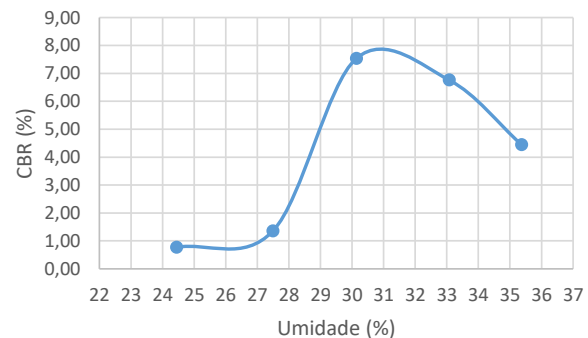
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	31,0
Densidade Máxima (kg/m ³)	1350
Expansão Média (%)	0,16
ISC/CBR Final (%)	7,7

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	1	0,01	
1,25	2	0,02	
2,5	5	0,05	0,72
5	8	0,08	0,77
7,5	11	0,11	
10	13	0,13	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	5	0,05	
2,5	8	0,08	1,16
5	14	0,14	1,35
7,5	19	0,19	
10	23	0,23	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	25	0,25	
1,25	40	0,4	
2,5	52	0,52	7,54
5	65	0,65	6,28
7,5	73	0,73	
10	81	0,81	

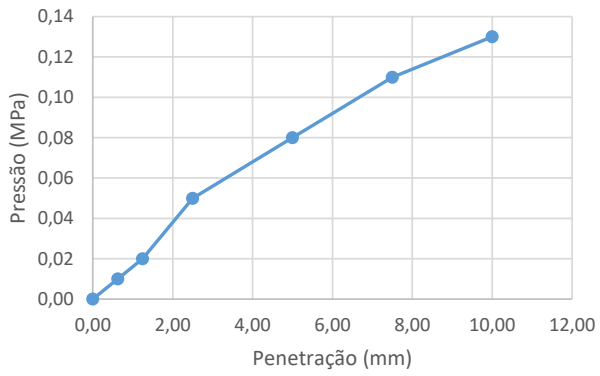
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	25	0,25	
2,5	45	0,45	6,52
5	70	0,7	6,76
7,5	85	0,85	
10	91	0,91	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	10	0,1	
2,5	22	0,22	3,19
5	46	0,46	4,44
7,5	56	0,56	
10	60	0,6	

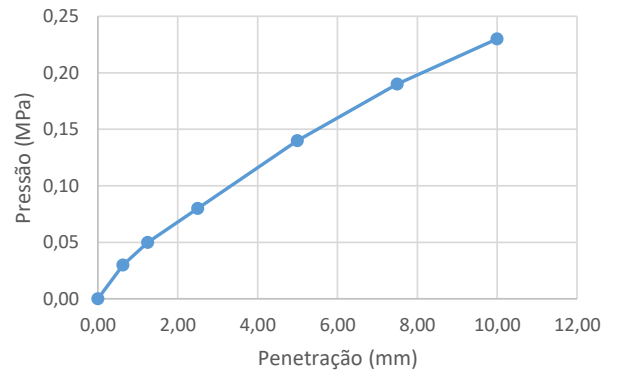
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
79	24,44	0,77	24,44	1062
14	27,49	1,35	27,49	1159
77	30,14	7,54	30,14	1344
71	33,07	6,76	33,07	1322
16	35,37	4,44	35,37	1268

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	79	14	77	71	16
Leitura Inicial	3,00	3,00	8,00	4,00	4,00
Leitura Final	3,45	3,27	8,24	4,00	3,96
L.Final - L.Inicial	0,45	0,27	0,24	0,00	-0,04
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,39	0,24	0,21	0,00	-0,04
Média (%)	0,16				

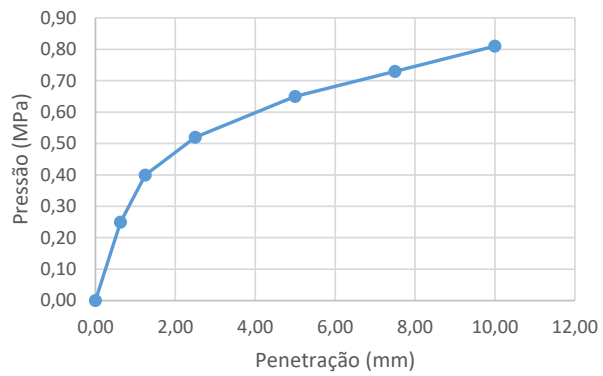
Pressão x Penetração 1



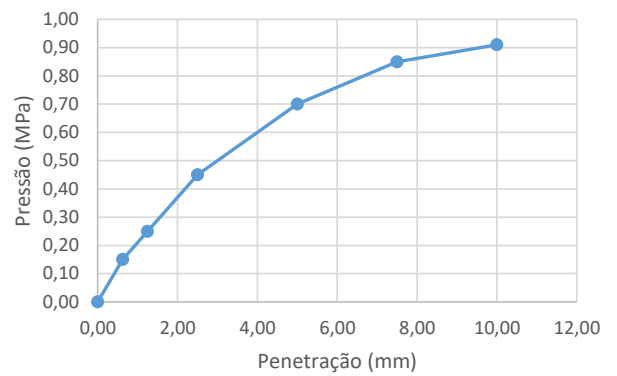
Pressão x Penetração 2



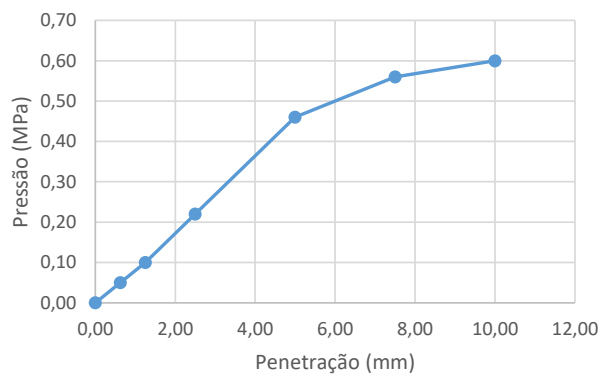
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	11
Data:	03/11/2021	Camada:	SUBLEITO			

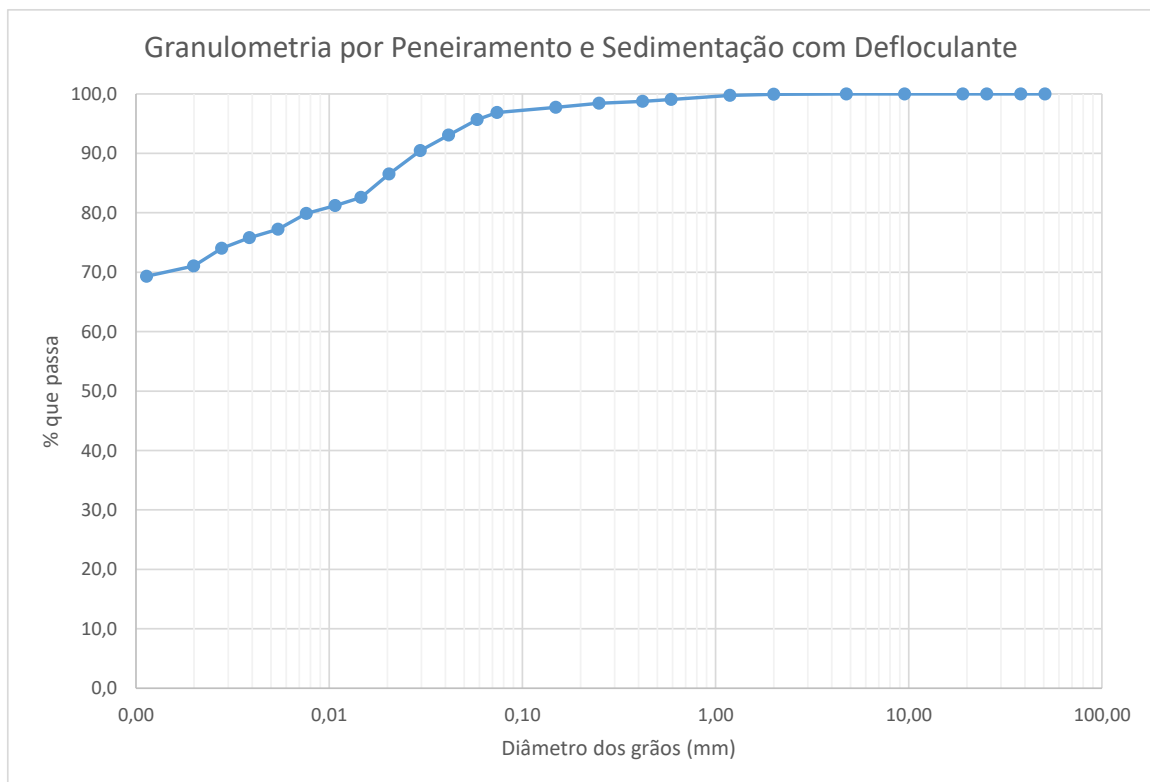
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	25	10		Pic.	7	8	
tara (g)	13,07	12,28		Temp. (°C)	27,7	27,7	
tara + SH (g)	85,61	92,01		Pic. Vazio	101,45	97,6	
tara + SS (g)	75,21	80,12		Pic. + Amostra	161,52	157,64	
Umidade (%)	16,74	17,53		Pic. + Água + Amostra	440,41	442,99	
w (%):	17,1			Pic. + Água	402,14	404,69	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,75	2,76	
				GS ₂₀ :	2,75		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,8			Massa total da amostra seca Ms (g) =	512,96		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,21	0,21	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,13	0,13	99,7
30	0,590	0,40	0,53	99,1
40	0,420	0,19	0,72	98,8
60	0,250	0,19	0,91	98,4
100	0,149	0,43	1,33	97,7
200	0,074	0,51	1,85	96,9

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,00	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,033	0,9966	10,7	95,7	0,0583
1 min	60	24,2	1,032	0,9966	10,9	93,1	0,0416
2 min	120	24,2	1,031	0,9966	11,0	90,4	0,0296
4 min	240	24,2	1,030	0,9966	10,5	86,5	0,0204
8 min	480	24,2	1,028	0,9966	10,8	82,6	0,0146
15 min	900	24,1	1,028	0,9966	10,9	81,2	0,0107
30 min	1800	24,1	1,027	0,9966	10,9	79,9	0,0076
1 h	3600	24,0	1,026	0,9966	11,1	77,2	0,0054
2 h	7200	23,8	1,026	0,9966	11,2	75,8	0,0039
4 h	14400	22,9	1,025	0,9968	11,3	74,0	0,0028
8 h	28800	22,3	1,024	0,9969	11,5	71,1	0,0020
24 h	86400	24,0	1,023	0,9966	11,6	69,3	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,7	0,3	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,9
0,590	99,1	0,9	0,20 < Areia média < 0,6	1,0
0,420	98,8	1,2		
0,250	98,4	1,6		
0,149	97,7	2,3	0,06 < Areia fina < 0,20	2,1
0,074	96,9	3,1		
0,0583	95,7	4,3		
0,0416	93,1	6,9	0,002 < Silte < 0,06	24,9
0,0296	90,4	9,6		
0,0204	86,5	13,5		
0,0146	82,6	17,4		
0,0107	81,2	18,8		
0,0076	79,9	20,1		
0,0054	77,2	22,8		
0,0039	75,8	24,2		
0,0028	74,0	26,0		
0,0020	71,1	28,9		
0,0011	69,3	30,7	Argila < 0,002	71,1



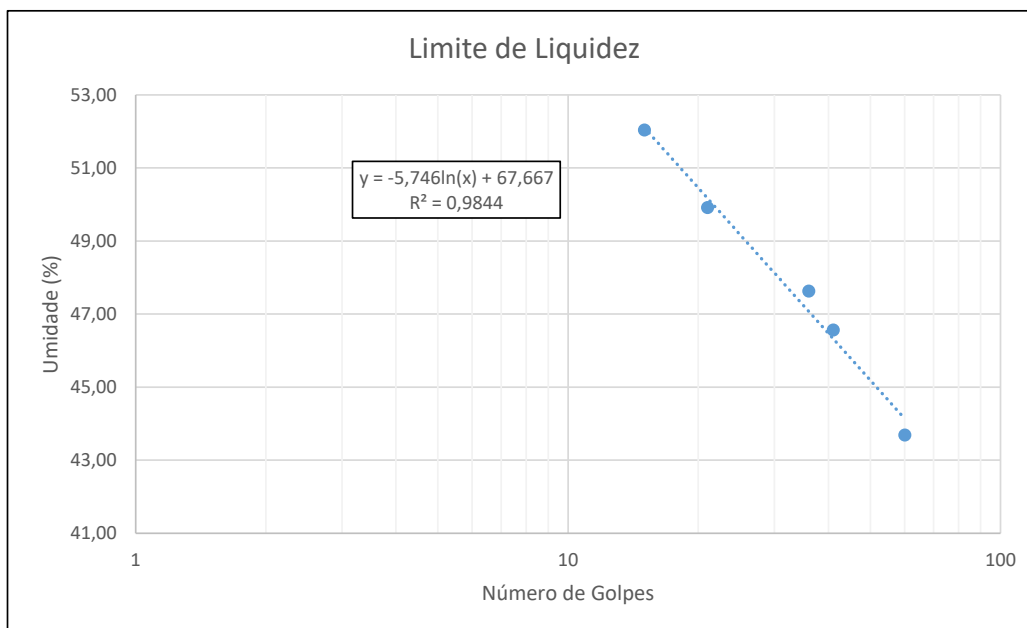
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	11
Data:	22/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
39	29,59	24,19	11,83	5,40	12,36	60	43,69
19	25,46	20,31	9,25	5,15	11,06	41	46,56
16	31,60	25,68	13,25	5,92	12,43	36	47,63
46	28,00	22,28	10,82	5,72	11,46	21	49,91
13	28,84	22,46	10,20	6,38	12,26	15	52,04

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
123	8,38	7,81	6,06	0,57	1,75	32,57	34,81
83	7,65	7,09	5,53	0,56	1,56	35,90	
127	8,55	7,97	6,32	0,58	1,65	35,15	
54	7,60	7,10	5,66	0,50	1,44	34,72	
89	7,94	7,39	5,85	0,55	1,54	35,71	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	49,2
Limite de Plasticidade (%)	34,8
Índice de Plasticidade (%)	14,4



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	12
Data:	25/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	19	42	59	13	65
Solo + Água + Molde (g)	7505	7990	7885	8270	7685
Peso Molde (g)	4695	4750	4295	4730	4200
Peso Solo + Água (g)	2810	3240	3590	3540	3485
Volume Molde (cm ³)	1988	2015	2032	1988	1996
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1413	1608	1767	1781	1746
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1114	1242	1339	1327	1278

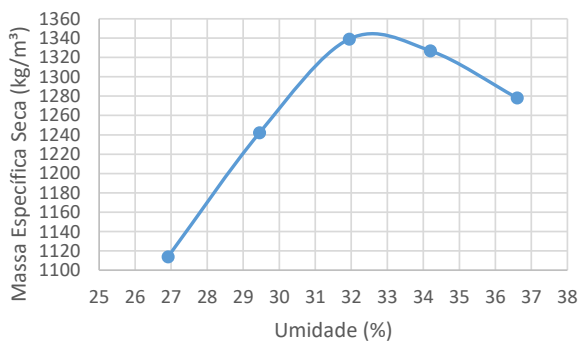
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	7	25	64	82	19	53	3	32	41	89
P. Solo Úm. + C. (g)	72,32	81,69	76,95	76,80	66,97	68,64	77,56	67,49	72,71	73,38
P. Solo S. + Cap. (g)	59,79	66,99	62,44	62,12	53,64	55,17	61,30	53,31	56,08	57,38
Peso Água (g)	12,53	14,70	14,51	14,68	13,33	13,47	16,26	14,18	16,63	16,00
Peso Cápsula (g)	12,17	13,55	13,36	12,09	12,13	12,77	13,94	11,67	11,10	13,23
P. Solo Seco (g)	47,62	53,44	49,08	50,03	41,51	42,40	47,36	41,64	44,98	44,15
Umidade (%)	26,31	27,51	29,56	29,34	32,11	31,77	34,33	34,05	36,97	36,24
Umid. Média (%)	26,91		29,45		31,94		34,19		36,61	

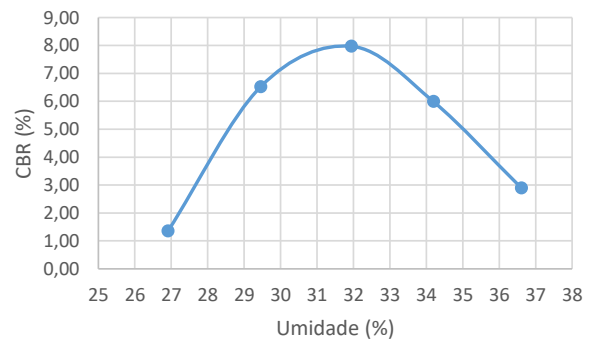
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,8
Densidade Máxima (kg/m ³)	1341
Expansão Média (%)	0,12
ISC/CBR Final (%)	7,5

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	5	0,05	
2,5	8	0,08	1,16
5	14	0,14	1,35
7,5	17	0,17	
10	19	0,19	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	17	0,17	
1,25	33	0,33	
2,5	45	0,45	6,52
5	55	0,55	5,31
7,5	62	0,62	
10	66	0,66	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	33	0,33	
2,5	55	0,55	7,97
5	80	0,8	7,73
7,5	96	0,96	
10	109	1,09	

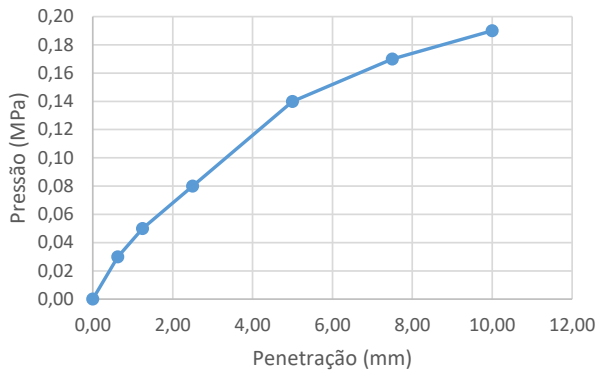
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	7	0,07	
1,25	15	0,15	
2,5	34	0,34	4,93
5	62	0,62	5,99
7,5	82	0,82	
10	93	0,93	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	7	0,07	
2,5	15	0,15	2,17
5	30	0,3	2,90
7,5	44	0,44	
10	48	0,48	

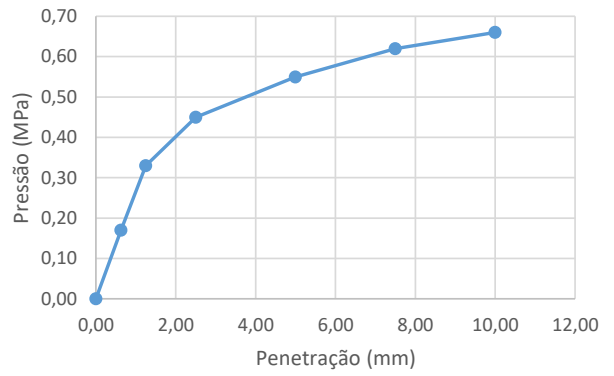
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
19	26,91	1,35	26,91	1114
42	29,45	6,52	29,45	1242
59	31,94	7,97	31,94	1339
13	34,19	5,99	34,19	1327
65	36,61	2,90	36,61	1278

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	19	42	59	13	65
Leitura Inicial	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00
Leitura Final	4,37	4,16	3,13	4,04	3,00
L.Final - L.Inicial	0,37	0,16	0,13	0,04	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,32	0,14	0,11	0,04	0,00
Média (%)	0,12				

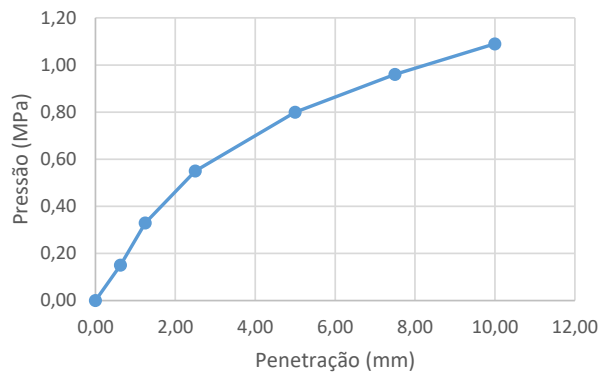
Pressão x Penetração 1



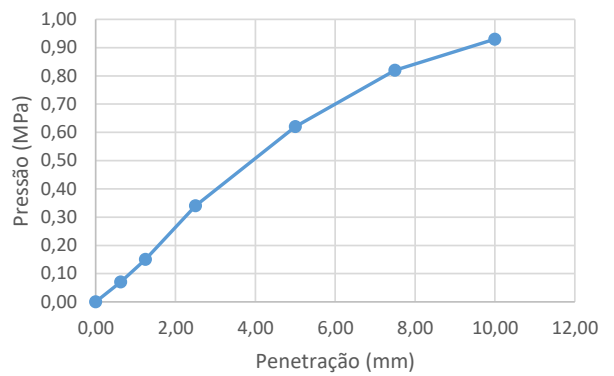
Pressão x Penetração 2



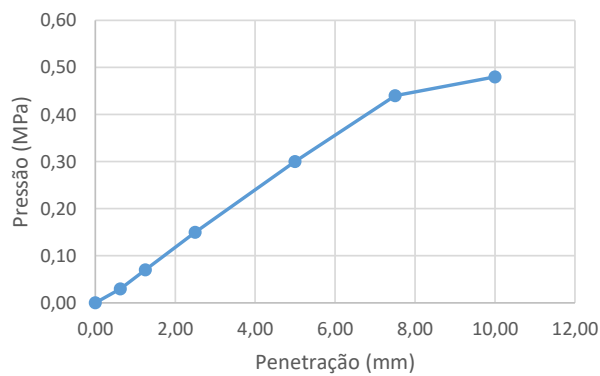
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	12	
Data:	30/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

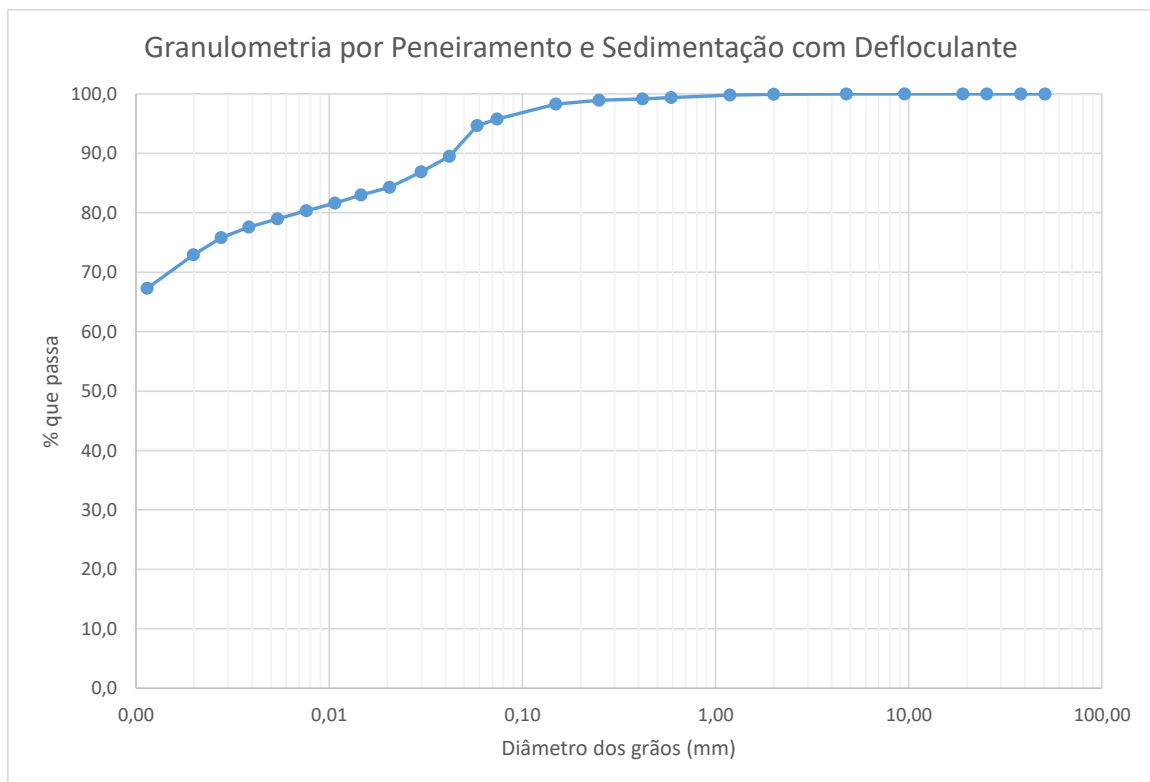
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	107	171		Pic.	9	11	
tara (g)	14,59	13,67		Temp. (°C)	26,7	26,8	
tara + SH (g)	98,26	93,27		Pic. Vazio	102,54	104,26	
tara + SS (g)	86,95	82,22		Pic. + Amostra	162,58	164,29	
Umidade (%)	15,63	16,12		Pic. + Água + Amostra	452,65	457,68	
w (%):	15,9			Pic. + Água	414,48	419,44	
				G _{S20} (g/cm ³)	2,74	2,75	
				G _{S20} :	2,75		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,4			Massa total da amostra seca Ms (g) =	518,18		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,24	0,24	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,09	0,09	99,8
30	0,590	0,25	0,33	99,4
40	0,420	0,14	0,47	99,2
60	0,250	0,14	0,61	98,9
100	0,149	0,39	1,00	98,3
200	0,074	1,52	2,52	95,8

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,10	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,033	0,9966	10,7	94,7	0,0585
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,0	89,5	0,0420
2 min	120	24,2	1,030	0,9966	11,2	86,9	0,0299
4 min	240	24,2	1,029	0,9966	10,6	84,3	0,0206
8 min	480	24,2	1,029	0,9966	10,7	83,0	0,0146
15 min	900	24,1	1,028	0,9966	10,8	81,6	0,0107
30 min	1800	24,1	1,028	0,9966	10,9	80,3	0,0076
1 h	3600	24,0	1,027	0,9966	10,9	79,0	0,0054
2 h	7200	23,8	1,027	0,9966	11,0	77,6	0,0039
4 h	14400	22,9	1,026	0,9968	11,1	75,8	0,0028
8 h	28800	22,3	1,025	0,9969	11,3	72,9	0,0020
24 h	86400	24,0	1,023	0,9966	11,7	67,3	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,8	0,2	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,5
0,590	99,4	0,6	0,20 < Areia média < 0,6	0,8
0,420	99,2	0,8		
0,250	98,9	1,1		
0,149	98,3	1,7	0,06 < Areia fina < 0,20	3,5
0,074	95,8	4,2		
0,0585	94,7	5,3		
0,0420	89,5	10,5	0,002 < Silte < 0,06	22,1
0,0299	86,9	13,1		
0,0206	84,3	15,7		
0,0146	83,0	17,0		
0,0107	81,6	18,4		
0,0076	80,3	19,7		
0,0054	79,0	21,0		
0,0039	77,6	22,4		
0,0028	75,8	24,2		
0,0020	72,9	27,1		
0,0011	67,3	32,7	Argila < 0,002	73,0



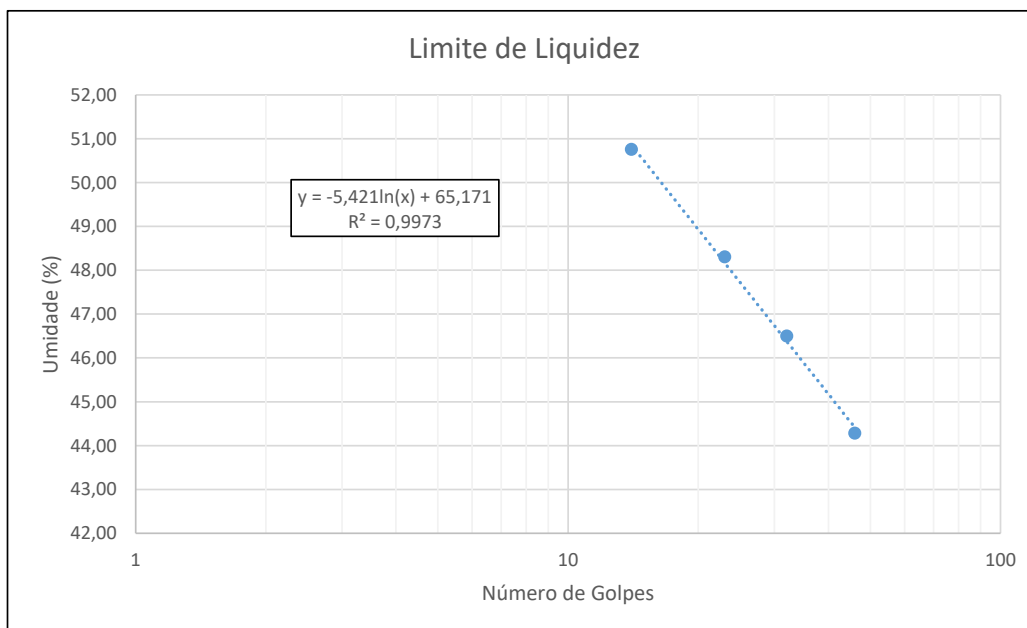
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	12
Data:	01/11/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
26	27,19	22,31	11,29	4,88	11,02	46	44,28
52	26,82	21,97	11,54	4,85	10,43	32	46,50
30	27,58	21,60	9,22	5,98	12,38	23	48,30
37	32,75	26,03	12,79	6,72	13,24	14	50,76

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
118	7,75	7,34	6,04	0,41	1,30	31,54	32,38
128	8,48	8,04	6,60	0,44	1,44	30,56	
83	7,42	6,95	5,51	0,47	1,44	32,64	
54	7,45	6,99	5,63	0,46	1,36	33,82	
127	8,06	7,62	6,30	0,44	1,32	33,33	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	47,7
Limite de Plasticidade (%)	32,4
Índice de Plasticidade (%)	15,3



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	13
Data:	25/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	91	90	33	28	48
Solo + Água + Molde (g)	7560	8055	8210	8255	8305
Peso Molde (g)	4820	4905	4770	4760	4880
Peso Solo + Água (g)	2740	3150	3440	3495	3425
Volume Molde (cm ³)	2014	1997	2015	1988	1970
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1360	1577	1707	1758	1739
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1086	1233	1306	1327	1279

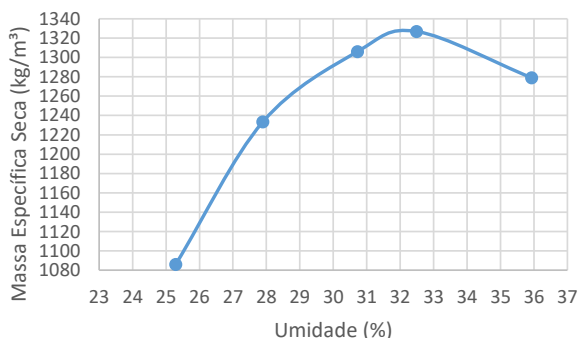
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	10	39	92	26	70	43	47	48	88	13
P. Solo Úm. + C. (g)	71,85	69,04	71,23	66,45	68,41	67,44	64,92	78,68	65,69	75,04
P. Solo S. + Cap. (g)	59,83	57,57	58,43	54,79	55,51	54,41	51,96	62,72	52,16	58,66
Peso Água (g)	12,02	11,47	12,80	11,66	12,90	13,03	12,96	15,96	13,53	16,38
Peso Cápsula (g)	12,33	12,18	12,45	13,07	13,16	12,35	12,24	13,39	14,27	13,35
P. Solo Seco (g)	47,50	45,39	45,98	41,72	42,35	42,06	39,72	49,33	37,89	45,31
Umidade (%)	25,31	25,27	27,84	27,95	30,46	30,98	32,63	32,35	35,71	36,15
Umid. Média (%)	25,29		27,89		30,72		32,49		35,93	

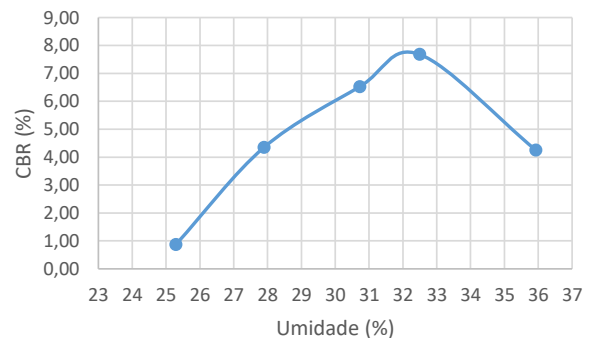
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,0
Densidade Máxima (kg/m ³)	1329
Expansão Média (%)	0,15
ISC/CBR Final (%)	7,8

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	1	0,01	
1,25	2	0,02	
2,5	5	0,05	0,72
5	9	0,09	0,87
7,5	12	0,12	
10	15	0,15	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	11	0,11	
1,25	19	0,19	
2,5	30	0,3	4,35
5	40	0,4	3,86
7,5	52	0,52	
10	56	0,56	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	30	0,3	
2,5	45	0,45	6,52
5	66	0,66	6,38
7,5	80	0,8	
10	88	0,88	

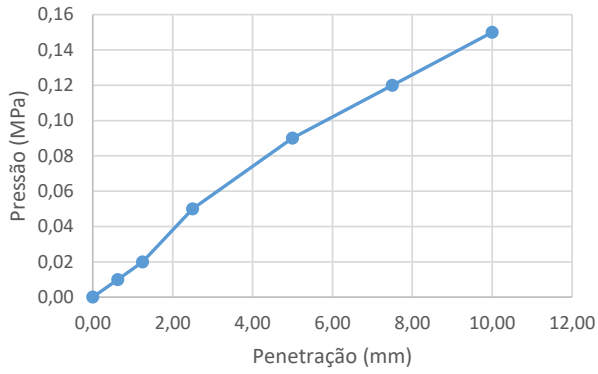
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	18	0,18	
1,25	34	0,34	
2,5	53	0,53	7,68
5	79	0,79	7,63
7,5	94	0,94	
10	109	1,09	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	11	0,11	
2,5	22	0,22	3,19
5	44	0,44	4,25
7,5	60	0,6	
10	65	0,65	

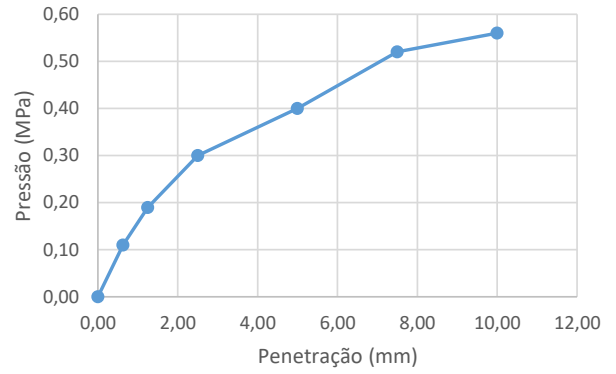
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
91	25,29	0,87	25,29	1086
90	27,89	4,35	27,89	1233
33	30,72	6,52	30,72	1306
28	32,49	7,68	32,49	1327
48	35,93	4,25	35,93	1279

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	91	90	33	28	48
Leitura Inicial	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Leitura Final	3,38	4,25	4,17	4,05	4,00
L.Final - L.Inicial	0,38	0,25	0,17	0,05	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,33	0,22	0,15	0,04	0,00
Média (%)	0,15				

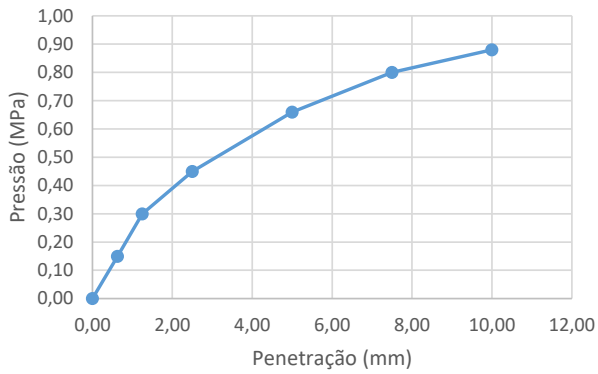
Pressão x Penetração 1



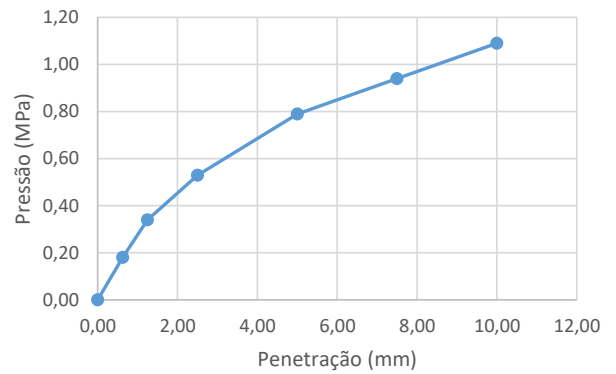
Pressão x Penetração 2



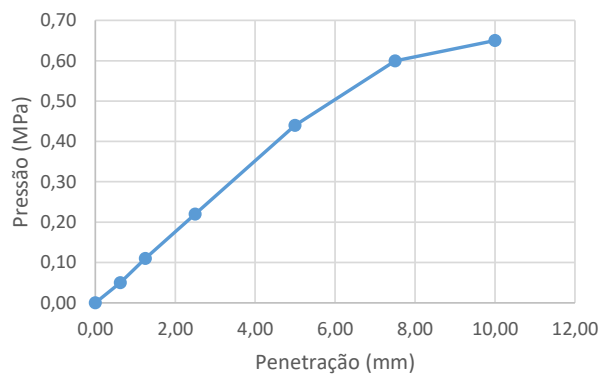
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	13
Data:	30/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

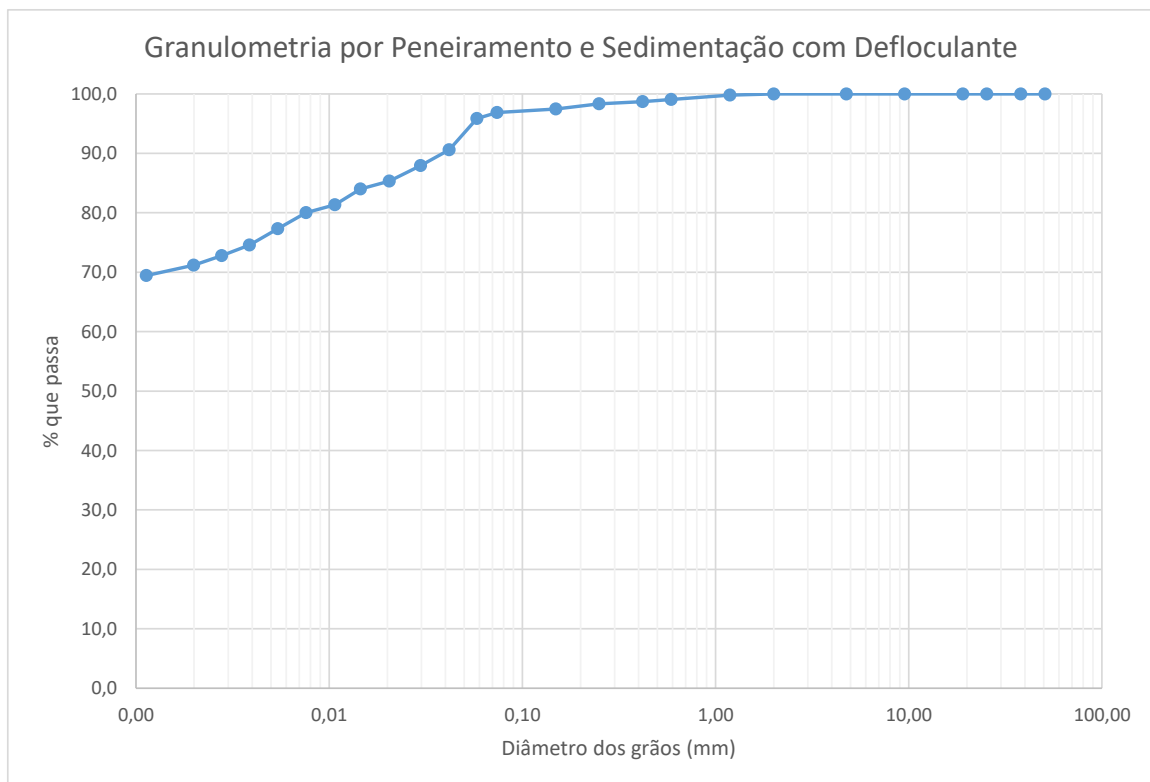
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	135	158		Pic.	12	3	
tara (g)	13,85	12,89		Temp. (°C)	25,8	25,8	
tara + SH (g)	89,85	91,88		Pic. Vazio	98,23	102,62	
tara + SS (g)	78,47	80,08		Pic. + Amostra	158,28	162,64	
Umidade (%)	17,61	17,56		Pic. + Água + Amostra	452,58	453,22	
w (%):	17,6			Pic. + Água	414,24	414,86	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,76	2,77	
				GS ₂₀ :	2,76		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	603,3			Massa total da amostra seca Ms (g) =	513,07		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,00	0,00	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,11	0,11	99,8
30	0,590	0,44	0,55	99,1
40	0,420	0,21	0,76	98,7
60	0,250	0,22	0,98	98,4
100	0,149	0,52	1,50	97,5
200	0,074	0,38	1,88	96,8

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,03	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,033	0,9966	10,7	95,9	0,0581
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,0	90,6	0,0418
2 min	120	24,2	1,030	0,9966	11,2	88,0	0,0298
4 min	240	24,2	1,029	0,9966	10,6	85,3	0,0205
8 min	480	24,2	1,029	0,9966	10,7	84,0	0,0145
15 min	900	24,1	1,028	0,9966	10,9	81,3	0,0107
30 min	1800	24,1	1,027	0,9966	10,9	80,0	0,0076
1 h	3600	24,0	1,026	0,9966	11,1	77,3	0,0054
2 h	7200	23,8	1,025	0,9966	11,3	74,6	0,0039
4 h	14400	22,9	1,025	0,9968	11,4	72,8	0,0028
8 h	28800	22,3	1,024	0,9969	11,5	71,2	0,0020
24 h	86400	24,0	1,023	0,9966	11,6	69,4	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,8	0,2	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,9
0,590	99,1	0,9	0,20 < Areia média < 0,6	1,2
0,420	98,7	1,3		
0,250	98,4	1,6		
0,149	97,5	2,5	0,06 < Areia fina < 0,20	1,5
0,074	96,8	3,2		
0,0581	95,9	4,1		
0,0418	90,6	9,4	0,002 < Silte < 0,06	25,2
0,0298	88,0	12,0		
0,0205	85,3	14,7		
0,0145	84,0	16,0		
0,0107	81,3	18,7		
0,0076	80,0	20,0		
0,0054	77,3	22,7		
0,0039	74,6	25,4		
0,0028	72,8	27,2		
0,0020	71,2	28,8		
0,0011	69,4	30,6	Argila < 0,002	71,2



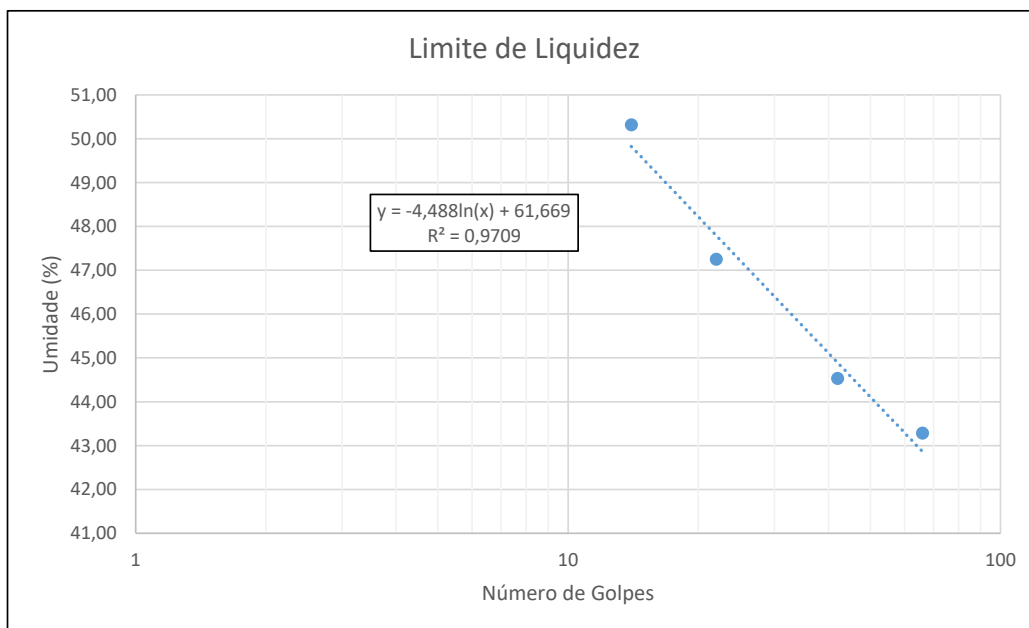
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	13
Data:	01/11/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
15	26,03	21,23	10,14	4,80	11,09	66	43,28
5	25,04	20,93	11,70	4,11	9,23	42	44,53
41	29,39	23,64	11,47	5,75	12,17	22	47,25
19	28,07	21,75	9,19	6,32	12,56	14	50,32

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
70	8,74	8,33	7,05	0,41	1,28	32,03	32,04
115	7,87	7,40	5,99	0,47	1,41	33,33	
76	7,25	6,80	5,36	0,45	1,44	31,25	
86	7,66	7,21	5,82	0,45	1,39	32,37	
114	7,57	7,13	5,72	0,44	1,41	31,21	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	47,2
Limite de Plasticidade (%)	32,0
Índice de Plasticidade (%)	15,2



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	14
Data:	15/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	50	57	18	82	16
Solo + Água + Molde (g)	8740	8190	8315	8290	8155
Peso Molde (g)	5600	4810	4745	4505	4655
Peso Solo + Água (g)	3140	3380	3570	3785	3500
Volume Molde (cm ³)	1988	1988	1988	2123	2015
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1579	1700	1796	1783	1737
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1228	1298	1348	1310	1261

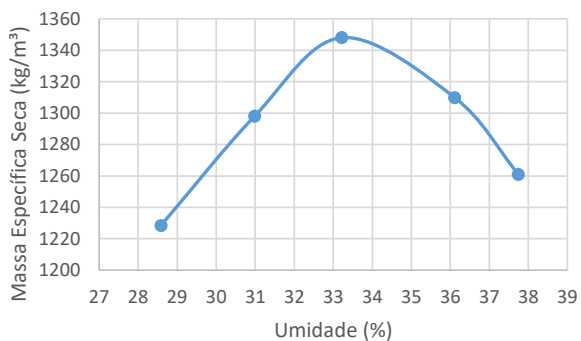
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	10	58	56	25	91	102	38	53	145	170
P. Solo Úm. + C. (g)	84,05	86,63	85,18	92,57	79,36	82,75	82,91	85,49	97,68	95,51
P. Solo S. + Cap. (g)	68,09	70,57	68,19	73,95	62,54	65,06	64,00	66,41	74,58	73,61
Peso Água (g)	15,96	16,06	16,99	18,62	16,82	17,69	18,91	19,08	23,10	21,90
Peso Cápsula (g)	12,38	14,25	13,64	13,54	11,65	12,07	12,41	12,76	13,83	15,15
P. Solo Seco (g)	55,71	56,32	54,55	60,41	50,89	52,99	51,59	53,65	60,75	58,46
Umidade (%)	28,65	28,52	31,15	30,82	33,05	33,38	36,65	35,56	38,02	37,46
Umid. Média (%)	28,58		30,98		33,22		36,11		37,74	

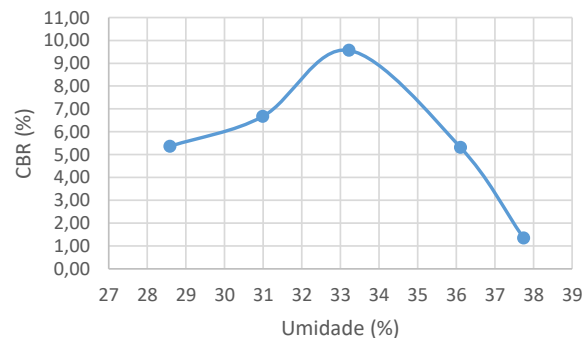
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	33,2
Densidade Máxima (kg/m ³)	1348
Expansão Média (%)	0,12
ISC/CBR Final (%)	9,5

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	28	0,28	
2,5	37	0,37	5,36
5	49	0,49	4,73
7,5	56	0,56	
10	61	0,61	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	14	0,14	
1,25	28	0,28	
2,5	46	0,46	6,67
5	69	0,69	6,67
7,5	85	0,85	
10	95	0,95	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	18	0,18	
1,25	35	0,35	
2,5	66	0,66	9,57
5	97	0,97	9,37
7,5	119	1,19	
10	136	1,36	

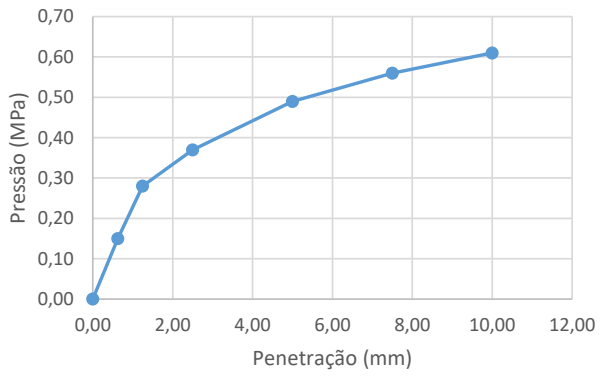
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	8	0,08	
1,25	16	0,16	
2,5	31	0,31	4,49
5	55	0,55	5,31
7,5	70	0,7	
10	77	0,77	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	3	0,03	
2,5	6	0,06	0,87
5	14	0,14	1,35
7,5	21	0,21	
10	24	0,24	

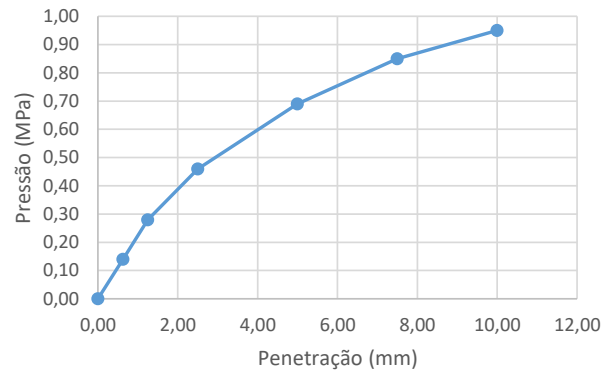
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
50	28,58	5,36	28,58	1228
57	30,98	6,67	30,98	1298
18	33,22	9,57	33,22	1348
82	36,11	5,31	36,11	1310
16	37,74	1,35	37,74	1261

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	50	57	18	82	16
Leitura Inicial	5,00	6,00	4,00	3,00	3,00
Leitura Final	5,27	6,26	4,05	3,06	3,02
L.Final - L.Inicial	0,27	0,26	0,05	0,06	0,02
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,24	0,23	0,04	0,05	0,02
Média (%)	0,12				

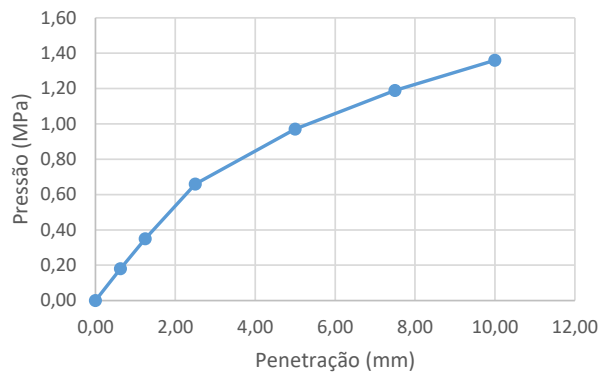
Pressão x Penetração 1



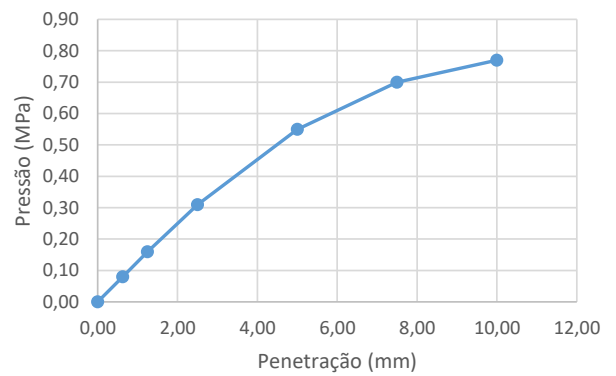
Pressão x Penetração 2



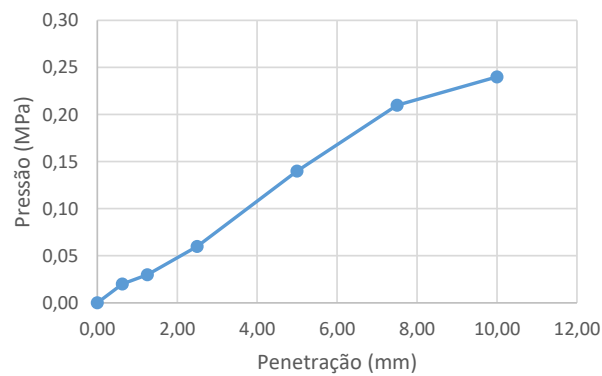
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	14
Data:	21/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

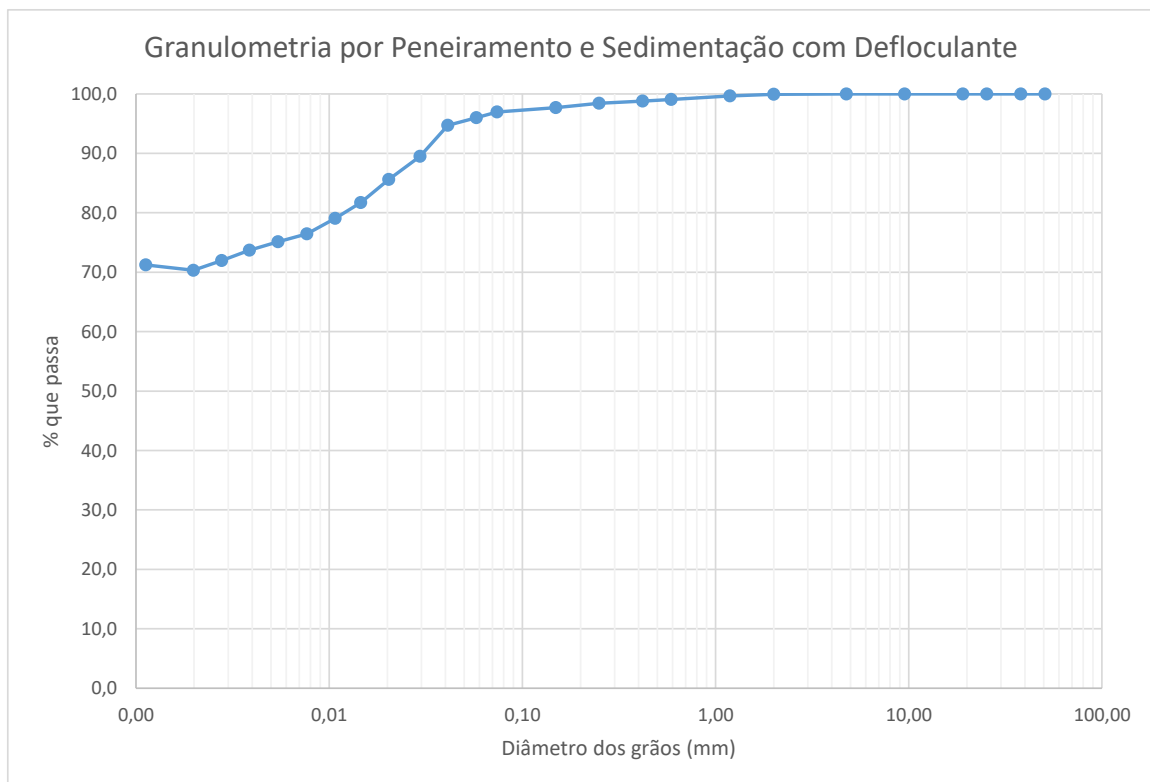
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	147	300		Pic.	1	3	
tara (g)	13,4	13,1		Temp. (°C)	27,5	27,5	
tara + SH (g)	99,24	98,14		Pic. Vazio	99,47	102,62	
tara + SS (g)	87,00	86,24		Pic. + Amostra	159,48	162,63	
Umidade (%)	16,63	16,27		Pic. + Água + Amostra	454,42	453,25	
w (%):	16,5			Pic. + Água	416,15	414,82	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,75	2,78	
				GS ₂₀ :	2,76		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	832,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	714,51		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,28	0,28	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,18	0,18	99,7
30	0,590	0,35	0,53	99,1
40	0,420	0,18	0,71	98,8
60	0,250	0,21	0,92	98,4
100	0,149	0,46	1,38	97,7
200	0,074	0,42	1,80	97,0

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,15	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,034	0,9966	10,6	96,0	0,0579
1 min	60	24,2	1,033	0,9966	10,7	94,7	0,0411
2 min	120	24,2	1,031	0,9966	11,0	89,5	0,0295
4 min	240	24,2	1,030	0,9966	10,5	85,6	0,0204
8 min	480	24,2	1,028	0,9966	10,8	81,7	0,0146
15 min	900	24,1	1,027	0,9966	10,9	79,1	0,0108
30 min	1800	24,1	1,026	0,9966	11,1	76,5	0,0077
1 h	3600	24,0	1,026	0,9966	11,2	75,1	0,0054
2 h	7200	23,8	1,025	0,9966	11,3	73,7	0,0039
4 h	14400	22,9	1,025	0,9968	11,4	71,9	0,0028
8 h	28800	22,3	1,024	0,9969	11,5	70,3	0,0020
24 h	86400	24,0	1,024	0,9966	11,5	71,2	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,7	0,3	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,9
0,590	99,1	0,9	0,20 < Areia média < 0,6	1,0
0,420	98,8	1,2		
0,250	98,4	1,6		
0,149	97,7	2,3	0,06 < Areia fina < 0,20	1,9
0,074	97,0	3,0		
0,0579	96,0	4,0		
0,0411	94,7	5,3	0,002 < Silte < 0,06	25,9
0,0295	89,5	10,5		
0,0204	85,6	14,4		
0,0146	81,7	18,3		
0,0108	79,1	20,9		
0,0077	76,5	23,5		
0,0054	75,1	24,9		
0,0039	73,7	26,3		
0,0028	71,9	28,1		
0,0020	70,3	29,7	Argila < 0,002	70,3
0,0011	71,2	28,8		



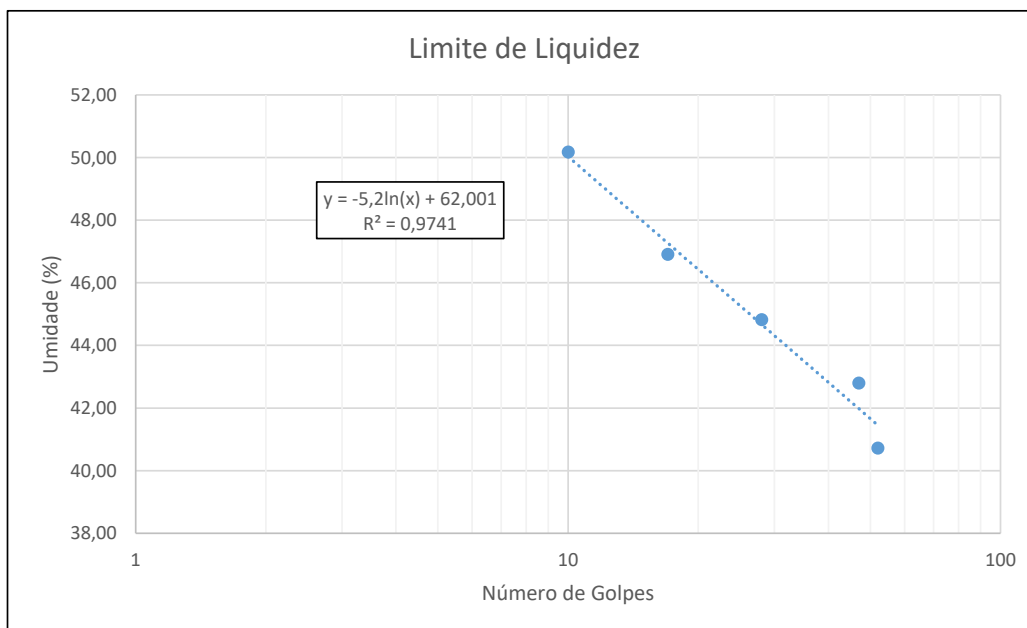
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	14
Data:	18/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
8	26,30	22,09	11,75	4,21	10,34	52	40,72
22	30,48	24,45	10,36	6,03	14,09	47	42,80
48	27,10	21,73	9,75	5,37	11,98	28	44,82
14	27,96	22,66	11,36	5,30	11,30	17	46,90
23	29,89	24,02	12,32	5,87	11,70	10	50,17

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
103	7,87	7,39	5,81	0,48	1,58	30,38	30,43
100	8,17	7,73	6,31	0,44	1,42	30,99	
71	11,10	10,64	9,16	0,46	1,48	31,08	
80	7,39	6,97	5,56	0,42	1,41	29,79	
101	7,89	7,45	5,98	0,44	1,47	29,93	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	45,3
Limite de Plasticidade (%)	30,4
Índice de Plasticidade (%)	14,8



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	15
Data:	21/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	84	20	18	80	82
Solo + Água + Molde (g)	7200	7580	8205	8265	8070
Peso Molde (g)	4385	4625	4745	4480	4505
Peso Solo + Água (g)	2815	2955	3460	3785	3565
Volume Molde (cm ³)	2069	1970	1988	2151	2123
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1361	1500	1740	1760	1679
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1087	1175	1334	1324	1245

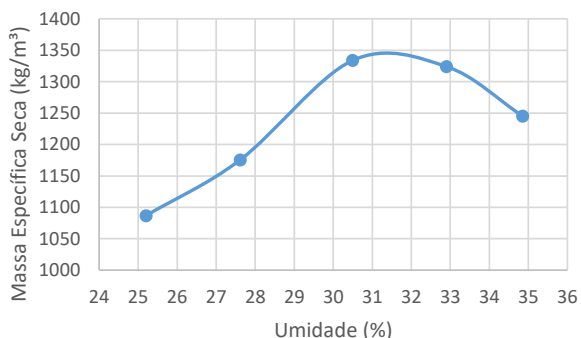
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	139	136	145	166	107	109	169	168	132	128
P. Solo Úm. + C. (g)	85,37	88,12	97,34	89,99	79,28	83,36	86,12	84,29	101,21	104,56
P. Solo S. + Cap. (g)	71,03	73,20	79,29	73,10	64,18	67,28	68,08	66,74	81,05	83,42
Peso Água (g)	14,34	14,92	18,05	16,89	15,10	16,08	18,04	17,55	20,16	21,14
Peso Cápsula (g)	13,90	14,22	13,84	12,01	14,59	14,63	13,19	13,45	23,38	22,58
P. Solo Seco (g)	57,13	58,98	65,45	61,09	49,59	52,65	54,89	53,29	57,67	60,84
Umidade (%)	25,10	25,30	27,58	27,65	30,45	30,54	32,87	32,93	34,96	34,75
Umid. Média (%)	25,20		27,61		30,50		32,90		34,85	

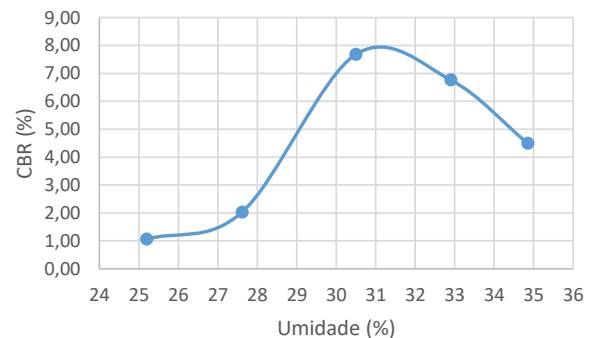
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	31,3
Densidade Máxima (kg/m ³)	1349
Expansão Média (%)	0,21
ISC/CBR Final (%)	8,0

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	4	0,04	
2,5	7	0,07	1,01
5	11	0,11	1,06
7,5	16	0,16	
10	19	0,19	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	9	0,09	
2,5	14	0,14	2,03
5	21	0,21	2,03
7,5	28	0,28	
10	32	0,32	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	25	0,25	
1,25	41	0,41	
2,5	53	0,53	7,68
5	77	0,77	7,44
7,5	88	0,88	
10	100	1	

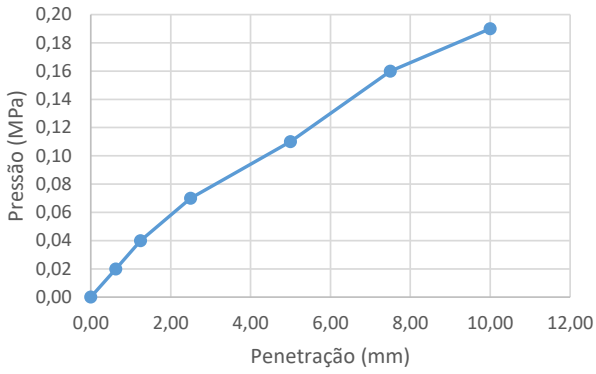
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	16	0,16	
1,25	26	0,26	
2,5	45	0,45	6,52
5	70	0,7	6,76
7,5	85	0,85	
10	94	0,94	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	10	0,1	
1,25	16	0,16	
2,5	31	0,31	4,49
5	46	0,46	4,44
7,5	60	0,6	
10	66	0,66	

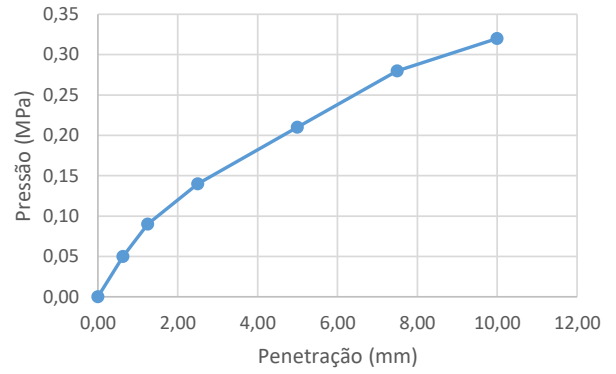
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
84	25,20	1,06	25,20	1087
20	27,61	2,03	27,61	1175
18	30,50	7,68	30,50	1334
80	32,90	6,76	32,90	1324
82	34,85	4,49	34,85	1245

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	84	20	18	80	82
Leitura Inicial	5,00	5,00	4,00	3,00	6,00
Leitura Final	5,58	5,33	4,15	3,08	6,05
L.Final - L.Inicial	0,58	0,33	0,15	0,08	0,05
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,51	0,29	0,13	0,07	0,04
Média (%)	0,21				

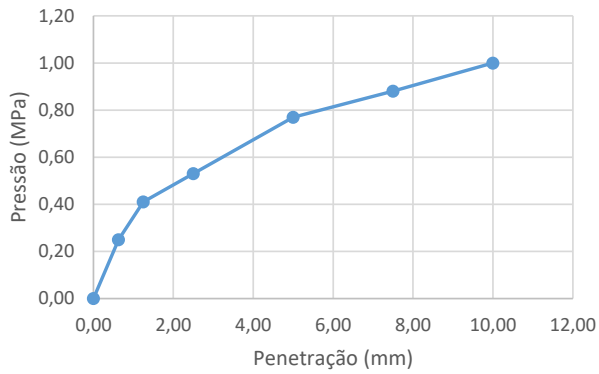
Pressão x Penetração 1



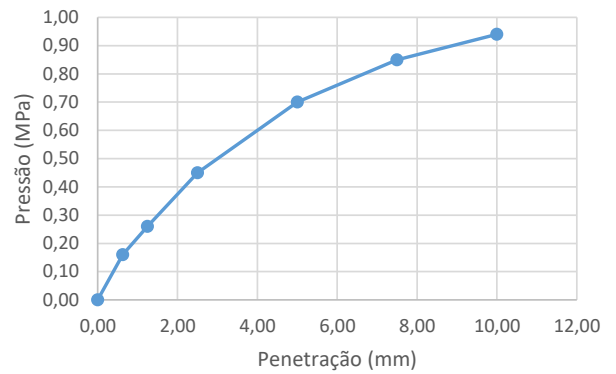
Pressão x Penetração 2



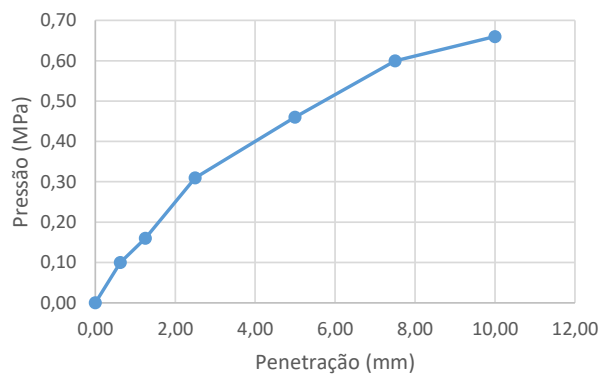
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	15
Data:	25/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

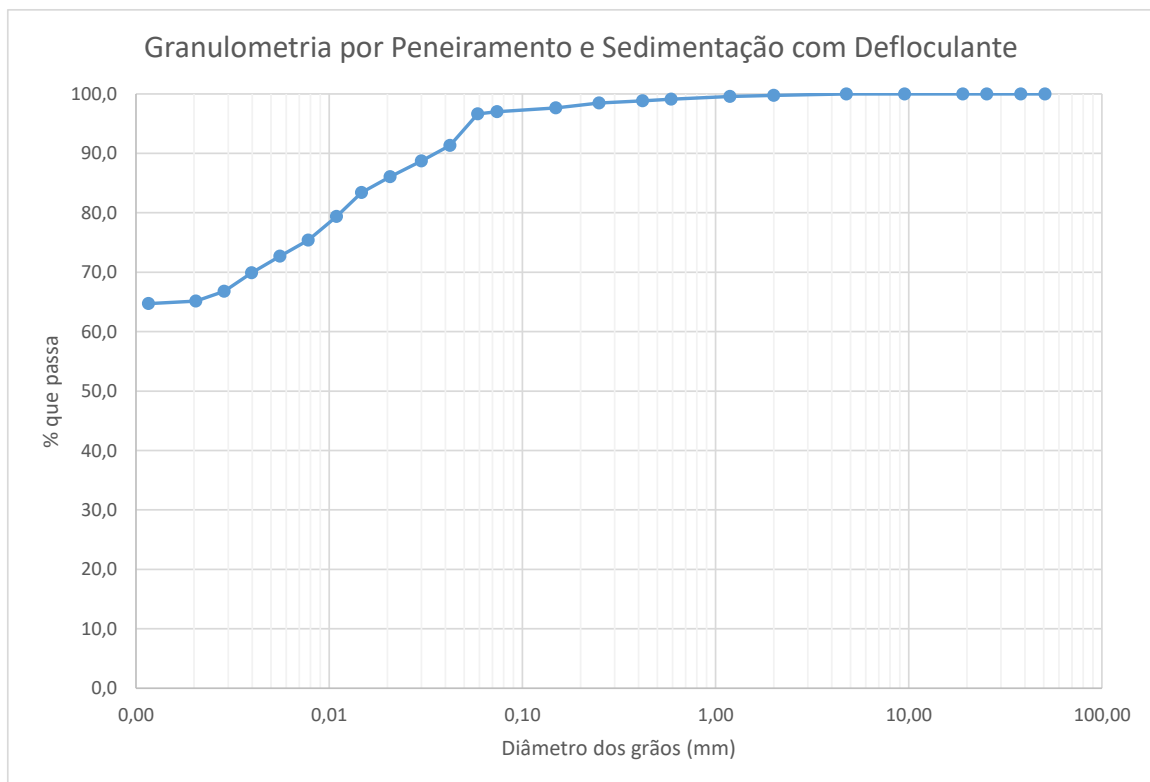
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	395	28		Pic.	1	2	
tara (g)	12,16	13,22		Temp. (°C)	27,1	27,0	
tara + SH (g)	83,09	79,56		Pic. Vazio	99,47	134,61	
tara + SS (g)	72,5	69,21		Pic. + Amostra	159,47	194,65	
Umidade (%)	17,55	18,49		Pic. + Água + Amostra	454,13	658,87	
w (%):	18,0			Pic. + Água	416,12	620,77	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,72	2,73	
				GS ₂₀ :	2,73		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	602,4			Massa total da amostra seca Ms (g) =	510,64		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	1,34	1,34	99,7

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,08	0,08	99,6
30	0,590	0,29	0,38	99,1
40	0,420	0,17	0,55	98,8
60	0,250	0,20	0,75	98,5
100	0,149	0,49	1,24	97,7
200	0,074	0,38	1,62	97,0

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,05	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,033	0,9966	10,7	96,7	0,0588
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,0	91,4	0,0422
2 min	120	24,2	1,030	0,9966	11,2	88,7	0,0301
4 min	240	24,2	1,029	0,9966	10,6	86,0	0,0207
8 min	480	24,2	1,028	0,9966	10,8	83,4	0,0147
15 min	900	24,1	1,027	0,9966	11,0	79,4	0,0109
30 min	1800	24,1	1,025	0,9966	11,3	75,4	0,0078
1 h	3600	24,0	1,024	0,9966	11,5	72,7	0,0056
2 h	7200	23,8	1,023	0,9966	11,6	69,9	0,0040
4 h	14400	22,9	1,022	0,9968	11,8	66,8	0,0029
8 h	28800	22,3	1,022	0,9969	11,9	65,1	0,0020
24 h	86400	24,0	1,021	0,9966	12,0	64,7	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,7	0,3	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,3
1,190	99,6	0,4	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,6
0,590	99,1	0,9	0,20 < Areia média < 0,6	1,0
0,420	98,8	1,2		
0,250	98,5	1,5		
0,149	97,7	2,3	0,06 < Areia fina < 0,20	1,0
0,074	97,0	3,0		
0,0588	96,7	3,3		
0,0422	91,4	8,6	0,002 < Silte < 0,06	31,9
0,0301	88,7	11,3		
0,0207	86,0	14,0		
0,0147	83,4	16,6		
0,0109	79,4	20,6		
0,0078	75,4	24,6		
0,0056	72,7	27,3		
0,0040	69,9	30,1		
0,0029	66,8	33,2		
0,0020	65,1	34,9		
0,0012	64,7	35,3	Argila < 0,002	65,1



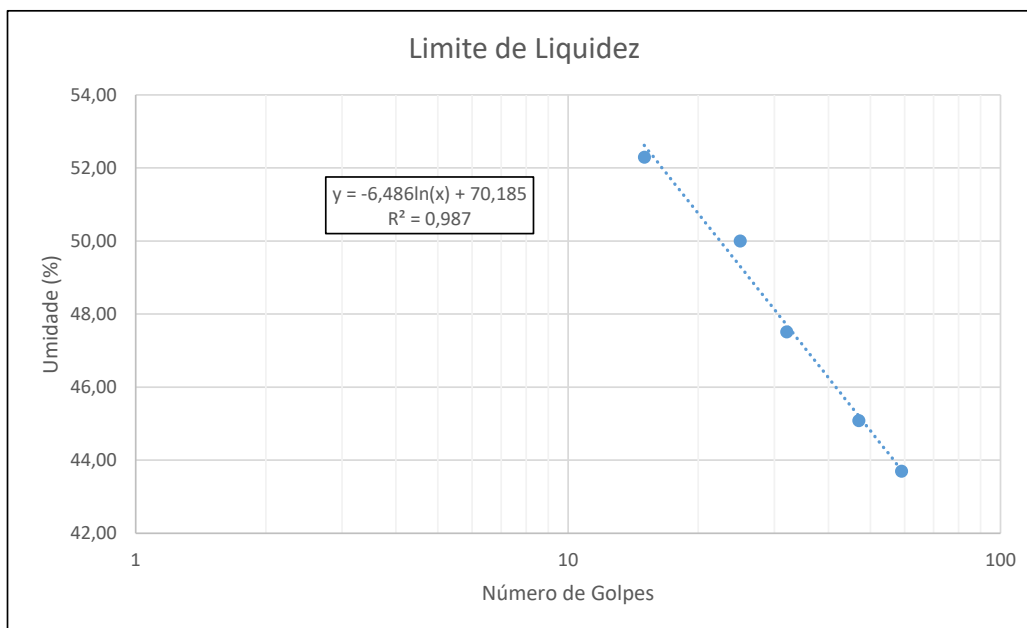
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	15
Data:	22/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
36	29,57	23,92	10,99	5,65	12,93	59	43,70
14	29,07	23,57	11,37	5,50	12,20	47	45,08
18	28,46	22,93	11,29	5,53	11,64	32	47,51
24	28,17	22,72	11,82	5,45	10,90	25	50,00
23	27,59	22,35	12,33	5,24	10,02	15	52,30

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
110	8,20	7,63	5,87	0,57	1,76	32,39	31,65
64	8,14	7,53	5,60	0,61	1,93	31,61	
94	8,78	8,22	6,38	0,56	1,84	30,43	
56	7,41	6,87	5,12	0,54	1,75	30,86	
57	8,03	7,47	5,77	0,56	1,70	32,94	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	49,3
Limite de Plasticidade (%)	31,6
Índice de Plasticidade (%)	17,7



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	16
Data:	19/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	5	48	47	46	7
Solo + Água + Molde (g)	7655	8285	8205	8160	7900
Peso Molde (g)	4455	4880	4735	4725	4510
Peso Solo + Água (g)	3200	3405	3470	3435	3390
Volume Molde (cm ³)	2015	1970	1988	1988	1997
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1588	1728	1745	1728	1698
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1240	1324	1315	1274	1226

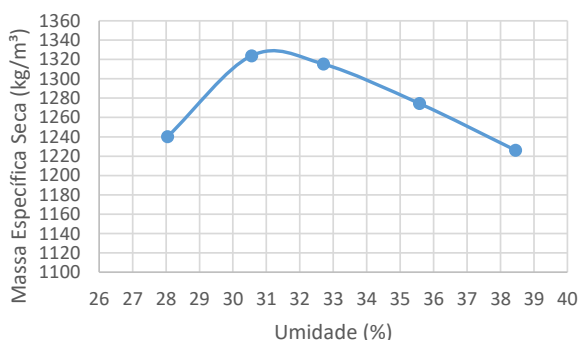
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	86	85	63	51	1	83	27	76	91	9
P. Solo Úm. + C. (g)	73,20	69,75	77,11	68,71	68,60	70,25	72,37	79,88	72,23	68,54
P. Solo S. + Cap. (g)	60,14	57,34	61,96	55,32	54,65	55,86	56,75	62,07	55,44	52,72
Peso Água (g)	13,06	12,41	15,15	13,39	13,95	14,39	15,62	17,81	16,79	15,82
Peso Cápsula (g)	13,59	13,08	11,90	11,92	11,98	11,88	12,25	12,67	11,65	11,69
P. Solo Seco (g)	46,55	44,26	50,06	43,40	42,67	43,98	44,50	49,40	43,79	41,03
Umidade (%)	28,06	28,04	30,26	30,85	32,69	32,72	35,10	36,05	38,34	38,56
Umid. Média (%)	28,05		30,56		32,71		35,58		38,45	

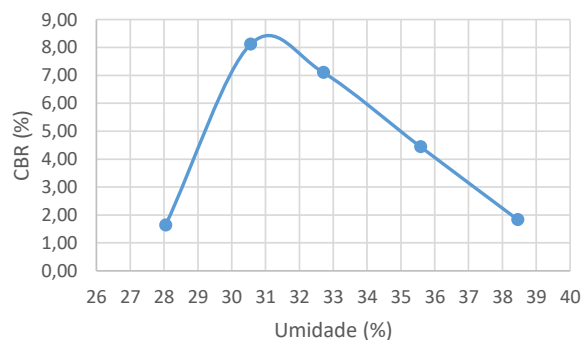
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	31,3
Densidade Máxima (kg/m ³)	1334
Expansão Média (%)	0,32
ISC/CBR Final (%)	8,2

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	4	0,04	
1,25	7	0,07	
2,5	11	0,11	1,59
5	17	0,17	1,64
7,5	23	0,23	
10	25	0,25	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	25	0,25	
1,25	39	0,39	
2,5	54	0,54	7,83
5	84	0,84	8,12
7,5	97	0,97	
10	102	1,02	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	20	0,2	
1,25	31	0,31	
2,5	49	0,49	7,10
5	72	0,72	6,96
7,5	91	0,91	
10	99	0,99	

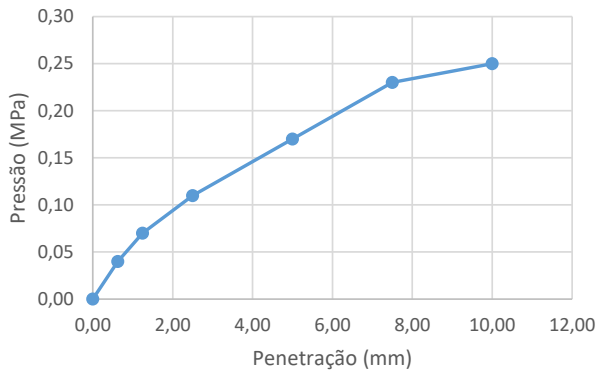
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	10	0,1	
1,25	16	0,16	
2,5	25	0,25	3,62
5	46	0,46	4,44
7,5	60	0,6	
10	65	0,65	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	5	0,05	
2,5	10	0,1	1,45
5	19	0,19	1,84
7,5	27	0,27	
10	30	0,3	

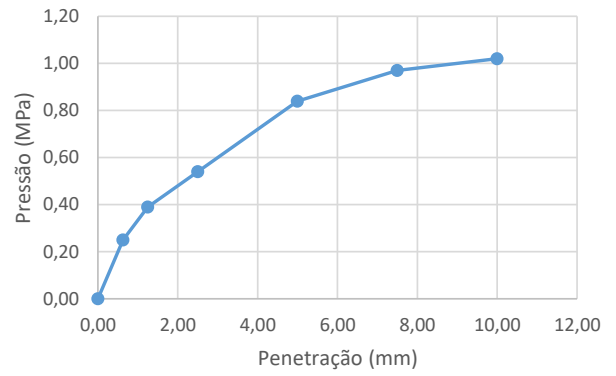
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
5	28,05	1,64	28,05	1240
48	30,56	8,12	30,56	1324
47	32,71	7,10	32,71	1315
46	35,58	4,44	35,58	1274
7	38,45	1,84	38,45	1226

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	5	48	47	46	7
Leitura Inicial	4,00	5,00	4,00	4,00	6,00
Leitura Final	4,31	5,33	5,16	4,02	5,98
L.Final - L.Inicial	0,31	0,33	1,16	0,02	-0,02
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,27	0,29	1,02	0,02	-0,02
Média (%)	0,32				

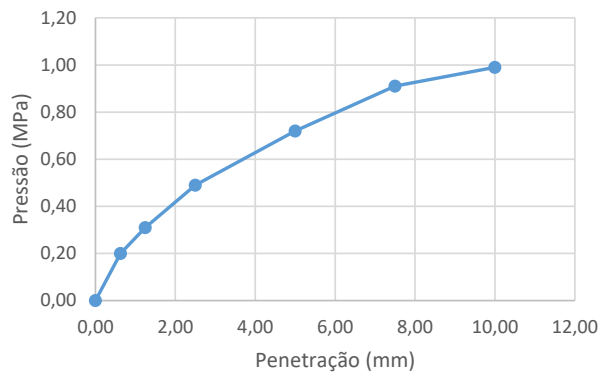
Pressão x Penetração 1



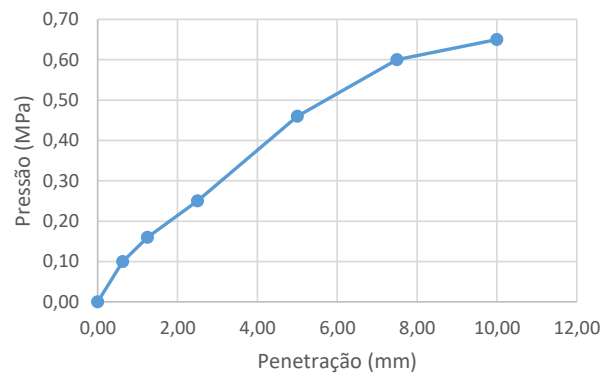
Pressão x Penetração 2



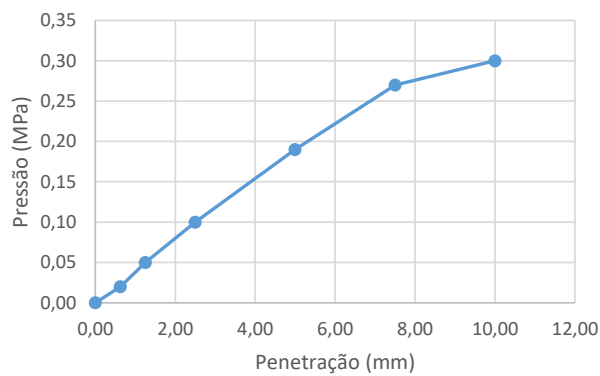
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	16	
Data:	21/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

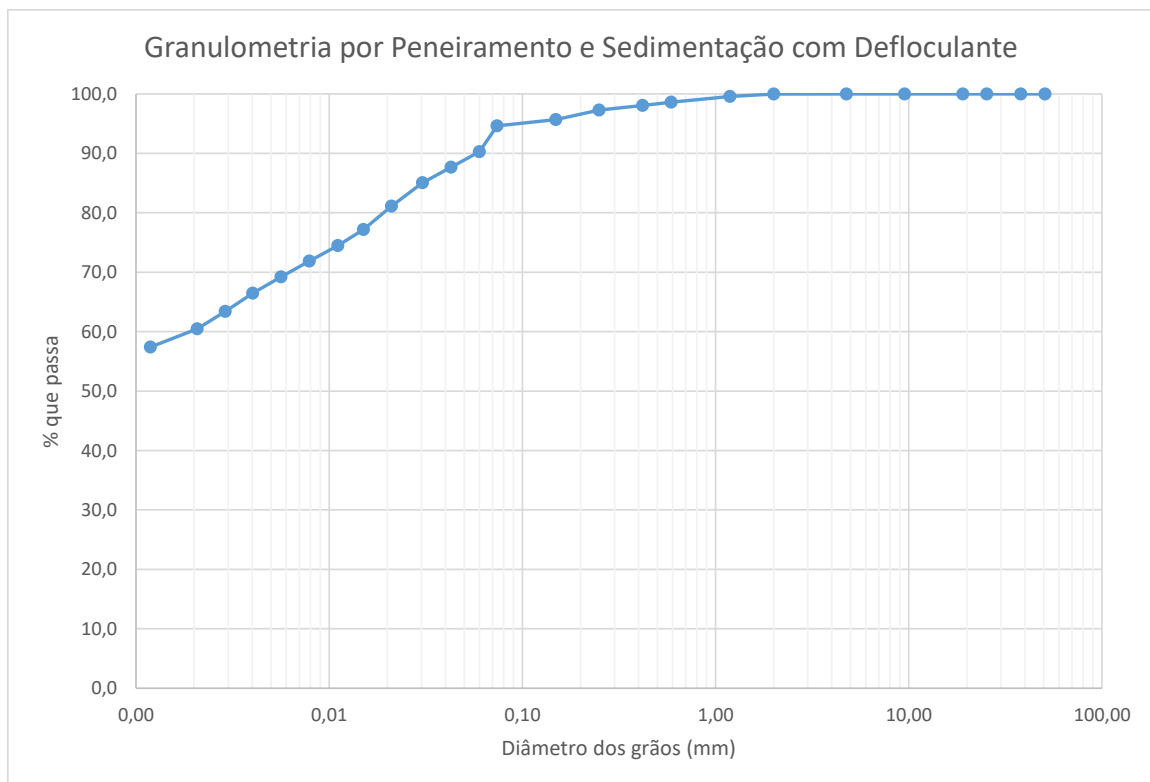
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	106	398		Pic.	3	6	
tara (g)	14,05	12,47		Temp. (°C)	27,8	27,7	
tara + SH (g)	97,74	96,24		Pic. Vazio	102,62	100,55	
tara + SS (g)	85,31	84,53		Pic. + Amostra	162,62	160,6	
Umidade (%)	17,44	16,25		Pic. + Água + Amostra	452,64	455,42	
w (%):	16,8			Pic. + Água	414,80	417,42	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,70	2,72	
				GS ₂₀ :	2,71		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	513,52		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,19	0,19	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,24	0,24	99,6
30	0,590	0,57	0,81	98,6
40	0,420	0,35	1,16	98,0
60	0,250	0,46	1,63	97,3
100	0,149	0,97	2,60	95,7
200	0,074	0,62	3,22	94,6

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,60	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,031	0,9966	11,0	90,3	0,0600
1 min	60	24,2	1,030	0,9966	11,2	87,7	0,0428
2 min	120	24,2	1,029	0,9966	11,4	85,0	0,0305
4 min	240	24,2	1,028	0,9966	10,9	81,1	0,0210
8 min	480	24,2	1,026	0,9966	11,1	77,2	0,0151
15 min	900	24,1	1,025	0,9966	11,3	74,5	0,0111
30 min	1800	24,1	1,024	0,9966	11,5	71,9	0,0079
1 h	3600	24,0	1,023	0,9966	11,6	69,2	0,0056
2 h	7200	23,8	1,022	0,9966	11,8	66,5	0,0040
4 h	14400	22,9	1,021	0,9968	12,0	63,4	0,0029
8 h	28800	22,3	1,020	0,9969	12,2	60,5	0,0021
24 h	86400	24,0	1,019	0,9966	12,4	57,4	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,6	0,4	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,3
0,590	98,6	1,4	0,20 < Areia média < 0,6	2,2
0,420	98,0	2,0		
0,250	97,3	2,7		
0,149	95,7	4,3	0,06 < Areia fina < 0,20	6,2
0,074	94,6	5,4		
0,0600	90,3	9,7		
0,0428	87,7	12,3	0,002 < Silte < 0,06	30,1
0,0305	85,0	15,0		
0,0210	81,1	18,9		
0,0151	77,2	22,8		
0,0111	74,5	25,5		
0,0079	71,9	28,1		
0,0056	69,2	30,8		
0,0040	66,5	33,5		
0,0029	63,4	36,6		
0,0021	60,5	39,5		
0,0012	57,4	42,6	Argila < 0,002	60,2



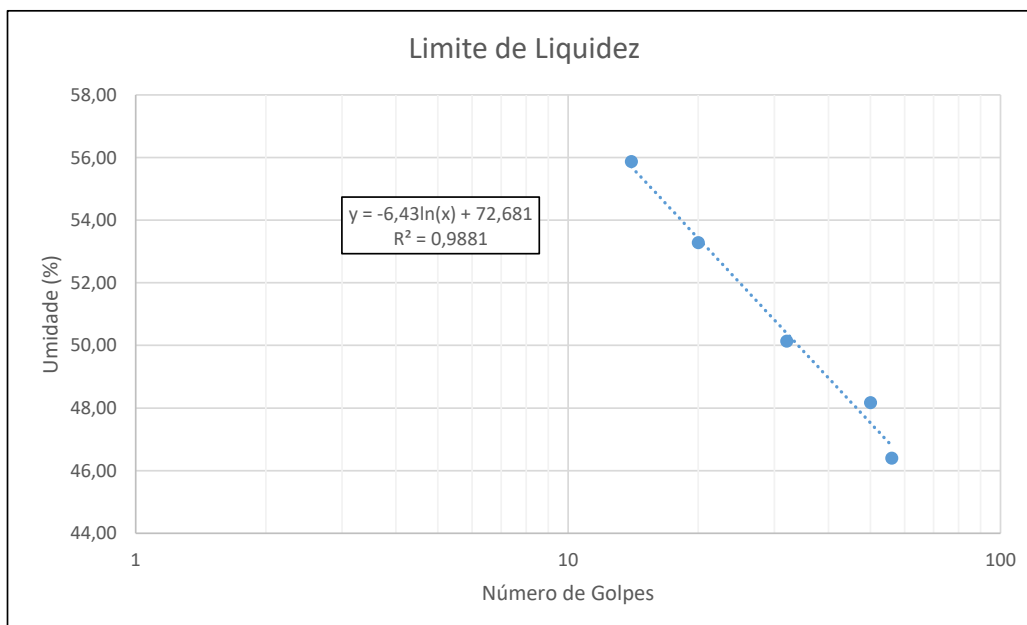
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	16
Data:	20/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
29	27,69	22,54	11,44	5,15	11,10	56	46,40
34	29,37	23,96	12,73	5,41	11,23	50	48,17
50	28,37	22,61	11,12	5,76	11,49	32	50,13
12	26,68	21,32	11,26	5,36	10,06	20	53,28
40	31,76	24,81	12,37	6,95	12,44	14	55,87

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
111	7,70	7,15	5,56	0,55	1,59	34,59	32,04
91	7,62	7,12	5,48	0,50	1,64	30,49	
78	8,45	7,97	6,38	0,48	1,59	30,19	
116	7,99	7,50	5,96	0,49	1,54	31,82	
92	8,15	7,64	6,10	0,51	1,54	33,12	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	52,0
Limite de Plasticidade (%)	32,0
Índice de Plasticidade (%)	19,9



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF			Ponto:	17
Data:	19/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	57	56	55	90	8
Solo + Água + Molde (g)	7675	7460	7905	8550	8495
Peso Molde (g)	4810	4245	4375	4905	4885
Peso Solo + Água (g)	2865	3215	3530	3645	3610
Volume Molde (cm ³)	1988	2032	2050	1997	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1441	1582	1722	1825	1816
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1140	1228	1311	1371	1332

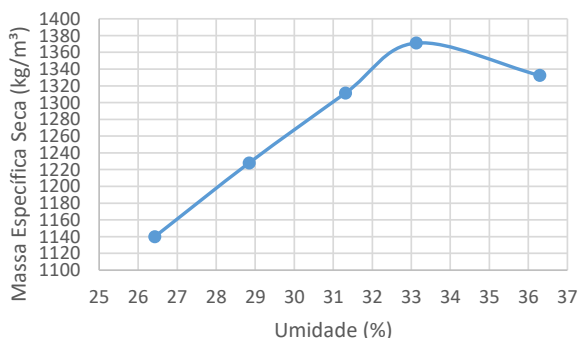
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	89	53	10	26	14	81	96	7	95	4
P. Solo Úm. + C. (g)	77,57	78,68	77,26	81,03	80,99	67,23	73,46	82,00	76,65	75,02
P. Solo S. + Cap. (g)	64,39	64,63	62,74	65,81	64,85	54,21	58,58	64,68	59,62	58,39
Peso Água (g)	13,18	14,05	14,52	15,22	16,14	13,02	14,88	17,32	17,03	16,63
Peso Cápsula (g)	13,23	12,76	12,35	13,09	13,29	12,64	13,83	12,20	13,53	11,71
P. Solo Seco (g)	51,16	51,87	50,39	52,72	51,56	41,57	44,75	52,48	46,09	46,68
Umidade (%)	25,76	27,09	28,82	28,87	31,30	31,32	33,25	33,00	36,95	35,63
Umid. Média (%)	26,42		28,84		31,31		33,13		36,29	

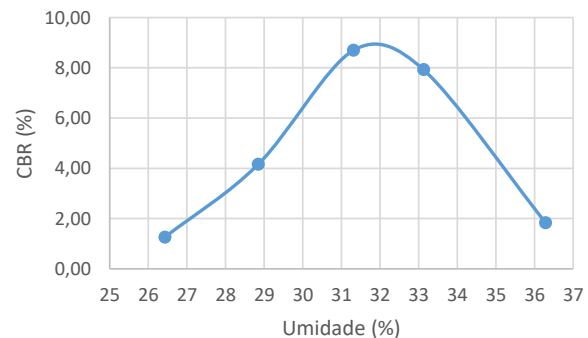
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	33,2
Densidade Máxima (kg/m ³)	1365
Expansão Média (%)	0,13
ISC/CBR Final (%)	7,5

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	5	0,05	
2,5	8	0,08	1,16
5	13	0,13	1,26
7,5	16	0,16	
10	17	0,17	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	7	0,07	
1,25	14	0,14	
2,5	26	0,26	3,77
5	43	0,43	4,15
7,5	50	0,5	
10	53	0,53	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	26	0,26	
1,25	44	0,44	
2,5	60	0,6	8,70
5	80	0,8	7,73
7,5	95	0,95	
10	106	1,06	

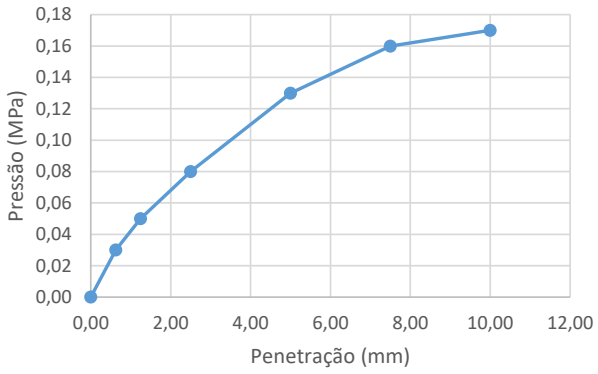
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	13	0,13	
1,25	29	0,29	
2,5	53	0,53	7,68
5	82	0,82	7,92
7,5	100	1	
10	108	1,08	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	4	0,04	
2,5	9	0,09	1,30
5	19	0,19	1,84
7,5	30	0,3	
10	37	0,37	

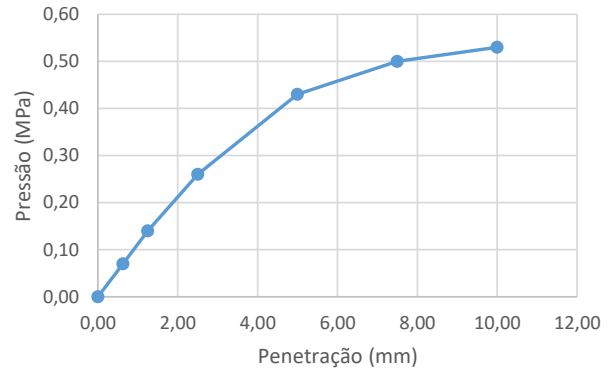
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
57	26,42	1,26	26,42	1140
56	28,84	4,15	28,84	1228
55	31,31	8,70	31,31	1311
90	33,13	7,92	33,13	1371
8	36,29	1,84	36,29	1332

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	57	56	55	90	8
Leitura Inicial	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Leitura Final	4,39	4,25	4,05	4,07	4,00
L.Final - L.Inicial	0,39	0,25	0,05	0,07	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,34	0,22	0,04	0,06	0,00
Média (%)	0,13				

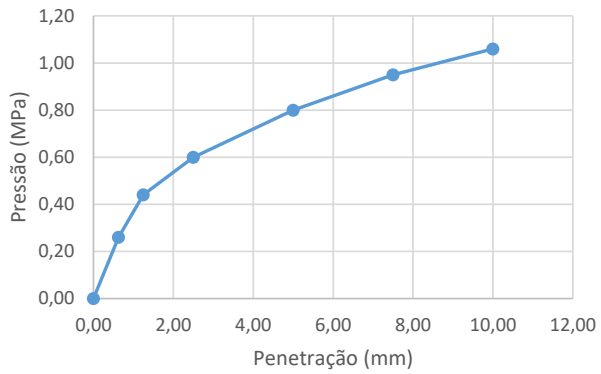
Pressão x Penetração 1



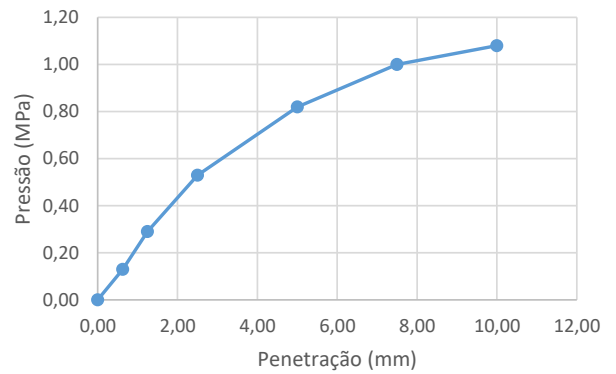
Pressão x Penetração 2



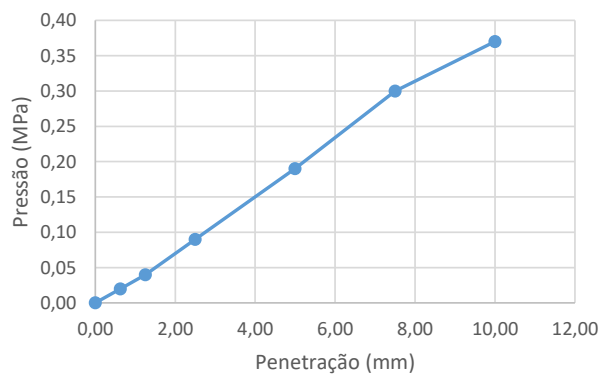
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	17	
Data:	21/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

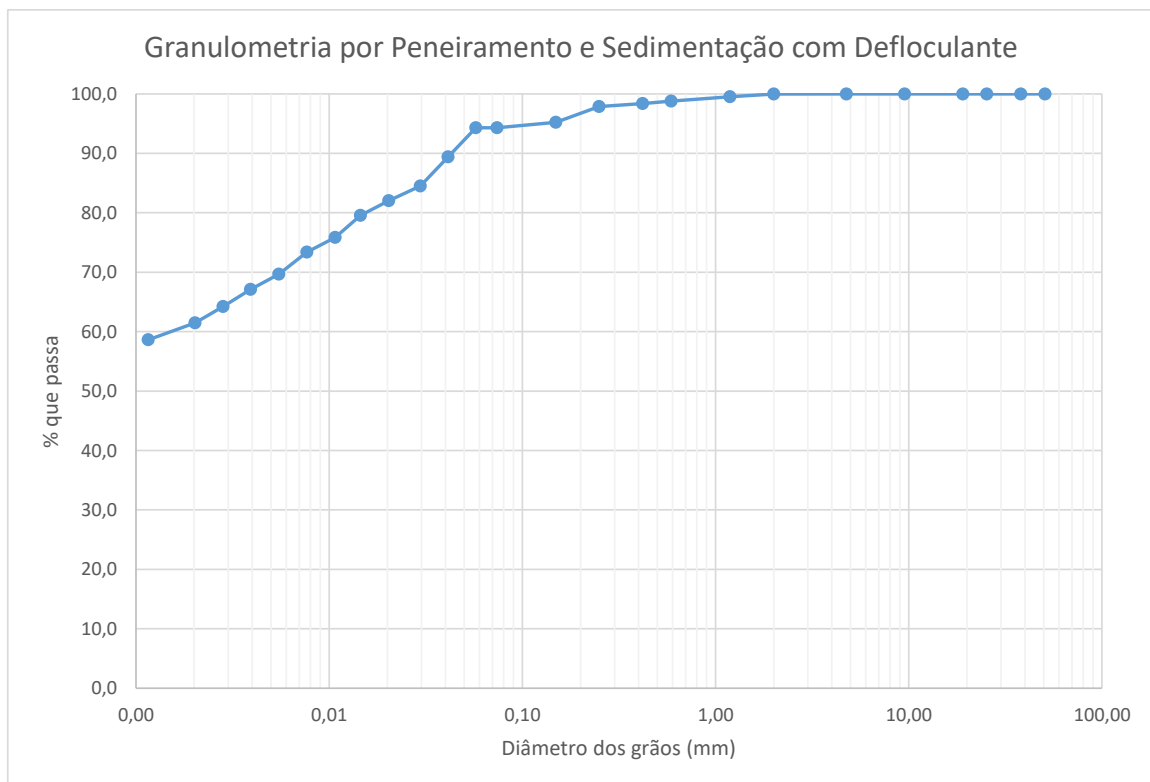
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	144	49		Pic.	7	8	
tara (g)	14,01	12,24		Temp. (°C)	26,9	26,9	
tara + SH (g)	102,56	97,74		Pic. Vazio	101,45	97,6	
tara + SS (g)	88,75	97,14		Pic. + Amostra	161,49	157,67	
Umidade (%)	18,48	0,71		Pic. + Água + Amostra	440,41	442,95	
w (%):	9,6			Pic. + Água	402,15	404,71	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,75	2,75	
				GS ₂₀ :	2,75		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,1			Massa total da amostra seca Ms (g) =	547,63		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,20	0,20	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,27	0,27	99,5
30	0,590	0,49	0,76	98,8
40	0,420	0,26	1,02	98,4
60	0,250	0,31	1,33	97,9
100	0,149	1,70	3,03	95,2
200	0,074	0,59	3,62	94,3

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,17	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,035	0,9966	10,3	94,3	0,0574
1 min	60	24,2	1,033	0,9966	10,7	89,4	0,0413
2 min	120	24,2	1,031	0,9966	11,0	84,5	0,0297
4 min	240	24,2	1,030	0,9966	10,4	82,0	0,0204
8 min	480	24,2	1,029	0,9966	10,6	79,6	0,0145
15 min	900	24,1	1,028	0,9966	10,9	75,9	0,0108
30 min	1800	24,1	1,027	0,9966	11,0	73,4	0,0077
1 h	3600	24,0	1,025	0,9966	11,3	69,7	0,0055
2 h	7200	23,8	1,024	0,9966	11,5	67,1	0,0039
4 h	14400	22,9	1,023	0,9968	11,6	64,2	0,0028
8 h	28800	22,3	1,022	0,9969	11,8	61,5	0,0020
24 h	86400	24,0	1,021	0,9966	12,1	58,6	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,5	0,5	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,2
0,590	98,8	1,2	0,20 < Areia média < 0,6	2,2
0,420	98,4	1,6		
0,250	97,9	2,1		
0,149	95,2	4,8	0,06 < Areia fina < 0,20	1,5
0,074	94,3	5,7		
0,0574	94,3	5,7		
0,0413	89,4	10,6	0,002 < Silte < 0,06	33,7
0,0297	84,5	15,5		
0,0204	82,0	18,0		
0,0145	79,6	20,4		
0,0108	75,9	24,1		
0,0077	73,4	26,6		
0,0055	69,7	30,3		
0,0039	67,1	32,9		
0,0028	64,2	35,8		
0,0020	61,5	38,5		
0,0012	58,6	41,4	Argila < 0,002	61,4



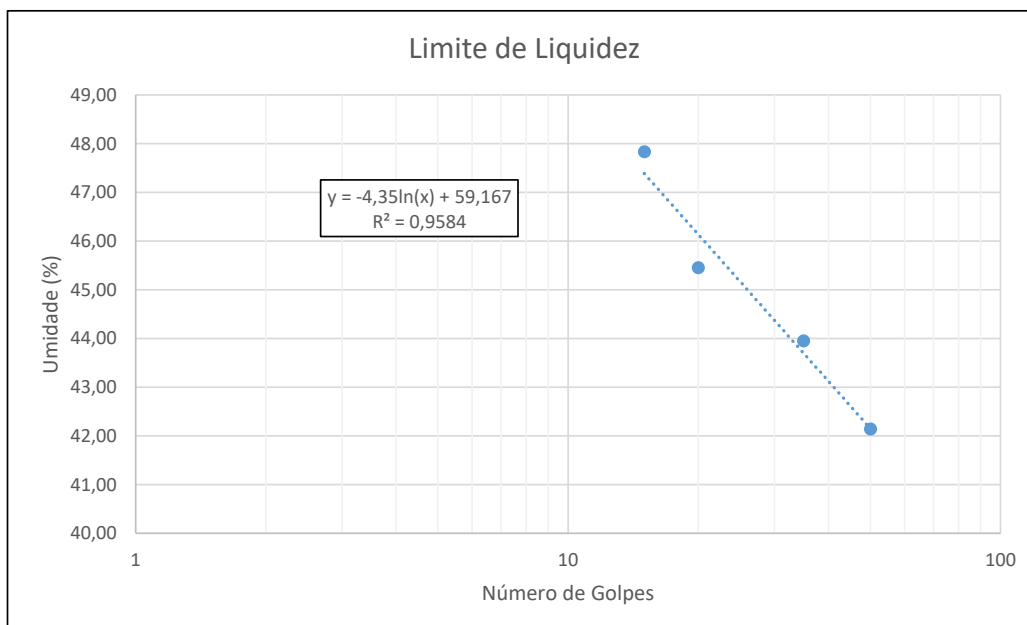
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	17
Data:	20/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
38	25,64	21,35	11,17	4,29	10,18	50	42,14
43	24,64	20,32	10,49	4,32	9,83	35	43,95
2	27,78	22,88	12,10	4,90	10,78	20	45,45
49	27,35	22,27	11,65	5,08	10,62	15	47,83

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
109	7,73	7,28	5,78	0,45	1,50	30,00	29,87
72	9,70	9,26	7,86	0,44	1,40	31,43	
102	7,57	7,17	5,76	0,40	1,41	28,37	
98	8,61	8,20	6,82	0,41	1,38	29,71	
126	7,70	7,27	5,83	0,43	1,44	29,86	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	45,2
Limite de Plasticidade (%)	29,9
Índice de Plasticidade (%)	15,3



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	18
Data:	15/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	39	26	77	79	61
Solo + Água + Molde (g)	8635	8035	8060	8290	8260
Peso Molde (g)	5540	4720	4365	4495	4465
Peso Solo + Água (g)	3095	3315	3695	3795	3795
Volume Molde (cm ³)	1988	1953	2069	2123	2123
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1557	1697	1786	1788	1788
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1215	1297	1341	1317	1302

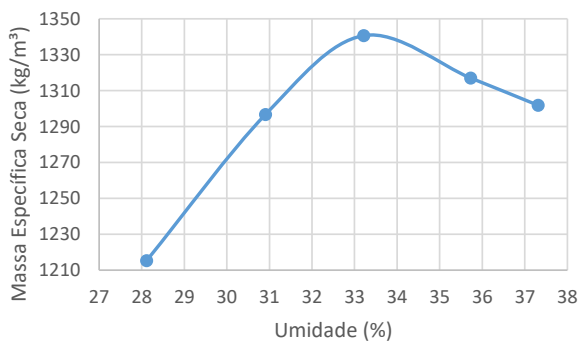
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	51	77	89	87	63	94	61	1	18	84
P. Solo Úm. + C. (g)	82,52	85,47	83,16	87,41	85,62	83,03	80,60	81,70	95,16	94,98
P. Solo S. + Cap. (g)	67,00	69,59	66,80	69,77	67,27	65,70	62,51	63,42	72,73	72,82
Peso Água (g)	15,52	15,88	16,36	17,64	18,35	17,33	18,09	18,28	22,43	22,16
Peso Cápsula (g)	11,89	13,00	13,23	13,36	11,88	13,65	12,17	11,95	12,69	13,35
P. Solo Seco (g)	55,11	56,59	53,57	56,41	55,39	52,05	50,34	51,47	60,04	59,47
Umidade (%)	28,16	28,06	30,54	31,27	33,13	33,29	35,94	35,52	37,36	37,26
Umid. Média (%)	28,11		30,91		33,21		35,73		37,31	

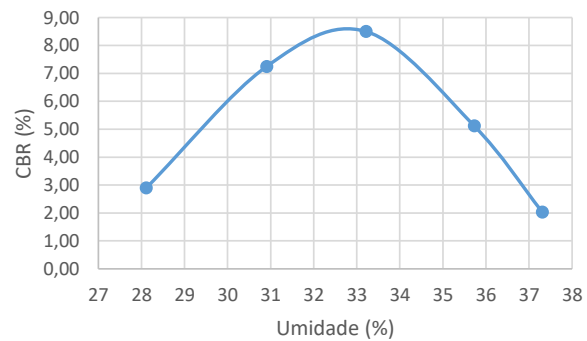
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	33,5
Densidade Máxima (kg/m ³)	1342
Expansão Média (%)	0,15
ISC/CBR Final (%)	8,3

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	7	0,07	
1,25	11	0,11	
2,5	19	0,19	2,75
5	30	0,3	2,90
7,5	40	0,4	
10	45	0,45	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	14	0,14	
1,25	34	0,34	
2,5	50	0,5	7,25
5	74	0,74	7,15
7,5	94	0,94	
10	101	1,01	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	18	0,18	
1,25	38	0,38	
2,5	58	0,58	8,41
5	88	0,88	8,50
7,5	103	1,03	
10	118	1,18	

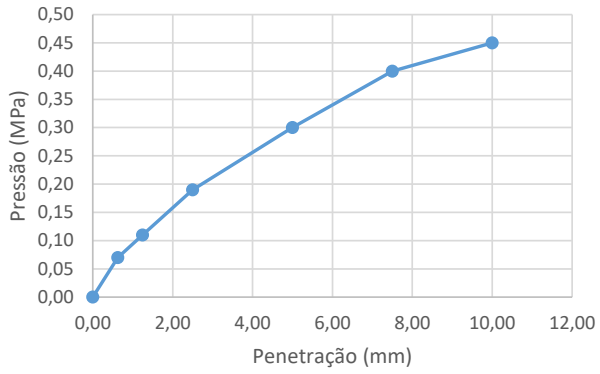
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	9	0,09	
1,25	16	0,16	
2,5	31	0,31	4,49
5	53	0,53	5,12
7,5	67	0,67	
10	74	0,74	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	5	0,05	
2,5	10	0,1	1,45
5	21	0,21	2,03
7,5	30	0,3	
10	33	0,33	

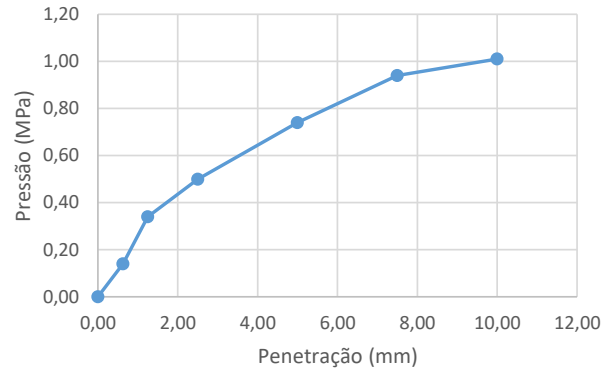
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
39	28,11	2,90	28,11	1215
26	30,91	7,25	30,91	1297
77	33,21	8,50	33,21	1341
79	35,73	5,12	35,73	1317
61	37,31	2,03	37,31	1302

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	39	26	77	79	61
Leitura Inicial	5,00	3,00	5,00	5,00	6,00
Leitura Final	5,42	3,32	5,14	5,00	5,99
L.Final - L.Inicial	0,42	0,32	0,14	0,00	-0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,37	0,28	0,12	0,00	-0,01
Média (%)	0,15				

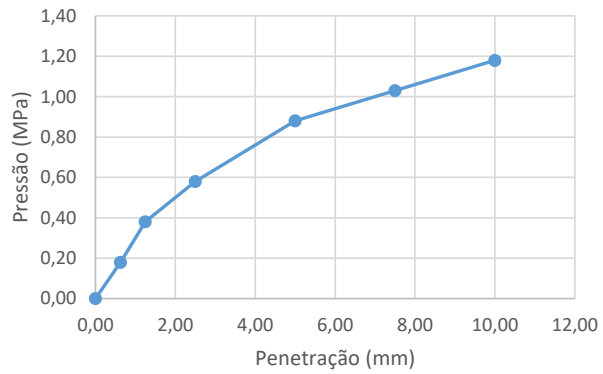
Pressão x Penetração 1



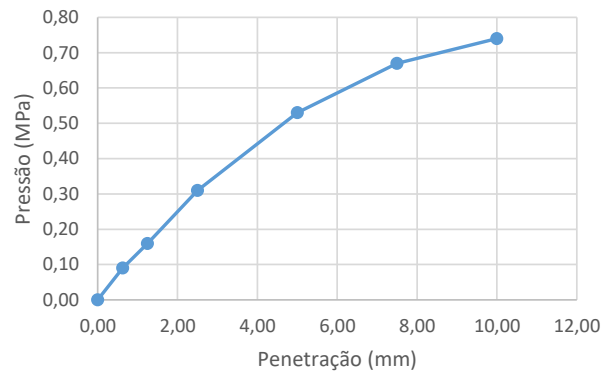
Pressão x Penetração 2



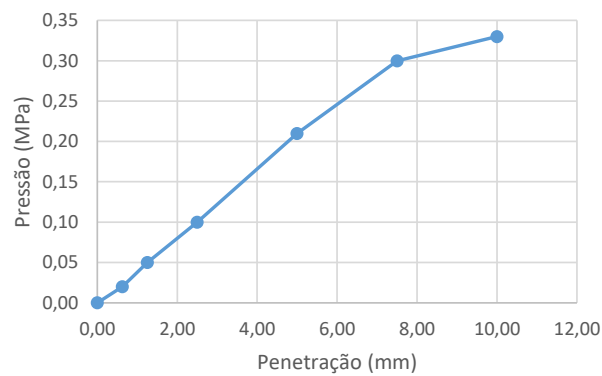
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	18	
Data:	21/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

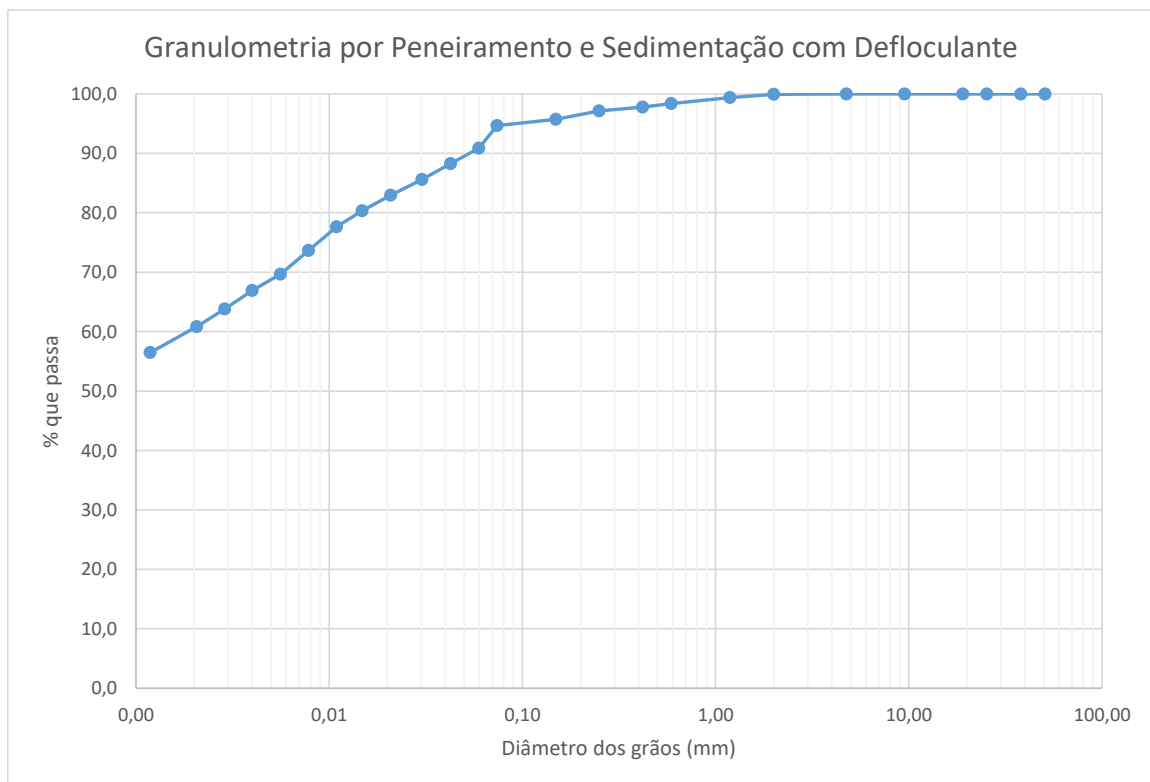
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	39	337		Pic.	8	14	
tara (g)	12,2	11,85		Temp. (°C)	25,7	25,9	
tara + SH (g)	81,26	92,17		Pic. Vazio	97,6	96,93	
tara + SS (g)	70,92	80,22		Pic. + Amostra	157,68	156,94	
Umidade (%)	17,61	17,48		Pic. + Água + Amostra	442,84	447,38	
w (%):	17,5			Pic. + Água	404,70	409,27	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,73	2,74	
				GS ₂₀ :	2,74		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,6			Massa total da amostra seca Ms (g) =	511,00		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,29	0,29	99,9

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,33	0,33	99,4
30	0,590	0,61	0,94	98,4
40	0,420	0,34	1,28	97,8
60	0,250	0,39	1,67	97,1
100	0,149	0,85	2,52	95,7
200	0,074	0,62	3,14	94,7

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,16	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,031	0,9966	11,0	90,9	0,0596
1 min	60	24,2	1,030	0,9966	11,2	88,2	0,0425
2 min	120	24,2	1,029	0,9966	11,4	85,6	0,0302
4 min	240	24,2	1,028	0,9966	10,8	83,0	0,0208
8 min	480	24,2	1,027	0,9966	10,9	80,3	0,0148
15 min	900	24,1	1,026	0,9966	11,1	77,6	0,0109
30 min	1800	24,1	1,025	0,9966	11,4	73,7	0,0078
1 h	3600	24,0	1,023	0,9966	11,6	69,7	0,0056
2 h	7200	23,8	1,022	0,9966	11,8	66,9	0,0040
4 h	14400	22,9	1,021	0,9968	12,0	63,8	0,0029
8 h	28800	22,3	1,020	0,9969	12,2	60,9	0,0021
24 h	86400	24,0	1,018	0,9966	12,5	56,5	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,9	0,1	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,1
1,190	99,4	0,6	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,6
0,590	98,4	1,6	0,20 < Areia média < 0,6	1,9
0,420	97,8	2,2		
0,250	97,1	2,9		
0,149	95,7	4,3	0,06 < Areia fina < 0,20	5,5
0,074	94,7	5,3		
0,0596	90,9	9,1		
0,0425	88,2	11,8	0,002 < Silte < 0,06	30,4
0,0302	85,6	14,4		
0,0208	83,0	17,0		
0,0148	80,3	19,7		
0,0109	77,6	22,4		
0,0078	73,7	26,3		
0,0056	69,7	30,3		
0,0040	66,9	33,1		
0,0029	63,8	36,2		
0,0021	60,9	39,1		
0,0012	56,5	43,5	Argila < 0,002	60,5



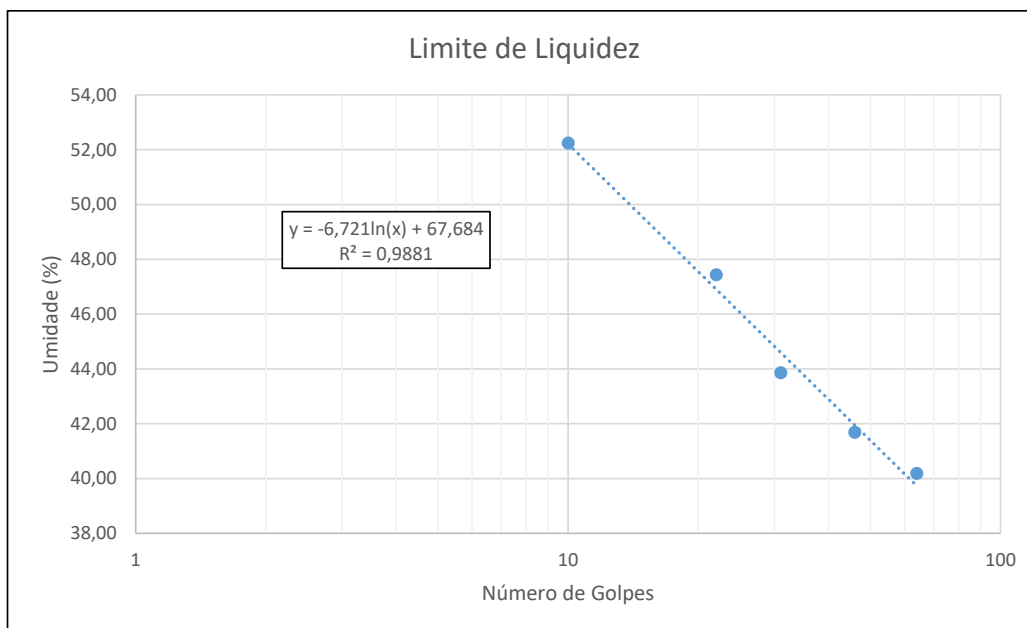
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	18
Data:	18/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
16	25,26	21,80	13,19	3,46	8,61	64	40,19
13	26,20	21,49	10,19	4,71	11,30	46	41,68
36	27,27	22,31	11,00	4,96	11,31	31	43,85
28	25,96	20,96	10,42	5,00	10,54	22	47,44
42	29,81	23,06	10,14	6,75	12,92	10	52,24

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
67	7,92	7,40	5,73	0,52	1,67	31,14	31,21
105	8,93	8,38	6,72	0,55	1,66	33,13	
129	7,92	7,38	5,63	0,54	1,75	30,86	
125	7,78	7,30	5,74	0,48	1,56	30,77	
82	7,17	6,76	5,40	0,41	1,36	30,15	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	46,0
Limite de Plasticidade (%)	31,2
Índice de Plasticidade (%)	14,8



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	19
Data:	15/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	52	87	36	14	38
Solo + Água + Molde (g)	8210	8385	8400	8310	8220
Peso Molde (g)	4915	4880	4820	4760	4685
Peso Solo + Água (g)	3295	3505	3580	3550	3535
Volume Molde (cm ³)	1988	2024	2015	1997	2015
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1657	1732	1777	1778	1754
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1267	1305	1311	1289	1250

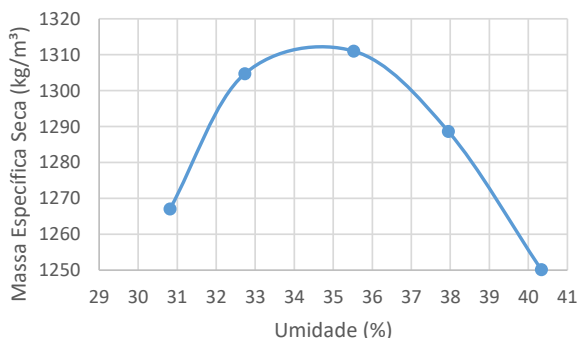
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	78	31	11	67	154	156	35	28	17	47
P. Solo Úm. + C. (g)	77,35	74,34	82,98	77,84	101,61	103,07	99,34	99,26	87,77	89,29
P. Solo S. + Cap. (g)	62,08	59,87	65,89	61,94	78,42	79,78	75,57	75,55	66,31	67,07
Peso Água (g)	15,27	14,47	17,09	15,90	23,19	23,29	23,77	23,71	21,46	22,22
Peso Cápsula (g)	12,42	13,01	13,58	13,45	13,22	14,12	12,65	13,34	12,87	12,21
P. Solo Seco (g)	49,66	46,86	52,31	48,49	65,20	65,66	62,92	62,21	53,44	54,86
Umidade (%)	30,75	30,88	32,67	32,79	35,57	35,47	37,78	38,11	40,16	40,50
Umid. Média (%)	30,81		32,73		35,52		37,95		40,33	

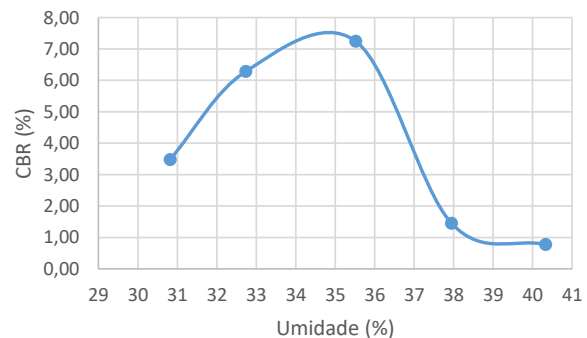
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	35,0
Densidade Máxima (kg/m ³)	1314
Expansão Média (%)	0,15
ISC/CBR Final (%)	7,4

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	13	0,13	
2,5	22	0,22	3,19
5	36	0,36	3,48
7,5	49	0,49	
10	55	0,55	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	13	0,13	
1,25	24	0,24	
2,5	35	0,35	5,07
5	65	0,65	6,28
7,5	79	0,79	
10	86	0,86	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	17	0,17	
1,25	35	0,35	
2,5	49	0,49	7,10
5	75	0,75	7,25
7,5	90	0,9	
10	99	0,99	

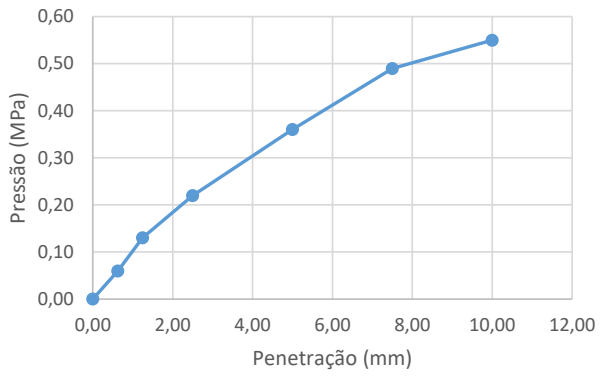
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	4	0,04	
2,5	8	0,08	1,16
5	15	0,15	1,45
7,5	24	0,24	
10	28	0,28	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	1	0,01	
1,25	2	0,02	
2,5	4	0,04	0,58
5	8	0,08	0,77
7,5	11	0,11	
10	13	0,13	

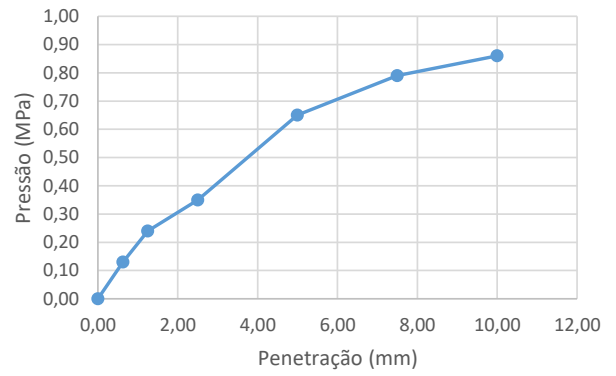
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
52	30,81	3,48	30,81	1267
87	32,73	6,28	32,73	1305
36	35,52	7,25	35,52	1311
14	37,95	1,45	37,95	1289
38	40,33	0,77	40,33	1250

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	52	87	36	14	38
Leitura Inicial	5,00	4,00	3,00	4,00	5,00
Leitura Final	5,36	4,38	3,12	4,00	4,99
L.Final - L.Inicial	0,36	0,38	0,12	0,00	-0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,32	0,33	0,11	0,00	-0,01
Média (%)	0,15				

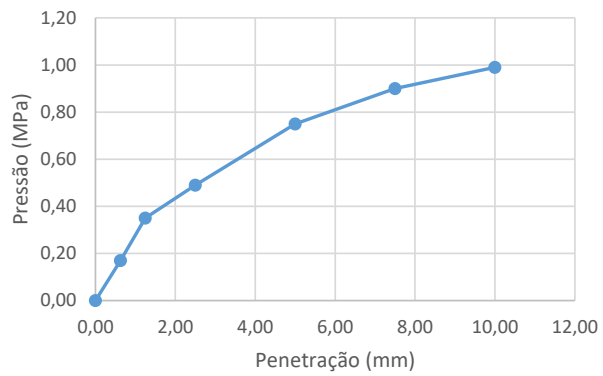
Pressão x Penetração 1



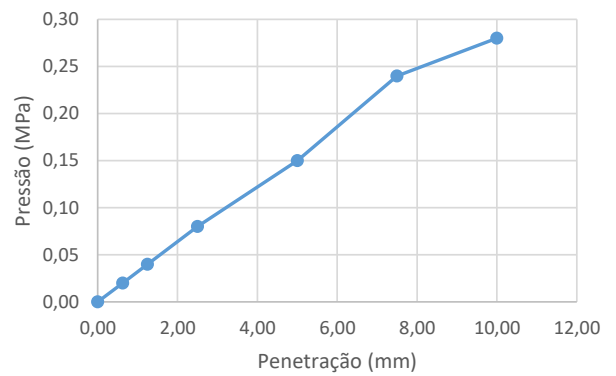
Pressão x Penetração 2



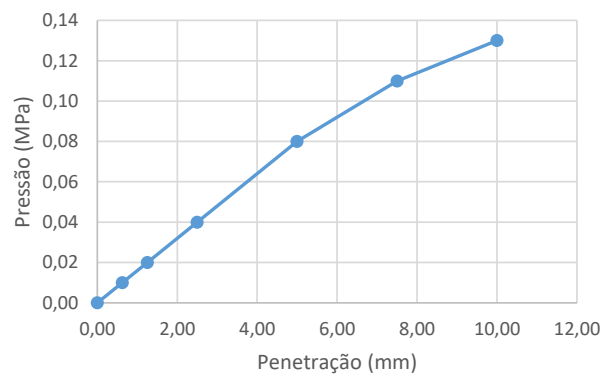
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	19	
Data:	21/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

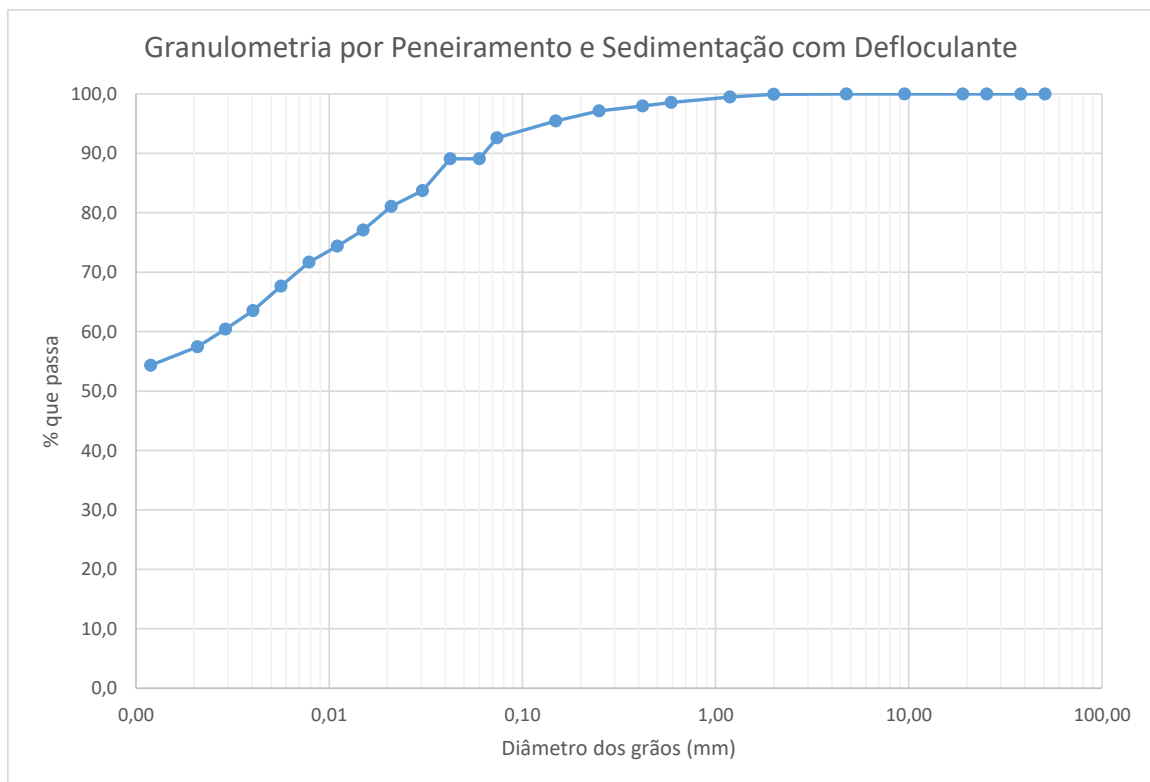
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	128	336		Pic.	10	13	
tara (g)	22,57	16,47		Temp. (°C)	28,0	27,8	
tara + SH (g)	118,03	93,27		Pic. Vazio	109,22	99,13	
tara + SS (g)	103,02	81,28		Pic. + Amostra	169,27	159,21	
Umidade (%)	18,66	18,50		Pic. + Água + Amostra	461,79	455,12	
w (%):	18,6			Pic. + Água	423,64	416,92	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,74	2,74	
				GS ₂₀ :	2,74		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,5			Massa total da amostra seca Ms (g) =	506,45		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,26	0,26	99,9

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,27	0,27	99,5
30	0,590	0,56	0,83	98,6
40	0,420	0,35	1,18	98,0
60	0,250	0,47	1,65	97,2
100	0,149	1,00	2,65	95,5
200	0,074	1,68	4,33	92,6

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,08	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,030	0,9966	11,2	89,1	0,0600
1 min	60	24,2	1,030	0,9966	11,2	89,1	0,0424
2 min	120	24,2	1,028	0,9966	11,6	83,8	0,0305
4 min	240	24,2	1,027	0,9966	10,9	81,1	0,0210
8 min	480	24,2	1,026	0,9966	11,2	77,1	0,0150
15 min	900	24,1	1,025	0,9966	11,4	74,4	0,0110
30 min	1800	24,1	1,024	0,9966	11,6	71,7	0,0079
1 h	3600	24,0	1,022	0,9966	11,8	67,7	0,0056
2 h	7200	23,8	1,021	0,9966	12,1	63,6	0,0040
4 h	14400	22,9	1,020	0,9968	12,2	60,4	0,0029
8 h	28800	22,3	1,019	0,9969	12,4	57,4	0,0021
24 h	86400	24,0	1,017	0,9966	12,7	54,3	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,9	0,1	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,1
1,190	99,5	0,5	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,4
0,590	98,6	1,4	0,20 < Areia média < 0,6	2,3
0,420	98,0	2,0		
0,250	97,2	2,8		
0,149	95,5	4,5	0,06 < Areia fina < 0,20	7,2
0,074	92,6	7,4		
0,0600	89,1	10,9		
0,0424	89,1	10,9	0,002 < Silte < 0,06	31,9
0,0305	83,8	16,2		
0,0210	81,1	18,9		
0,0150	77,1	22,9		
0,0110	74,4	25,6		
0,0079	71,7	28,3		
0,0056	67,7	32,3		
0,0040	63,6	36,4		
0,0029	60,4	39,6		
0,0021	57,4	42,6		
0,0012	54,3	45,7	Argila < 0,002	57,1



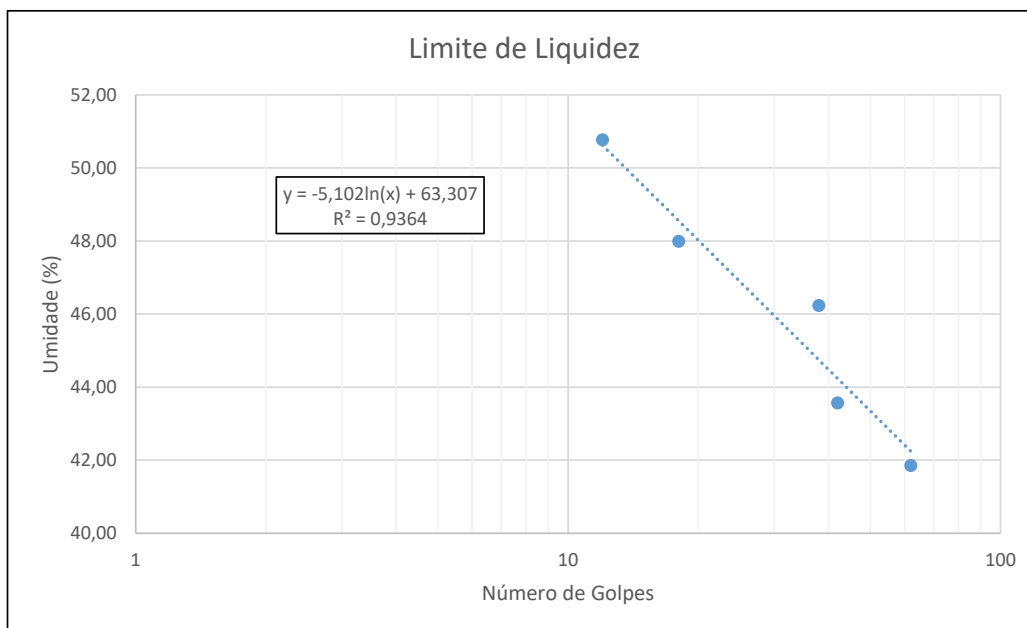
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	19
Data:	18/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
24	28,62	23,66	11,81	4,96	11,85	62	41,86
26	27,25	22,41	11,30	4,84	11,11	42	43,56
5	27,82	22,72	11,69	5,10	11,03	38	46,24
51	27,18	21,57	9,88	5,61	11,69	18	47,99
10	24,79	19,86	10,15	4,93	9,71	12	50,77

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
114	7,84	7,36	5,73	0,48	1,63	29,45	29,42
136	8,06	7,58	5,92	0,48	1,66	28,92	
62	7,92	7,42	5,76	0,50	1,66	30,12	
88	7,83	7,37	5,80	0,46	1,57	29,30	
133	8,10	7,61	5,94	0,49	1,67	29,34	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	46,9
Limite de Plasticidade (%)	29,4
Índice de Plasticidade (%)	17,5



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	20
Data:	25/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

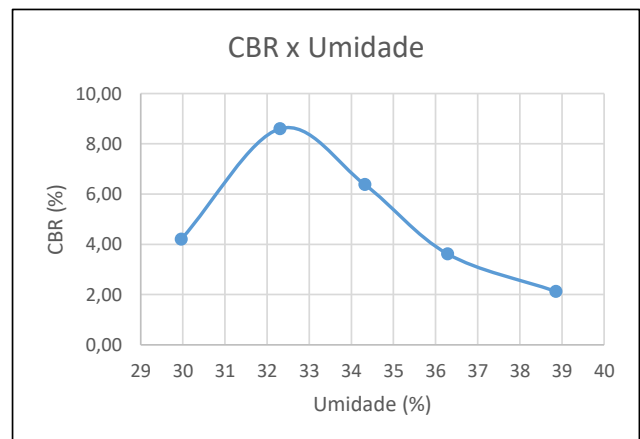
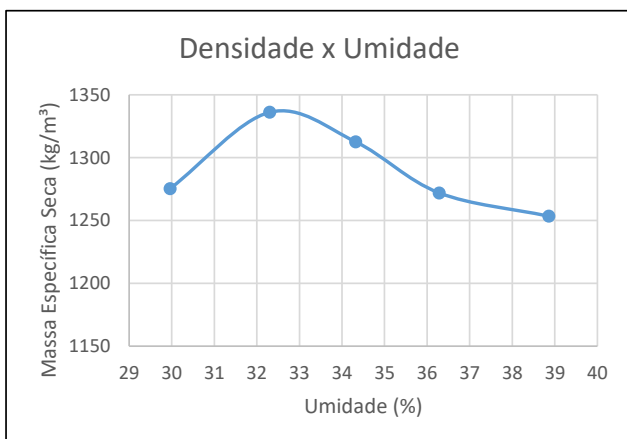
Nº Molde	24	7	39	81	57
Solo + Água + Molde (g)	8015	8040	9045	7695	8270
Peso Molde (g)	4720	4510	5540	4235	4810
Peso Solo + Água (g)	3295	3530	3505	3460	3460
Volume Molde (cm ³)	1988	1997	1988	1996	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1657	1768	1763	1733	1740
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1275	1336	1313	1272	1253

CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	51	29	33	27	15	54	102	21	79	11
P. Solo Úm. + C. (g)	65,06	68,66	66,42	70,98	71,58	63,38	63,89	71,78	70,95	67,53
P. Solo S. + Cap. (g)	52,78	55,66	53,20	56,64	56,43	50,12	50,03	56,30	54,67	52,38
Peso Água (g)	12,28	13,00	13,22	14,34	15,15	13,26	13,86	15,48	16,28	15,15
Peso Cápsula (g)	11,89	12,17	12,26	12,26	12,14	11,61	12,06	13,37	12,51	13,63
P. Solo Seco (g)	40,89	43,49	40,94	44,38	44,29	38,51	37,97	42,93	42,16	38,75
Umidade (%)	30,03	29,89	32,29	32,31	34,21	34,43	36,50	36,06	38,61	39,10
Umid. Média (%)	29,96		32,30		34,32		36,28		38,86	

RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,6
Densidade Máxima (kg/m ³)	1335
Expansão Média (%)	0,13
ISC/CBR Final (%)	8,7



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	17	0,17	
1,25	24	0,24	
2,5	29	0,29	4,20
5	37	0,37	3,57
7,5	43	0,43	
10	46	0,46	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	21	0,21	
1,25	45	0,45	
2,5	58	0,58	8,41
5	89	0,89	8,60
7,5	100	1	
10	109	1,09	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	25	0,25	
2,5	44	0,44	6,38
5	62	0,62	5,99
7,5	75	0,75	
10	85	0,85	

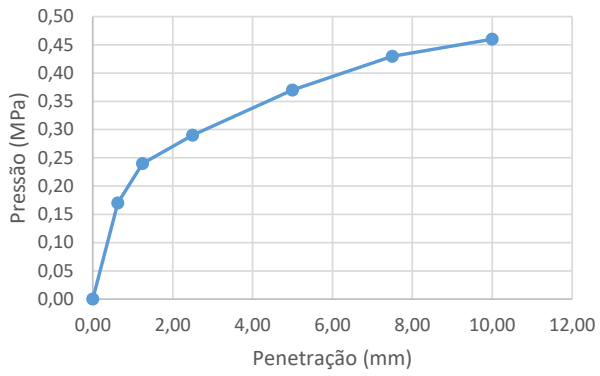
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	10	0,1	
1,25	18	0,18	
2,5	25	0,25	3,62
5	34	0,34	3,29
7,5	46	0,46	
10	51	0,51	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	5	0,05	
2,5	11	0,11	1,59
5	22	0,22	2,13
7,5	32	0,32	
10	34	0,34	

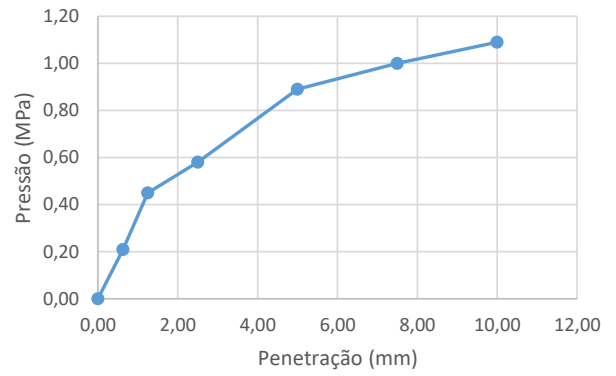
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
24	29,96	4,20	29,96	1275
7	32,30	8,60	32,30	1336
39	34,32	6,38	34,32	1313
81	36,28	3,62	36,28	1272
57	38,86	2,13	38,86	1253

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	24	7	39	81	57
Leitura Inicial	3,00	4,00	3,00	4,00	4,00
Leitura Final	3,35	4,28	3,09	4,05	3,99
L.Final - L.Inicial	0,35	0,28	0,09	0,05	-0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,31	0,25	0,08	0,04	-0,01
Média (%)	0,13				

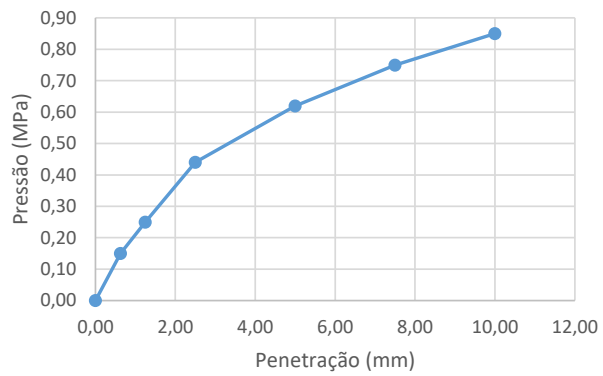
Pressão x Penetração 1



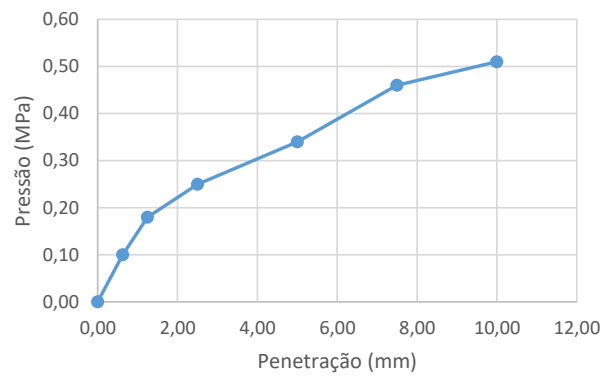
Pressão x Penetração 2



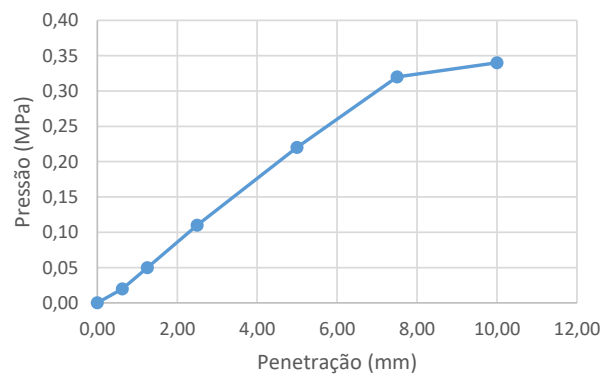
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	20
Data:	28/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

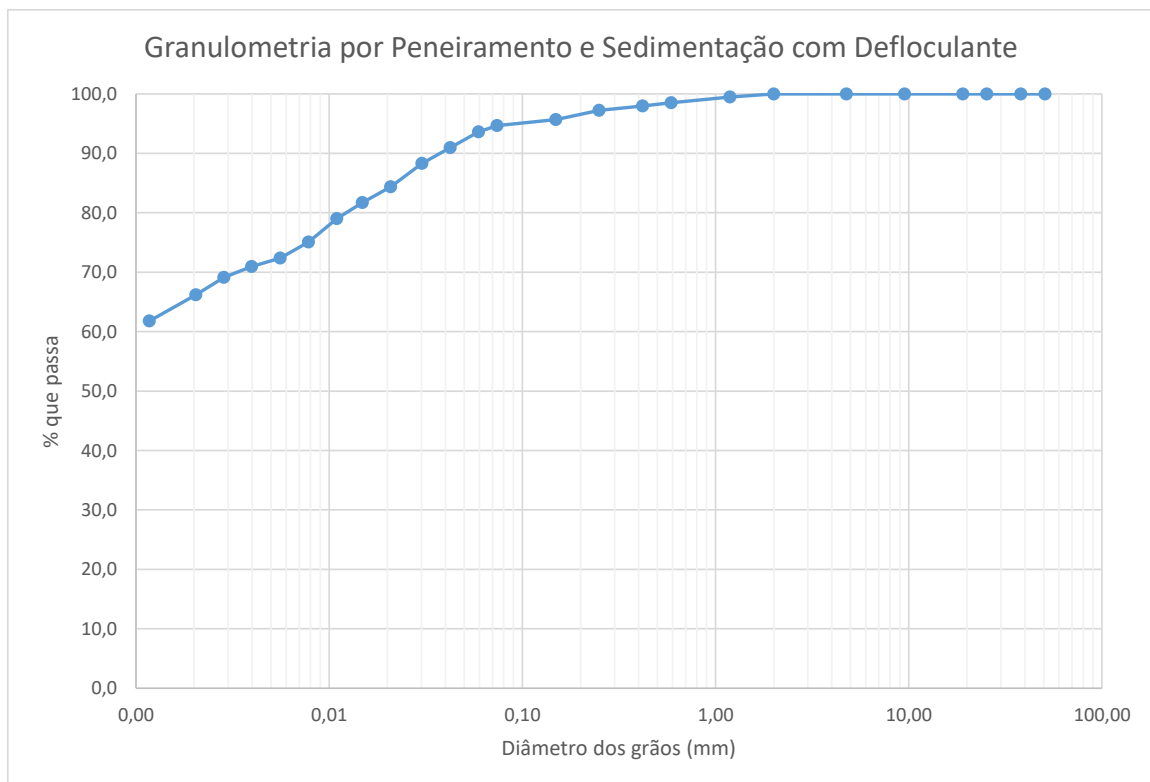
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	103	159		Pic.	4	5	
tara (g)	12,81	13,83		Temp. (°C)	27,6	27,6	
tara + SH (g)	92,25	85,47		Pic. Vazio	147,62	102,1	
tara + SS (g)	80,73	75,14		Pic. + Amostra	207,69	162,13	
Umidade (%)	16,96	16,85		Pic. + Água + Amostra	674,74	462,78	
w (%):	16,9			Pic. + Água	636,62	424,94	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,73	2,70	
				GS ₂₀ :	2,72		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	606,4			Massa total da amostra seca Ms (g) =	518,71		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,00	0,00	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,32	0,32	99,5
30	0,590	0,56	0,88	98,5
40	0,420	0,33	1,21	98,0
60	0,250	0,44	1,65	97,2
100	0,149	0,95	2,60	95,7
200	0,074	0,61	3,20	94,7

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =				70,06	Densímetro:	34351	
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,032	0,9966	10,9	93,6	0,0594
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,0	91,0	0,0424
2 min	120	24,2	1,030	0,9966	11,2	88,3	0,0302
4 min	240	24,2	1,029	0,9966	10,7	84,4	0,0208
8 min	480	24,2	1,028	0,9966	10,9	81,7	0,0149
15 min	900	24,1	1,027	0,9966	11,0	79,0	0,0109
30 min	1800	24,1	1,025	0,9966	11,3	75,1	0,0078
1 h	3600	24,0	1,024	0,9966	11,5	72,4	0,0056
2 h	7200	23,8	1,024	0,9966	11,6	70,9	0,0040
4 h	14400	22,9	1,023	0,9968	11,6	69,1	0,0029
8 h	28800	22,3	1,022	0,9969	11,8	66,2	0,0020
24 h	86400	24,0	1,020	0,9966	12,2	61,8	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,5	0,5	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,5
0,590	98,5	1,5	0,20 < Areia média < 0,6	2,1
0,420	98,0	2,0		
0,250	97,2	2,8		
0,149	95,7	4,3	0,06 < Areia fina < 0,20	2,8
0,074	94,7	5,3		
0,0594	93,6	6,4		
0,0424	91,0	9,0	0,002 < Silte < 0,06	27,7
0,0302	88,3	11,7		
0,0208	84,4	15,6		
0,0149	81,7	18,3		
0,0109	79,0	21,0		
0,0078	75,1	24,9		
0,0056	72,4	27,6		
0,0040	70,9	29,1		
0,0029	69,1	30,9		
0,0020	66,2	33,8		
0,0012	61,8	38,2	Argila < 0,002	66,0



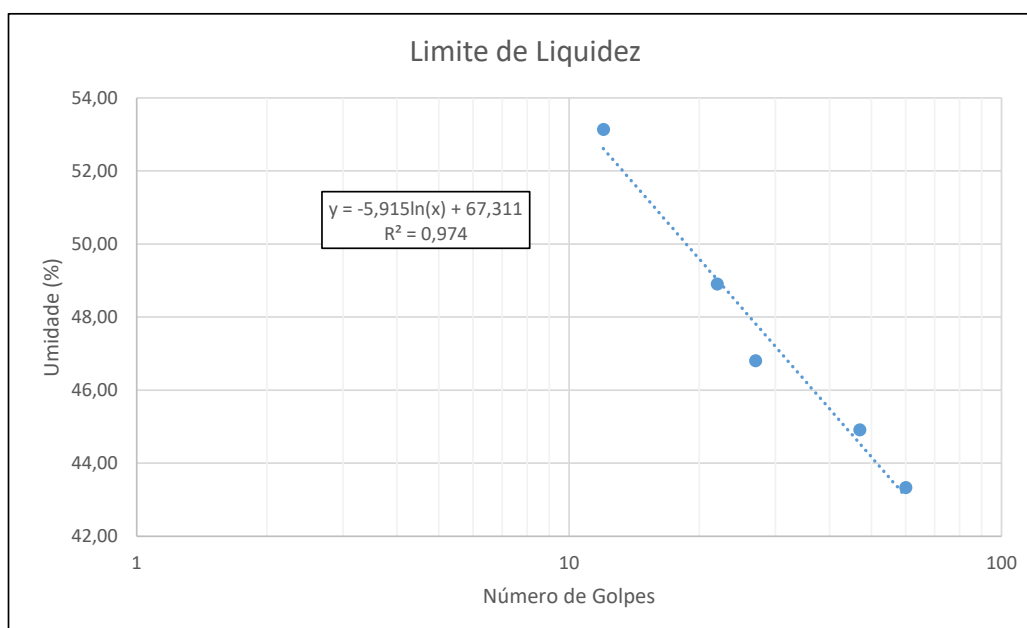
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	20
Data:	27/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
38	27,02	22,21	11,11	4,81	11,10	60	43,33
32	25,90	21,13	10,51	4,77	10,62	47	44,92
29	26,82	21,91	11,42	4,91	10,49	27	46,81
34	28,97	23,63	12,71	5,34	10,92	22	48,90
36	25,67	20,59	11,03	5,08	9,56	12	53,14

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
125	7,62	7,18	5,74	0,44	1,44	30,56	32,40
104	7,62	7,18	5,78	0,44	1,40	31,43	
120	7,95	7,48	6,06	0,47	1,42	33,10	
92	7,96	7,49	6,10	0,47	1,39	33,81	
98	8,60	8,16	6,83	0,44	1,33	33,08	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	48,3
Limite de Plasticidade (%)	32,4
Índice de Plasticidade (%)	15,9



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	ST 21
Data:	15/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	92	71	78	96	27
Solo + Água + Molde (g)	7800	7705	7985	8465	9010
Peso Molde (g)	4875	4420	4385	4885	5625
Peso Solo + Água (g)	2925	3285	3600	3580	3385
Volume Molde (cm ³)	1997	2151	2050	2024	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1465	1527	1756	1769	1703
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1152	1180	1326	1314	1233

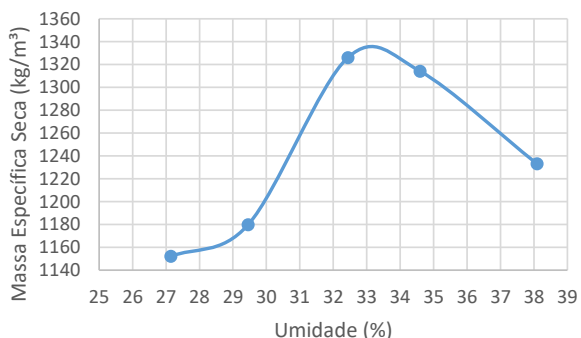
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	73	57	159	134	2	101	74	100	137	138
P. Solo Úm. + C. (g)	73,54	77,20	95,92	90,32	87,33	85,07	75,98	80,65	77,97	85,37
P. Solo S. + Cap. (g)	60,31	63,58	77,04	73,06	69,01	67,24	59,98	63,05	60,66	65,39
Peso Água (g)	13,23	13,62	18,88	17,26	18,32	17,83	16,00	17,60	17,31	19,98
Peso Cápsula (g)	12,12	12,82	13,82	13,63	12,34	12,45	12,13	13,82	14,20	14,07
P. Solo Seco (g)	48,19	50,76	63,22	59,43	56,67	54,79	47,85	49,23	46,46	51,32
Umidade (%)	27,45	26,83	29,86	29,04	32,33	32,54	33,44	35,75	37,26	38,93
Umid. Média (%)	27,14		29,45		32,43		34,59		38,10	

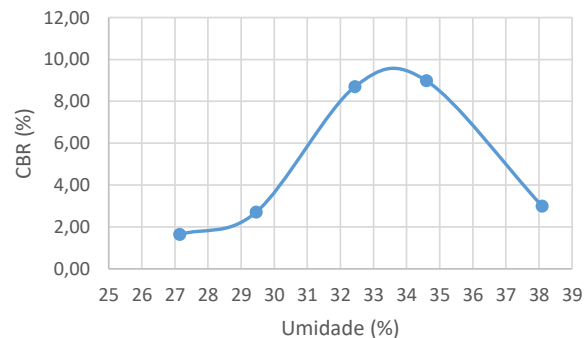
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	33,1
Densidade Máxima (kg/m ³)	1337
Expansão Média (%)	0,16
ISC/CBR Final (%)	9,1

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	5	0,05	
2,5	10	0,1	1,45
5	17	0,17	1,64
7,5	23	0,23	
10	26	0,26	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	9	0,09	
2,5	16	0,16	2,32
5	28	0,28	2,71
7,5	40	0,4	
10	46	0,46	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	23	0,23	
1,25	43	0,43	
2,5	60	0,6	8,70
5	71	0,71	6,86
7,5	80	0,8	
10	89	0,89	

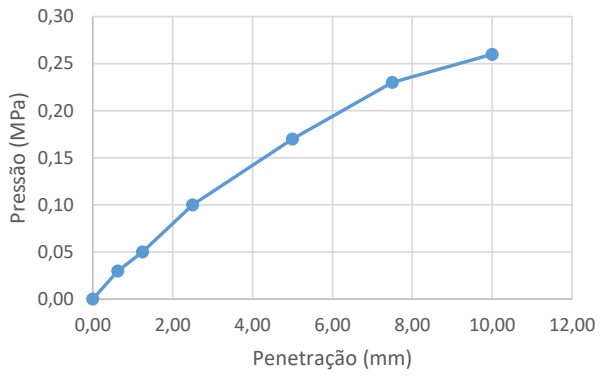
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	25	0,25	
1,25	43	0,43	
2,5	62	0,62	8,99
5	83	0,83	8,02
7,5	97	0,97	
10	110	1,1	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	10	0,1	
2,5	19	0,19	2,75
5	31	0,31	3,00
7,5	43	0,43	
10	47	0,47	

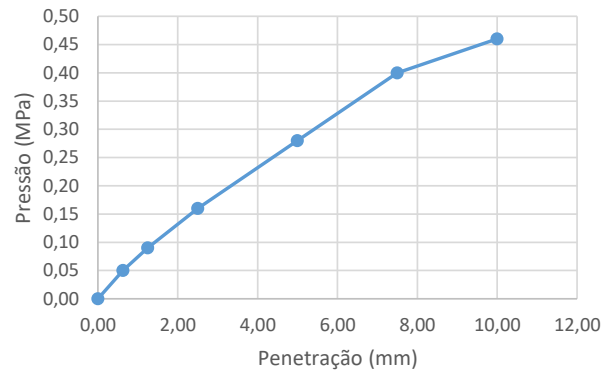
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
92	27,14	1,64	27,14	1152
71	29,45	2,71	29,45	1180
78	32,43	8,70	32,43	1326
96	34,59	8,99	34,59	1314
27	38,10	3,00	38,10	1233

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	92	71	78	96	27
Leitura Inicial	4,00	5,00	6,00	5,00	4,00
Leitura Final	4,44	5,31	6,08	5,08	4,00
L.Final - L.Inicial	0,44	0,31	0,08	0,08	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,39	0,27	0,07	0,07	0,00
Média (%)	0,16				

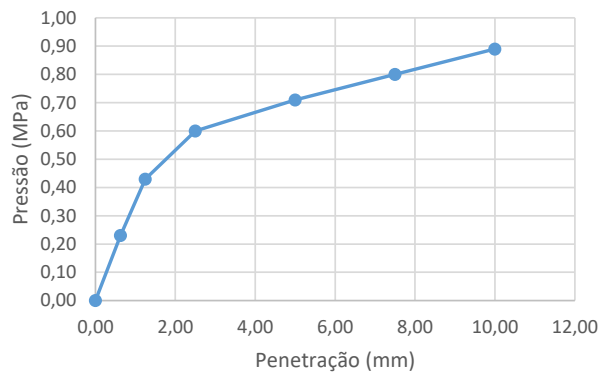
Pressão x Penetração 1



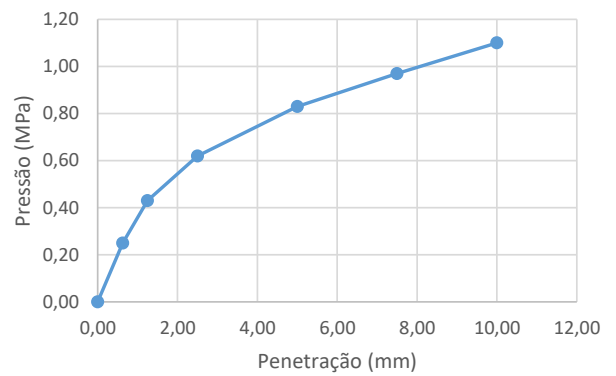
Pressão x Penetração 2



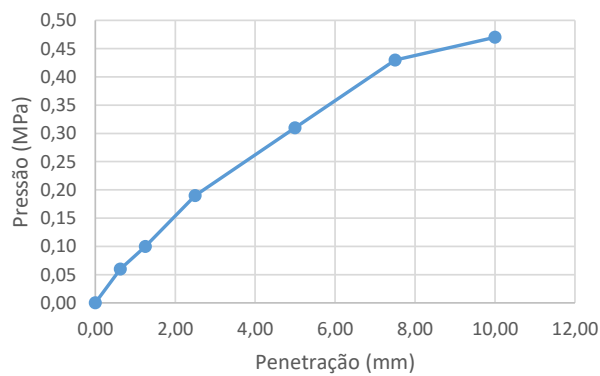
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	21	
Data:	22/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

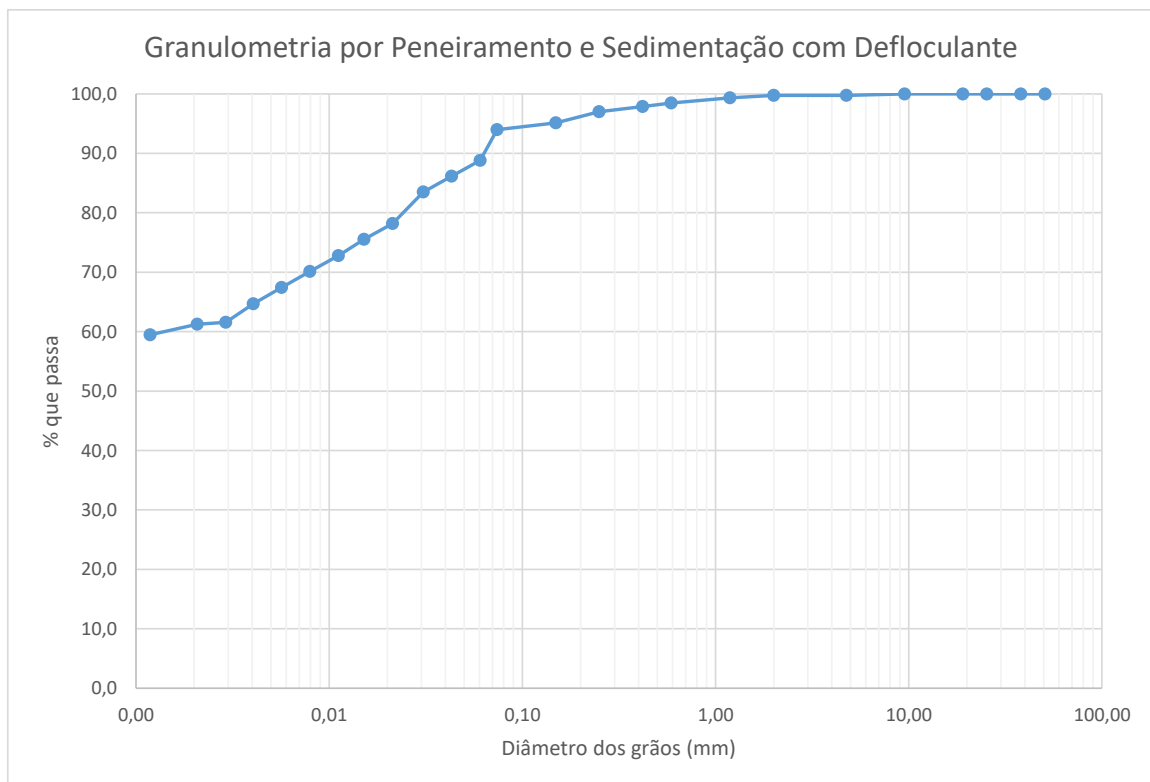
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	110	49		Pic.	11	12	
tara (g)	16,27	12,41		Temp. (°C)	27,8	27,9	
tara + SH (g)	101,13	93,47		Pic. Vazio	104,26	98,23	
tara + SS (g)	88,35	81,2		Pic. + Amostra	164,33	158,29	
Umidade (%)	17,73	17,84		Pic. + Água + Amostra	457,43	452,11	
w (%):	17,8			Pic. + Água	419,43	414,20	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,72	2,71	
				GS ₂₀ :	2,71		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	601,4			Massa total da amostra seca Ms (g) =	510,80		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	1,16	1,16	99,8
10	2,00	0,20	1,36	99,7

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,22	0,22	99,4
30	0,590	0,52	0,74	98,5
40	0,420	0,36	1,10	97,9
60	0,250	0,53	1,64	97,0
100	0,149	1,10	2,74	95,1
200	0,074	0,70	3,44	94,0

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,08	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,030	0,9966	11,2	88,8	0,0605
1 min	60	24,2	1,029	0,9966	11,4	86,1	0,0431
2 min	120	24,2	1,028	0,9966	11,6	83,5	0,0307
4 min	240	24,2	1,026	0,9966	11,1	78,2	0,0213
8 min	480	24,2	1,025	0,9966	11,3	75,5	0,0152
15 min	900	24,1	1,024	0,9966	11,5	72,8	0,0112
30 min	1800	24,1	1,023	0,9966	11,6	70,2	0,0080
1 h	3600	24,0	1,022	0,9966	11,8	67,4	0,0057
2 h	7200	23,8	1,021	0,9966	12,0	64,7	0,0041
4 h	14400	22,9	1,020	0,9968	12,2	61,6	0,0029
8 h	28800	22,3	1,020	0,9969	12,2	61,2	0,0021
24 h	86400	24,0	1,019	0,9966	12,3	59,5	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,2
9,52	100,0	0,0		
4,76	99,8	0,2	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,1
2,00	99,7	0,3		
1,190	99,4	0,6	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,2
0,590	98,5	1,5	0,20 < Areia média < 0,6	2,4
0,420	97,9	2,1		
0,250	97,0	3,0		
0,149	95,1	4,9	0,06 < Areia fina < 0,20	7,3
0,074	94,0	6,0		
0,0605	88,8	11,2		
0,0431	86,1	13,9	0,002 < Silte < 0,06	27,6
0,0307	83,5	16,5		
0,0213	78,2	21,8		
0,0152	75,5	24,5		
0,0112	72,8	27,2		
0,0080	70,2	29,8		
0,0057	67,4	32,6		
0,0041	64,7	35,3		
0,0029	61,6	38,4		
0,0021	61,2	38,8		
0,0012	59,5	40,5	Argila < 0,002	61,1



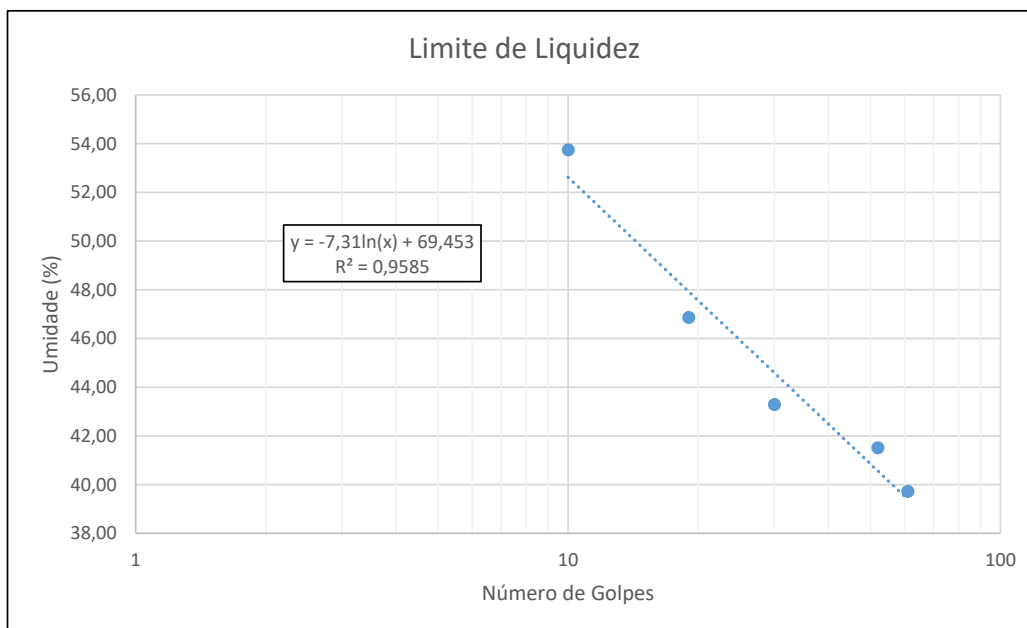
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	21
Data:	18/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
19	23,17	19,19	9,17	3,98	10,02	61	39,72
27	24,32	20,02	9,66	4,30	10,36	52	41,51
18	25,24	21,02	11,27	4,22	9,75	30	43,28
41	29,00	23,41	11,48	5,59	11,93	19	46,86
46	35,64	26,95	10,78	8,69	16,17	10	53,74

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
120	8,11	7,61	6,05	0,50	1,56	32,05	31,68
60	7,80	7,31	5,67	0,49	1,64	29,88	
68	10,45	9,93	8,33	0,52	1,60	32,50	
104	7,88	7,37	5,77	0,51	1,60	31,88	
122	8,12	7,60	5,98	0,52	1,62	32,10	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	45,9
Limite de Plasticidade (%)	31,7
Índice de Plasticidade (%)	14,2



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	22
Data:	19/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	86	40	35	83	64
Solo + Água + Molde (g)	8045	8205	8235	8500	7715
Peso Molde (g)	4495	4665	4695	4620	4230
Peso Solo + Água (g)	3550	3540	3540	3880	3485
Volume Molde (cm ³)	2123	2015	2015	2225	1996
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1672	1757	1757	1744	1746
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1302	1336	1318	1286	1260

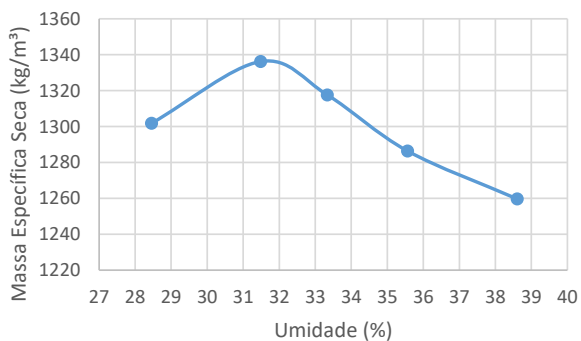
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	98	55	48	16	39	38	18	78	20	92
P. Solo Úm. + C. (g)	76,48	78,45	76,41	73,89	69,28	67,18	65,06	62,48	73,00	71,88
P. Solo S. + Cap. (g)	62,20	64,07	61,30	59,10	54,91	53,59	51,25	49,45	56,60	55,27
Peso Água (g)	14,28	14,38	15,11	14,79	14,37	13,59	13,81	13,03	16,40	16,61
Peso Cápsula (g)	11,99	13,55	13,35	12,07	12,21	12,43	12,84	12,40	13,92	12,45
P. Solo Seco (g)	50,21	50,52	47,95	47,03	42,70	41,16	38,41	37,05	42,68	42,82
Umidade (%)	28,44	28,46	31,51	31,45	33,65	33,02	35,95	35,17	38,43	38,79
Umid. Média (%)	28,45		31,48		33,34		35,56		38,61	

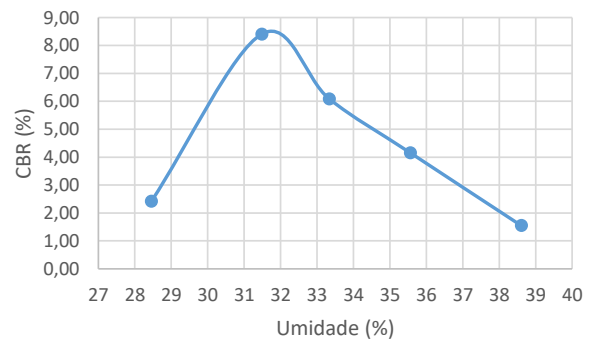
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,0
Densidade Máxima (kg/m ³)	1338
Expansão Média (%)	0,16
ISC/CBR Final (%)	8,5

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	10	0,1	
2,5	15	0,15	2,17
5	25	0,25	2,42
7,5	31	0,31	
10	32	0,32	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	13	0,13	
1,25	25	0,25	
2,5	55	0,55	7,97
5	87	0,87	8,41
7,5	113	1,13	
10	119	1,19	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	9	0,09	
1,25	17	0,17	
2,5	40	0,4	5,80
5	63	0,63	6,09
7,5	75	0,75	
10	82	0,82	

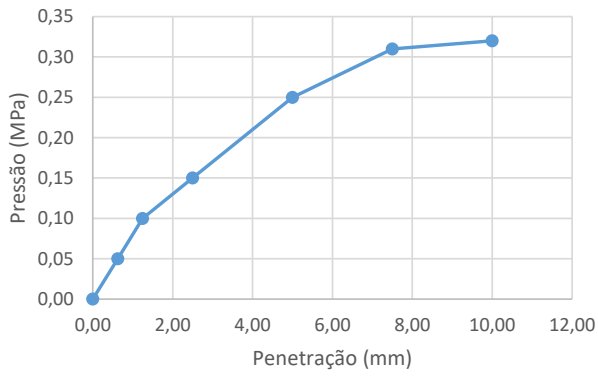
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	4	0,04	
1,25	10	0,1	
2,5	21	0,21	3,04
5	43	0,43	4,15
7,5	61	0,61	
10	66	0,66	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	4	0,04	
2,5	8	0,08	1,16
5	16	0,16	1,55
7,5	24	0,24	
10	27	0,27	

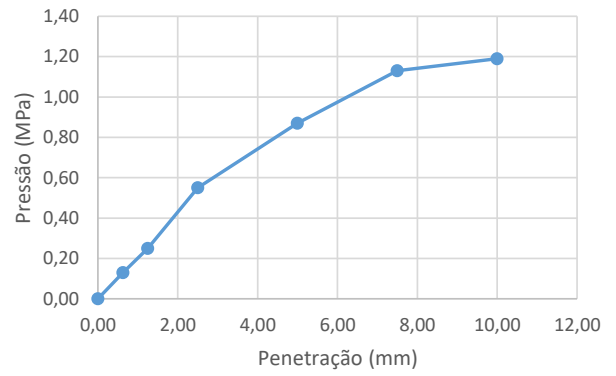
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
86	28,45	2,42	28,45	1302
40	31,48	8,41	31,48	1336
35	33,34	6,09	33,34	1318
83	35,56	4,15	35,56	1286
64	38,61	1,55	38,61	1260

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	86	40	35	83	64
Leitura Inicial	7,00	4,00	5,00	3,00	4,00
Leitura Final	7,33	4,38	5,19	3,05	3,96
L.Final - L.Inicial	0,33	0,38	0,19	0,05	-0,04
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,29	0,33	0,17	0,04	-0,04
Média (%)	0,16				

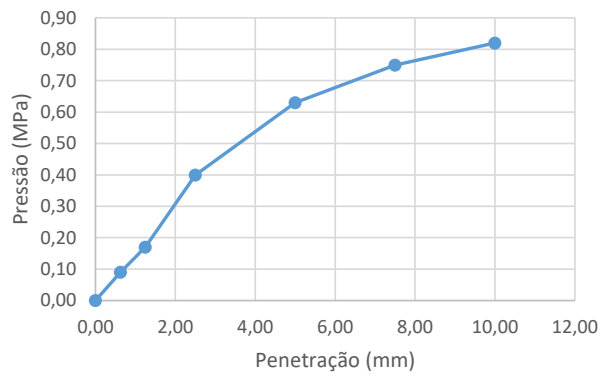
Pressão x Penetração 1



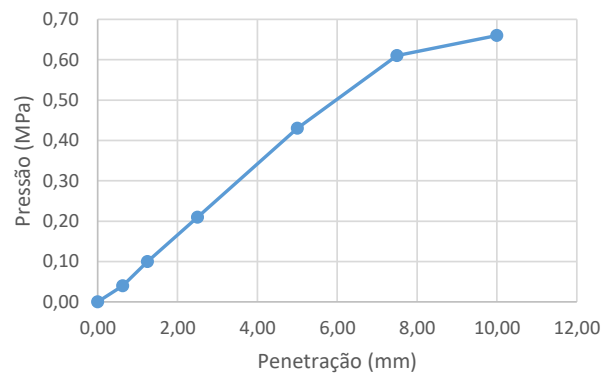
Pressão x Penetração 2



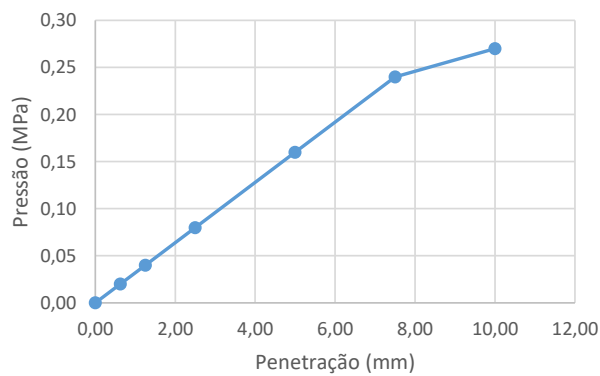
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	22	
Data:	21/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

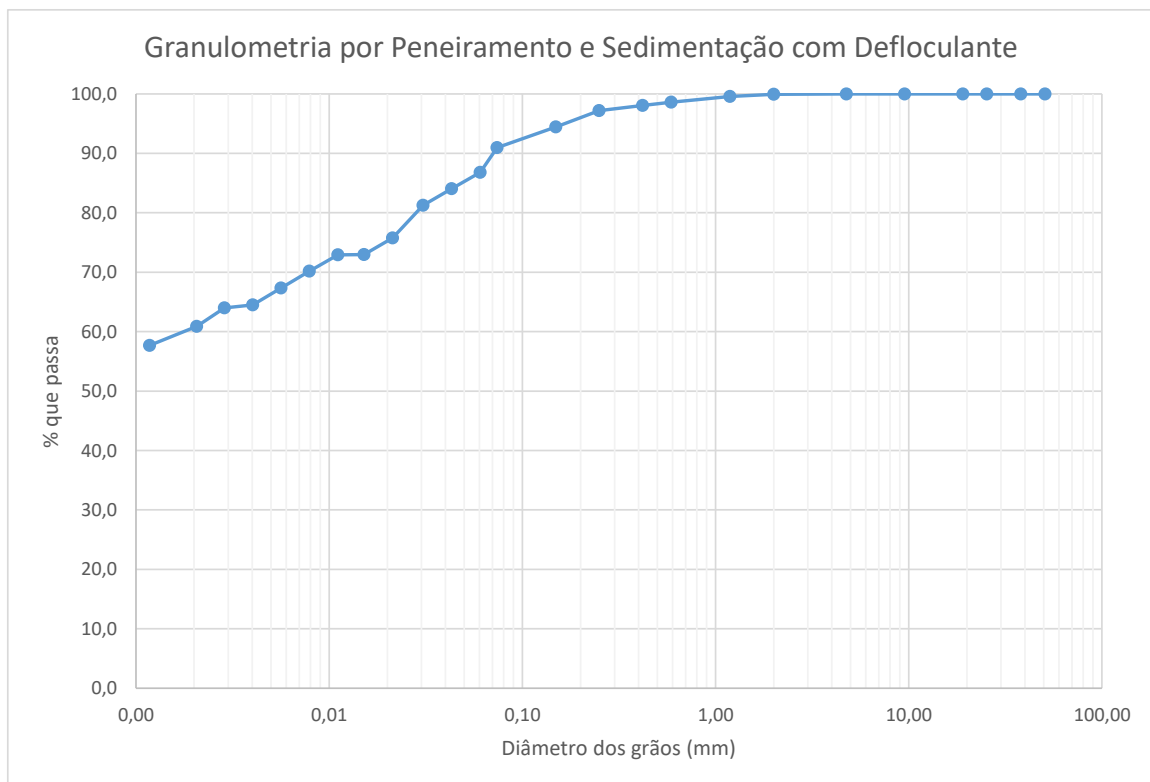
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	166	380		Pic.	4	5	
tara (g)	12,02	11,85		Temp. (°C)	27,8	28,0	
tara + SH (g)	94,08	95,73		Pic. Vazio	147,62	102,1	
tara + SS (g)	78,58	79,51		Pic. + Amostra	207,7	162,17	
Umidade (%)	23,29	23,97		Pic. + Água + Amostra	675,11	463,25	
w (%):	23,6			Pic. + Água	636,63	424,94	
				G _{S20} (g/cm ³)	2,78	2,76	
				G _{S20} :	2,77		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	603,8			Massa total da amostra seca Ms (g) =	488,47		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,40	0,40	99,9

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,20	0,20	99,6
30	0,590	0,52	0,73	98,6
40	0,420	0,33	1,06	98,1
60	0,250	0,50	1,56	97,2
100	0,149	1,55	3,11	94,4
200	0,074	1,96	5,07	91,0

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,08	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,028	0,9966	11,6	86,8	0,0604
1 min	60	24,2	1,027	0,9966	11,7	84,0	0,0431
2 min	120	24,2	1,026	0,9966	11,9	81,3	0,0307
4 min	240	24,2	1,024	0,9966	11,5	75,7	0,0213
8 min	480	24,2	1,023	0,9966	11,6	73,0	0,0152
15 min	900	24,1	1,023	0,9966	11,6	72,9	0,0111
30 min	1800	24,1	1,022	0,9966	11,8	70,2	0,0079
1 h	3600	24,0	1,021	0,9966	12,0	67,4	0,0056
2 h	7200	23,8	1,020	0,9966	12,2	64,5	0,0040
4 h	14400	22,9	1,020	0,9968	12,2	64,0	0,0029
8 h	28800	22,3	1,019	0,9969	12,3	60,9	0,0021
24 h	86400	24,0	1,018	0,9966	12,6	57,7	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,9	0,1	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,1
1,190	99,6	0,4	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,3
0,590	98,6	1,4	0,20 < Areia média < 0,6	2,8
0,420	98,1	1,9		
0,250	97,2	2,8		
0,149	94,4	5,6	0,06 < Areia fina < 0,20	9,1
0,074	91,0	9,0		
0,0604	86,8	13,2		
0,0431	84,0	16,0	0,002 < Silte < 0,06	26,0
0,0307	81,3	18,7		
0,0213	75,7	24,3		
0,0152	73,0	27,0		
0,0111	72,9	27,1		
0,0079	70,2	29,8		
0,0056	67,4	32,6		
0,0040	64,5	35,5		
0,0029	64,0	36,0		
0,0021	60,9	39,1		
0,0012	57,7	42,3	Argila < 0,002	60,7



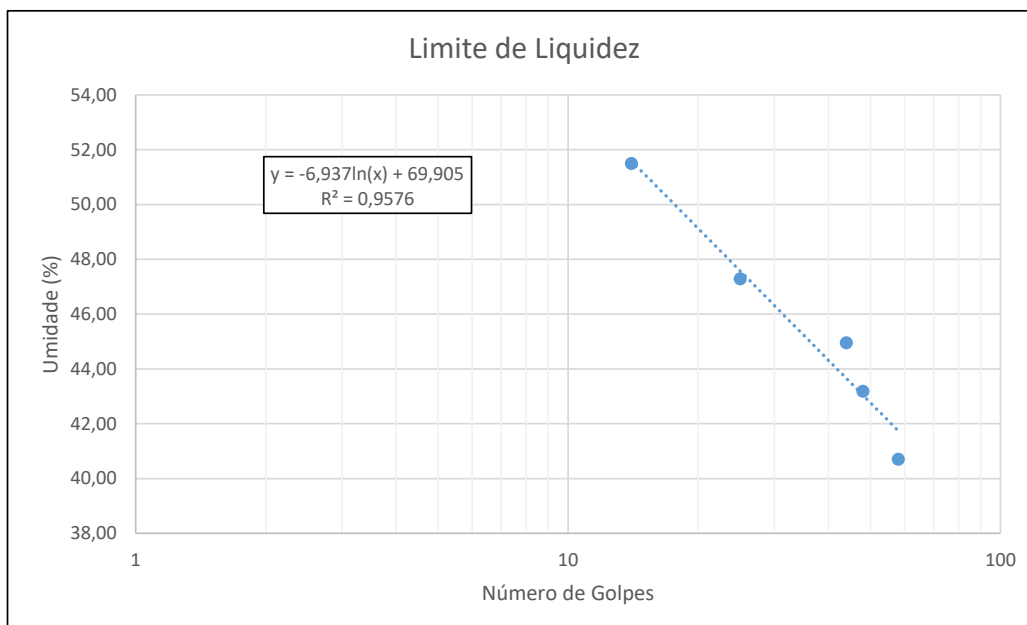
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	22
Data:	21/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
6	26,07	21,74	11,10	4,33	10,64	58	40,70
9	27,54	22,66	11,36	4,88	11,30	48	43,19
37	29,28	24,16	12,77	5,12	11,39	44	44,95
11	28,80	22,87	10,33	5,93	12,54	25	47,29
3	28,08	22,24	10,90	5,84	11,34	14	51,50

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
135	7,77	7,27	5,65	0,50	1,62	30,86	31,25
134	7,58	7,11	5,62	0,47	1,49	31,54	
61	7,48	7,04	5,58	0,44	1,46	30,14	
108	8,55	8,04	6,43	0,51	1,61	31,68	
79	7,89	7,40	5,87	0,49	1,53	32,03	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	47,6
Limite de Plasticidade (%)	31,2
Índice de Plasticidade (%)	16,3



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	23
Data:	01/12/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	25	45	60	65	78
Solo + Água + Molde (g)	8305	7885	7850	7700	7905
Peso Molde (g)	5515	4705	4380	4200	4385
Peso Solo + Água (g)	2790	3180	3470	3500	3520
Volume Molde (cm ³)	2015	2015	2006	1996	2050
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1385	1578	1730	1754	1717
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1099	1233	1331	1323	1273

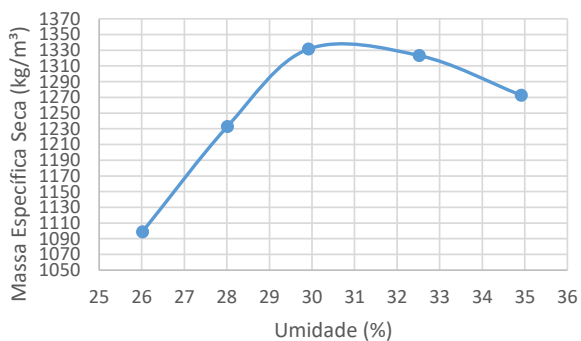
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	2	25	91	89	35	44	41	49	78	85
P. Solo Úm. + C. (g)	81,40	83,71	73,15	74,61	88,00	87,78	85,99	85,37	88,01	84,28
P. Solo S. + Cap. (g)	67,05	69,08	59,89	61,05	71,09	71,32	68,45	67,99	68,74	65,94
Peso Água (g)	14,35	14,63	13,26	13,56	16,91	16,46	17,54	17,38	19,27	18,34
Peso Cápsula (g)	11,78	12,96	12,66	12,53	15,99	14,85	14,05	14,99	14,01	12,96
P. Solo Seco (g)	55,27	56,12	47,23	48,52	55,10	56,47	54,40	53,00	54,73	52,98
Umidade (%)	25,96	26,07	28,08	27,95	30,69	29,15	32,24	32,79	35,21	34,62
Umid. Média (%)	26,02		28,01		29,92		32,52		34,91	

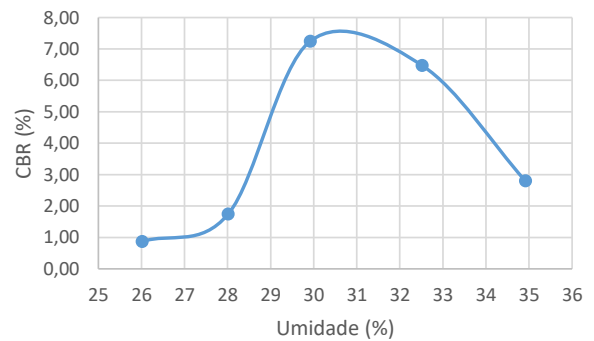
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	30,9
Densidade Máxima (kg/m ³)	1337
Expansão Média (%)	0,15
ISC/CBR Final (%)	7,6

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	4	0,04	
2,5	6	0,06	0,87
5	9	0,09	0,87
7,5	10	0,1	
10	11	0,11	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	8	0,08	
2,5	12	0,12	1,74
5	17	0,17	1,64
7,5	22	0,22	
10	25	0,25	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	20	0,2	
1,25	33	0,33	
2,5	50	0,5	7,25
5	70	0,7	6,76
7,5	85	0,85	
10	96	0,96	

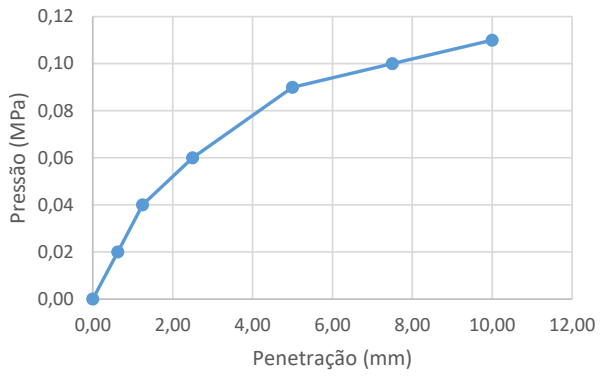
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	16	0,16	
1,25	22	0,22	
2,5	44	0,44	6,38
5	67	0,67	6,47
7,5	80	0,8	
10	87	0,87	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	10	0,1	
2,5	17	0,17	2,46
5	29	0,29	2,80
7,5	39	0,39	
10	42	0,42	

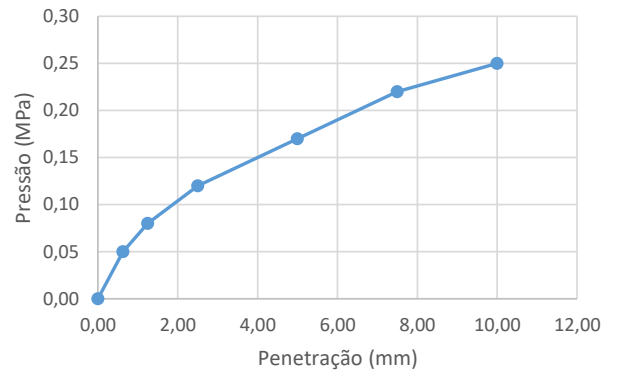
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
25	26,02	0,87	26,02	1099
45	28,01	1,74	28,01	1233
60	29,92	7,25	29,92	1331
65	32,52	6,47	32,52	1323
78	34,91	2,80	34,91	1273

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	25	45	60	65	78
Leitura Inicial	3,00	3,00	7,00	4,00	4,00
Leitura Final	3,40	3,28	7,18	4,05	3,95
L.Final - L.Inicial	0,40	0,28	0,18	0,05	-0,05
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,35	0,25	0,16	0,04	-0,04
Média (%)	0,15				

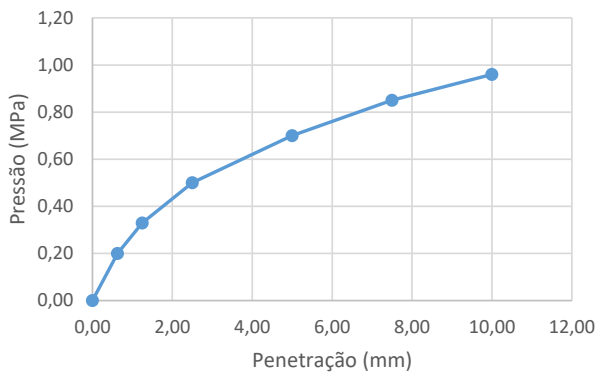
Pressão x Penetração 1



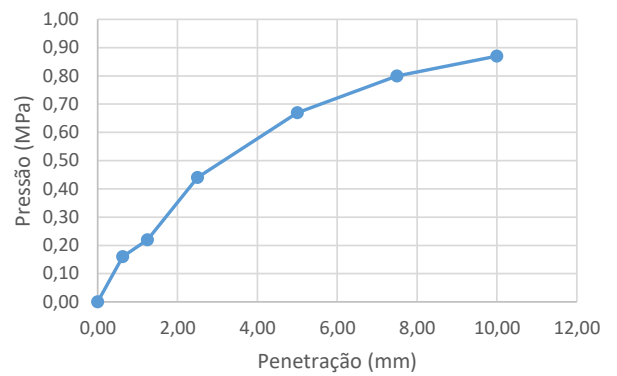
Pressão x Penetração 2



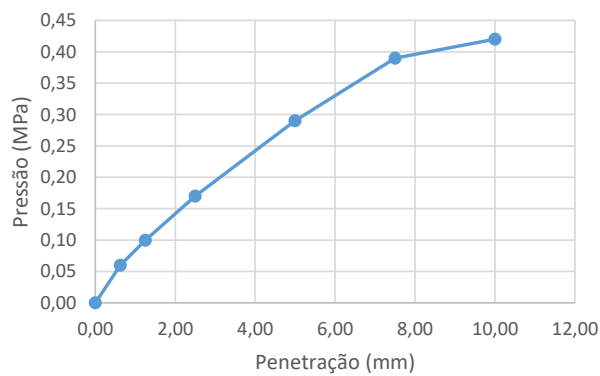
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	23	
Data:	03/11/2021	Camada:	SUBLEITO				

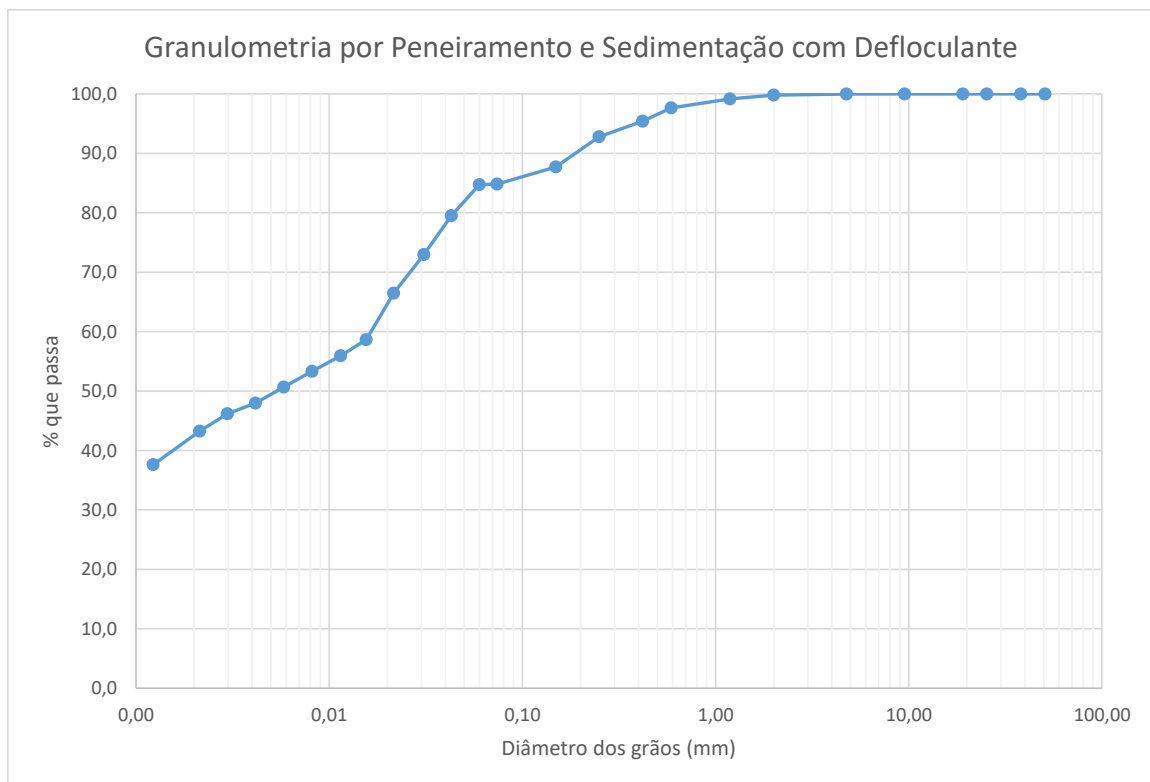
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	332	381		Pic.	8	9	
tara (g)	11,85	11,76		Temp. (°C)	26,3	26,3	
tara + SH (g)	86,71	92,17		Pic. Vazio	97,6	102,54	
tara + SS (g)	75,58	80,49		Pic. + Amostra	157,67	162,6	
Umidade (%)	17,46	16,99		Pic. + Água + Amostra	443,25	452,82	
w (%):	17,2			Pic. + Água	404,70	414,52	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,79	2,76	
				GS ₂₀ :	2,77		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	608,3			Massa total da amostra seca Ms (g) =	519,04		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,13	0,13	100,0
10	2,00	0,83	0,96	99,8

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,38	0,38	99,2
30	0,590	0,91	1,29	97,7
40	0,420	1,35	2,64	95,4
60	0,250	1,55	4,19	92,8
100	0,149	3,05	7,24	87,7
200	0,074	1,74	8,98	84,8

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,06	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,029	0,9966	11,4	84,7	0,0599
1 min	60	24,2	1,027	0,9966	11,7	79,5	0,0430
2 min	120	24,2	1,025	0,9966	12,2	73,0	0,0309
4 min	240	24,2	1,022	0,9966	11,8	66,5	0,0216
8 min	480	24,2	1,019	0,9966	12,3	58,6	0,0156
15 min	900	24,1	1,018	0,9966	12,5	56,0	0,0115
30 min	1800	24,1	1,017	0,9966	12,7	53,3	0,0082
1 h	3600	24,0	1,016	0,9966	12,9	50,7	0,0058
2 h	7200	23,8	1,015	0,9966	13,0	48,0	0,0042
4 h	14400	22,9	1,015	0,9968	13,1	46,2	0,0030
8 h	28800	22,3	1,014	0,9969	13,3	43,3	0,0021
24 h	86400	24,0	1,011	0,9966	13,7	37,6	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,8	0,2	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,2
1,190	99,2	0,8	0,60 < Areia grossa < 2,0	2,1
0,590	97,7	2,3	0,20 < Areia média < 0,6	7,4
0,420	95,4	4,6		
0,250	92,8	7,2		
0,149	87,7	12,3	0,06 < Areia fina < 0,20	5,5
0,074	84,8	15,2		
0,0599	84,7	15,3		
0,0430	79,5	20,5	0,002 < Silte < 0,06	42,4
0,0309	73,0	27,0		
0,0216	66,5	33,5		
0,0156	58,6	41,4		
0,0115	56,0	44,0		
0,0082	53,3	46,7		
0,0058	50,7	49,3		
0,0042	48,0	52,0		
0,0030	46,2	53,8		
0,0021	43,3	56,7		
0,0012	37,6	62,4	Argila < 0,002	42,4



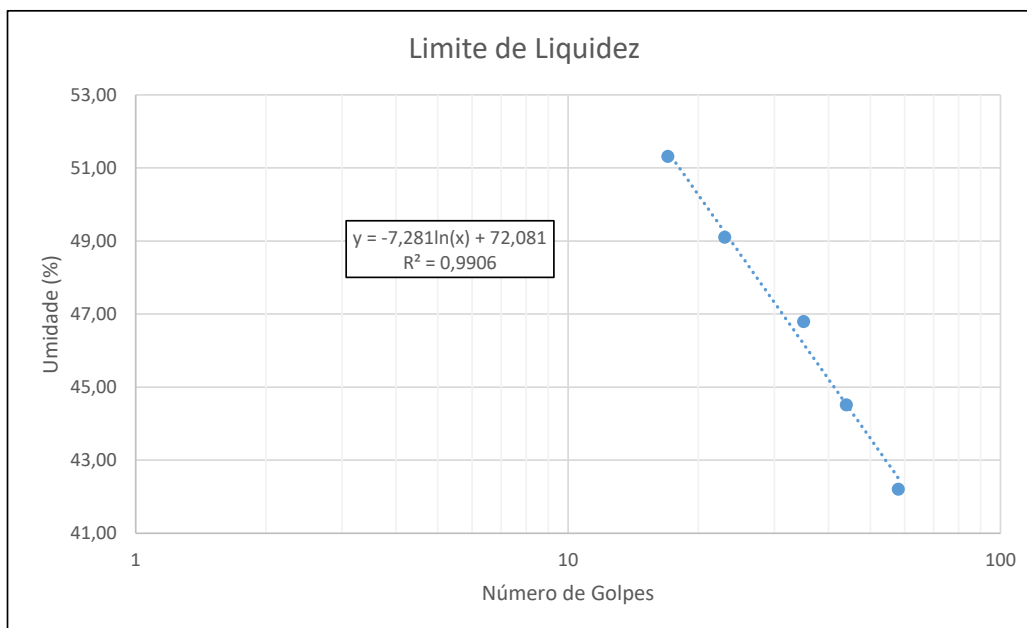
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	23
Data:	01/12/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
17	29,79	24,21	10,99	5,58	13,22	58	42,21
52	25,01	20,34	9,85	4,67	10,49	44	44,52
41	31,75	25,77	12,99	5,98	12,78	35	46,79
31	28,45	22,69	10,96	5,76	11,73	23	49,10
5	29,16	22,74	10,23	6,42	12,51	17	51,32

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
123	8,39	7,82	6,01	0,57	1,81	31,49	32,25
83	7,63	7,11	5,55	0,52	1,56	33,33	
127	8,52	7,99	6,30	0,53	1,69	31,36	
54	7,63	7,13	5,67	0,50	1,46	34,25	
89	7,80	7,35	5,89	0,45	1,46	30,82	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	48,6
Limite de Plasticidade (%)	32,3
Índice de Plasticidade (%)	16,4



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	24
Data:	26/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	93	54	51	45	82
Solo + Água + Molde (g)	7375	7820	7900	8200	8140
Peso Molde (g)	4375	4750	4555	4705	4505
Peso Solo + Água (g)	3000	3070	3345	3495	3635
Volume Molde (cm ³)	2050	1970	2015	2015	2123
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1463	1558	1660	1734	1712
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1207	1263	1325	1349	1310

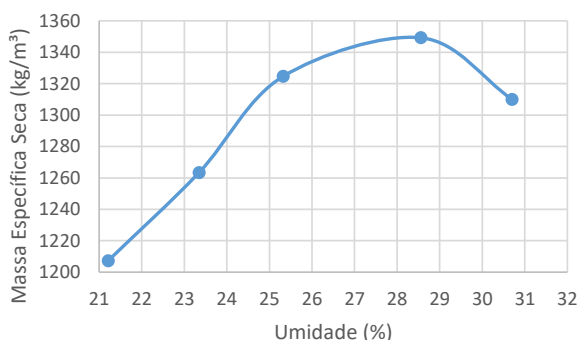
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	306	210	32	41	3	53	72	7	89	19
P. Solo Úm. + C. (g)	70,23	69,54	79,21	80,05	85,24	81,87	81,48	79,57	87,91	76,12
P. Solo S. + Cap. (g)	60,23	59,86	66,32	67,10	70,86	67,86	66,36	64,49	70,28	61,28
Peso Água (g)	10,00	9,68	12,89	12,95	14,38	14,01	15,12	15,08	17,63	14,84
Peso Cápsula (g)	13,25	14,07	11,65	11,08	13,85	12,75	12,92	12,16	13,23	12,62
P. Solo Seco (g)	46,98	45,79	54,67	56,02	57,01	55,11	53,44	52,33	57,05	48,66
Umidade (%)	21,29	21,14	23,58	23,12	25,22	25,42	28,29	28,82	30,90	30,50
Umid. Média (%)	21,21		23,35		25,32		28,56		30,70	

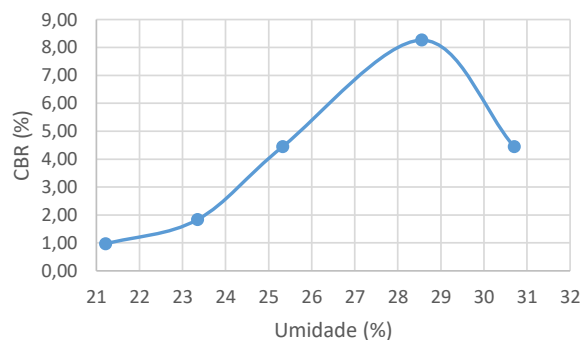
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	28,5
Densidade Máxima (kg/m ³)	1347
Expansão Média (%)	0,16
ISC/CBR Final (%)	8,1

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	4	0,04	
2,5	6	0,06	0,87
5	10	0,1	0,97
7,5	14	0,14	
10	16	0,16	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	7	0,07	
2,5	11	0,11	1,59
5	19	0,19	1,84
7,5	26	0,26	
10	28	0,28	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	12	0,12	
1,25	19	0,19	
2,5	28	0,28	4,06
5	46	0,46	4,44
7,5	50	0,5	
10	55	0,55	

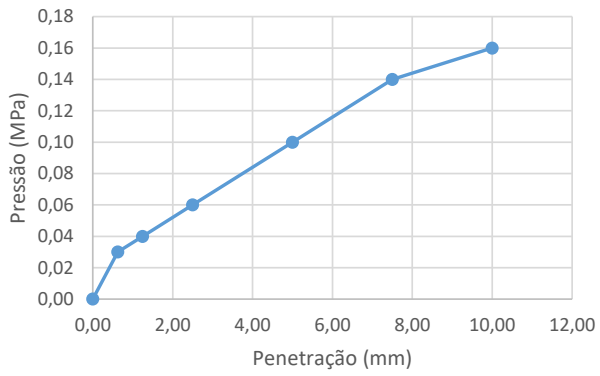
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	18	0,18	
1,25	36	0,36	
2,5	57	0,57	8,26
5	80	0,8	7,73
7,5	93	0,93	
10	102	1,02	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	13	0,13	
2,5	26	0,26	3,77
5	46	0,46	4,44
7,5	60	0,6	
10	63	0,63	

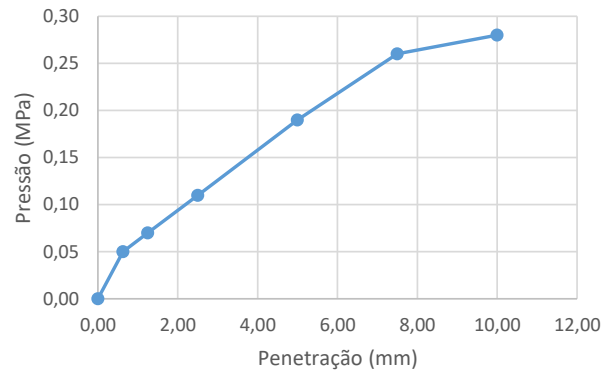
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
93	21,21	0,97	21,21	1207
54	23,35	1,84	23,35	1263
51	25,32	4,44	25,32	1325
45	28,56	8,26	28,56	1349
82	30,70	4,44	30,70	1310

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	93	54	51	45	82
Leitura Inicial	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00
Leitura Final	4,42	3,48	3,30	3,03	3,69
L.Final - L.Inicial	0,42	0,48	0,30	0,03	-0,31
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,37	0,42	0,26	0,03	-0,27
Média (%)	0,16				

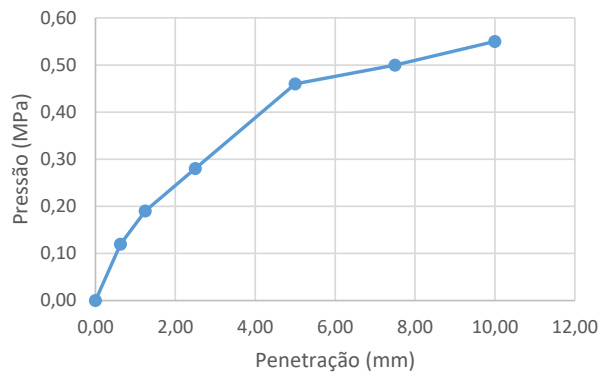
Pressão x Penetração 1



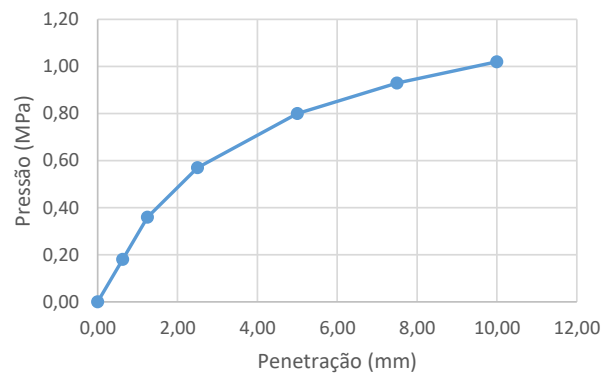
Pressão x Penetração 2



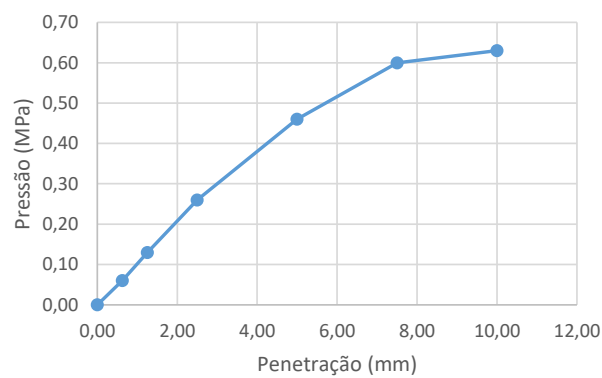
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	24
Data:	03/11/2021	Camada:	SUBLEITO			

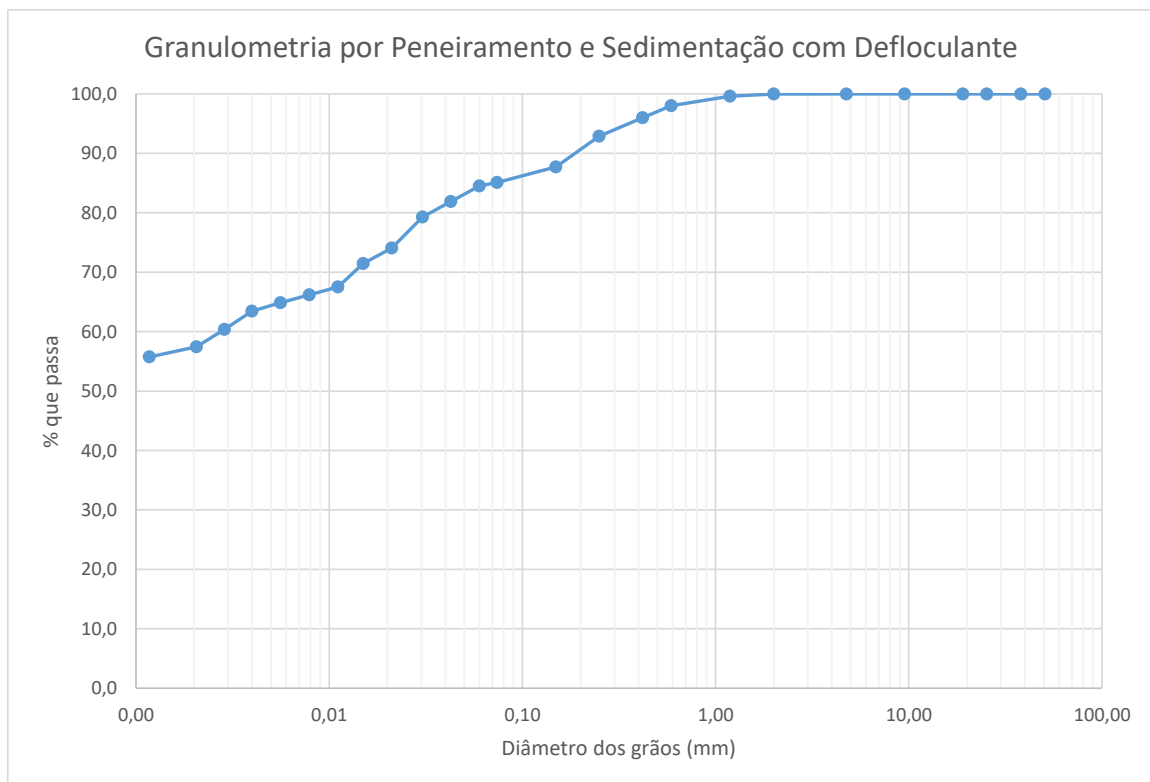
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	68	9		Pic.	7	10	
tara (g)	11,93	11,68		Temp. (°C)	28,1	27,9	
tara + SH (g)	91,46	85,66		Pic. Vazio	101,45	109,22	
tara + SS (g)	79,82	75,42		Pic. + Amostra	161,48	169,23	
Umidade (%)	17,15	16,07		Pic. + Água + Amostra	440,47	462,09	
w (%):	16,6			Pic. + Água	402,14	423,65	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,76	2,78	
				GS ₂₀ :	2,77		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	605,8			Massa total da amostra seca Ms (g) =	519,55		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,17	0,17	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,22	0,22	99,6
30	0,590	0,96	1,18	98,0
40	0,420	1,21	2,39	96,0
60	0,250	1,86	4,25	92,9
100	0,149	3,11	7,36	87,7
200	0,074	1,58	8,94	85,1

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,04	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,029	0,9966	11,4	84,5	0,0599
1 min	60	24,2	1,028	0,9966	11,6	81,9	0,0427
2 min	120	24,2	1,027	0,9966	11,7	79,3	0,0304
4 min	240	24,2	1,025	0,9966	11,3	74,1	0,0211
8 min	480	24,2	1,024	0,9966	11,5	71,5	0,0150
15 min	900	24,1	1,023	0,9966	11,7	67,5	0,0111
30 min	1800	24,1	1,022	0,9966	11,8	66,2	0,0079
1 h	3600	24,0	1,022	0,9966	11,9	64,9	0,0056
2 h	7200	23,8	1,021	0,9966	12,0	63,4	0,0040
4 h	14400	22,9	1,020	0,9968	12,2	60,4	0,0029
8 h	28800	22,3	1,019	0,9969	12,3	57,5	0,0021
24 h	86400	24,0	1,018	0,9966	12,5	55,7	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,6	0,4	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,9
0,590	98,0	2,0	0,20 < Areia média < 0,6	7,7
0,420	96,0	4,0		
0,250	92,9	7,1		
0,149	87,7	12,3	0,06 < Areia fina < 0,20	5,8
0,074	85,1	14,9		
0,0599	84,5	15,5		
0,0427	81,9	18,1	0,002 < Silte < 0,06	27,2
0,0304	79,3	20,7		
0,0211	74,1	25,9		
0,0150	71,5	28,5		
0,0111	67,5	32,5		
0,0079	66,2	33,8		
0,0056	64,9	35,1		
0,0040	63,4	36,6		
0,0029	60,4	39,6		
0,0021	57,5	42,5		
0,0012	55,7	44,3	Argila < 0,002	57,3



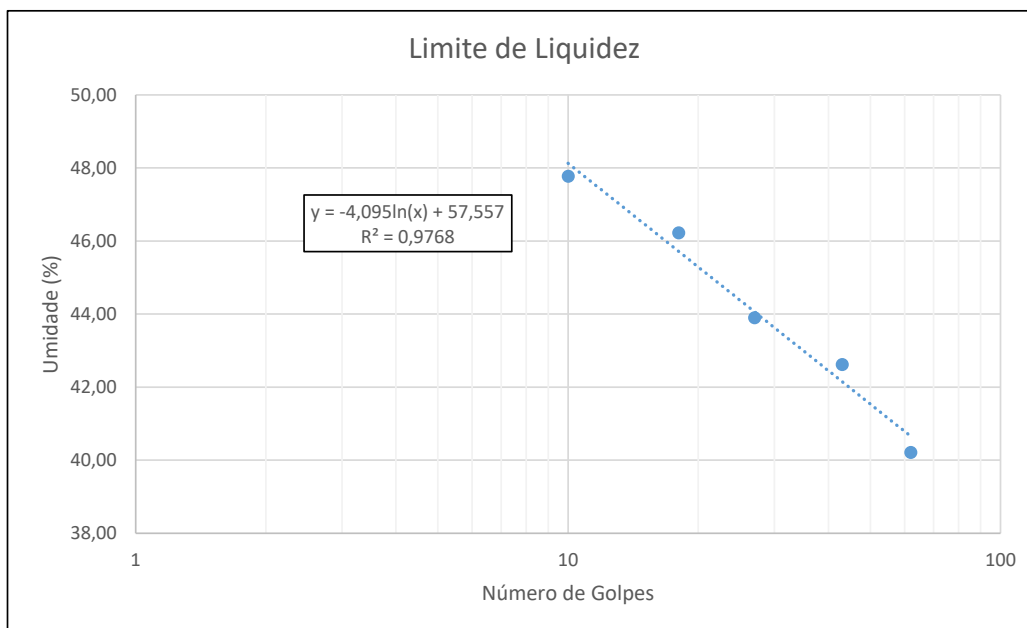
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	24
Data:	27/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
11	28,75	23,47	10,34	5,28	13,13	62	40,21
16	28,62	24,03	13,26	4,59	10,77	43	42,62
51	25,39	20,68	9,95	4,71	10,73	27	43,90
42	26,31	21,23	10,24	5,08	10,99	18	46,22
9	28,29	22,83	11,40	5,46	11,43	10	47,77

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
79	7,72	7,26	5,86	0,46	1,40	32,86	31,91
77	7,11	6,66	5,17	0,45	1,49	30,20	
99	7,36	6,96	5,60	0,40	1,36	29,41	
124	7,92	7,42	5,97	0,50	1,45	34,48	
67	7,56	7,11	5,73	0,45	1,38	32,61	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	44,4
Limite de Plasticidade (%)	31,9
Índice de Plasticidade (%)	12,5



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	25
Data:	21/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	85	94	61	73	68
Solo + Água + Molde (g)	7435	7910	8155	7985	7845
Peso Molde (g)	4510	4855	4465	4370	4285
Peso Solo + Água (g)	2925	3055	3690	3615	3560
Volume Molde (cm ³)	2225	1997	2123	2050	2032
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1315	1530	1738	1763	1752
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1052	1203	1329	1320	1290

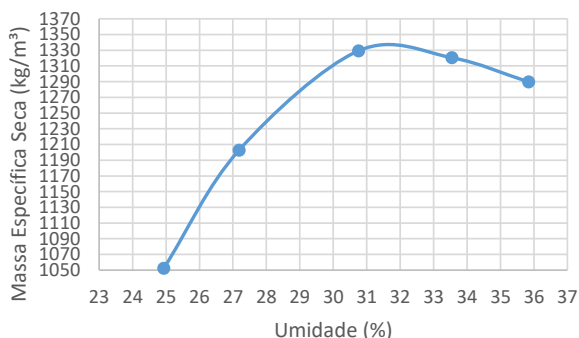
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	150	171	160	137	173	125	110	105	108	117
P. Solo Úm. + C. (g)	90,65	87,78	75,71	78,13	82,71	73,61	78,49	70,48	77,96	84,11
P. Solo S. + Cap. (g)	75,29	72,90	62,55	64,43	66,59	59,15	62,89	55,67	61,17	65,74
Peso Água (g)	15,36	14,88	13,16	13,70	16,12	14,46	15,60	14,81	16,79	18,37
Peso Cápsula (g)	13,24	13,64	13,97	14,21	14,08	12,22	16,24	11,66	13,90	14,94
P. Solo Seco (g)	62,05	59,26	48,58	50,22	52,51	46,93	46,65	44,01	47,27	50,80
Umidade (%)	24,75	25,11	27,09	27,28	30,70	30,81	33,44	33,65	35,52	36,16
Umid. Média (%)	24,93		27,18		30,76		33,55		35,84	

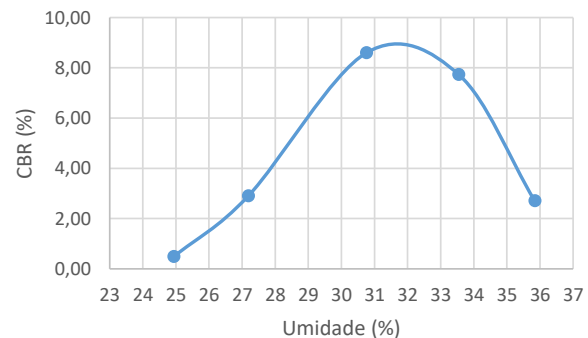
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	31,8
Densidade Máxima (kg/m ³)	1332
Expansão Média (%)	0,12
ISC/CBR Final (%)	8,9

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	1	0,01	
1,25	1	0,01	
2,5	2	0,02	0,29
5	5	0,05	0,48
7,5	7	0,07	
10	8	0,08	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	10	0,1	
1,25	15	0,15	
2,5	20	0,2	2,90
5	27	0,27	2,61
7,5	31	0,31	
10	33	0,33	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	18	0,18	
1,25	45	0,45	
2,5	58	0,58	8,41
5	89	0,89	8,60
7,5	100	1	
10	110	1,1	

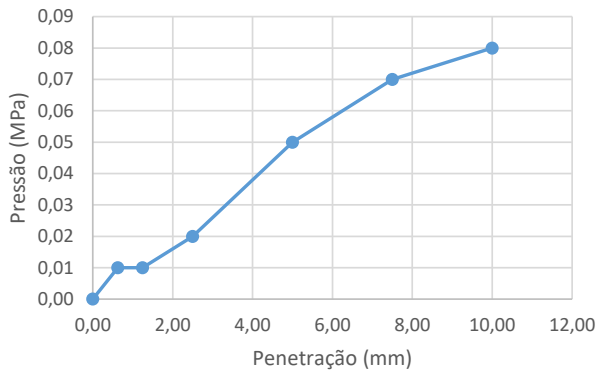
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	11	0,11	
1,25	27	0,27	
2,5	52	0,52	7,54
5	80	0,8	7,73
7,5	98	0,98	
10	106	1,06	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	4	0,04	
1,25	7	0,07	
2,5	14	0,14	2,03
5	28	0,28	2,71
7,5	42	0,42	
10	48	0,48	

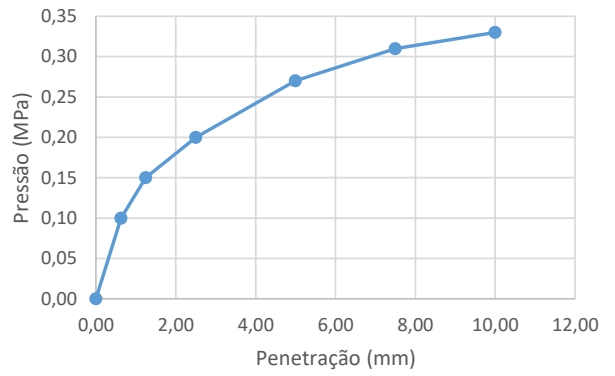
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
85	24,93	0,48	24,93	1052
94	27,18	2,90	27,18	1203
61	30,76	8,60	30,76	1329
73	33,55	7,73	33,55	1320
68	35,84	2,71	35,84	1290

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	85	94	61	73	68
Leitura Inicial	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00
Leitura Final	3,29	3,21	5,17	3,03	2,98
L.Final - L.Inicial	0,29	0,21	0,17	0,03	-0,02
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,25	0,18	0,15	0,03	-0,02
Média (%)	0,12				

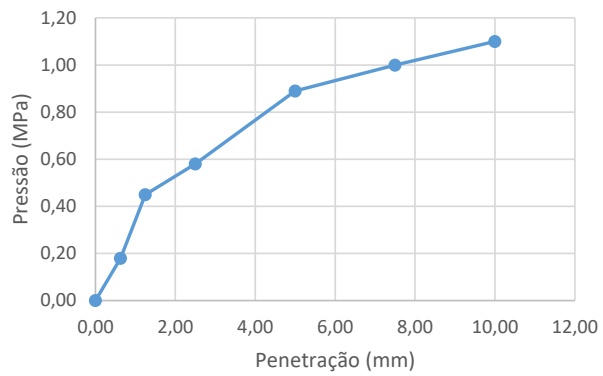
Pressão x Penetração 1



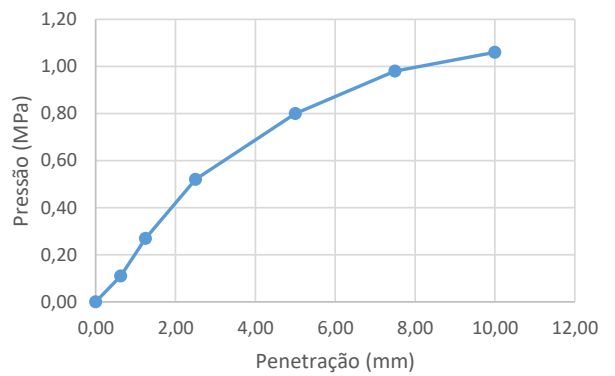
Pressão x Penetração 2



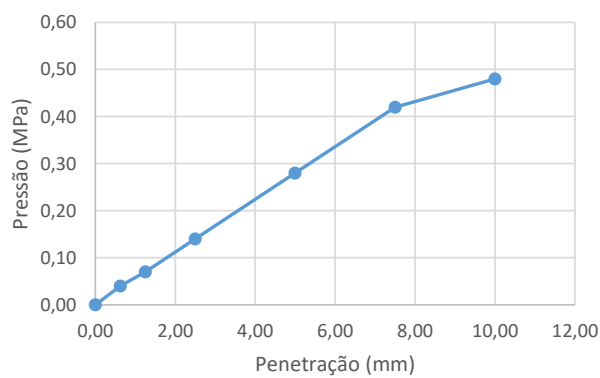
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	25
Data:	27/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

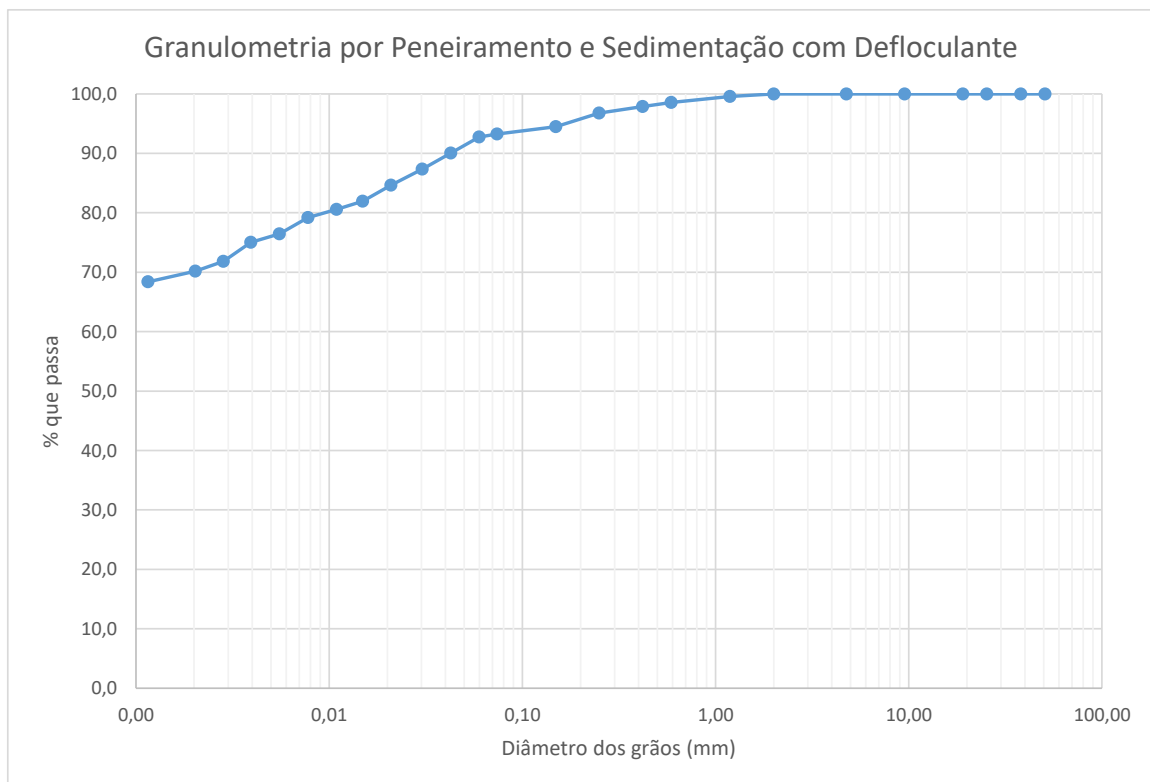
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	88	23		Pic.	11	13	
tara (g)	14,28	12,69		Temp. (°C)	28,1	27,9	
tara + SH (g)	88,79	97,62		Pic. Vazio	104,26	99,13	
tara + SS (g)	76,5	84,08		Pic. + Amostra	164,29	159,13	
Umidade (%)	19,75	18,97		Pic. + Água + Amostra	457,43	455,00	
w (%):	19,4			Pic. + Água	419,50	416,93	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,71	2,73	
				GS ₂₀ :	2,72		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	601,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	503,52		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,00	0,00	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,25	0,25	99,6
30	0,590	0,59	0,84	98,6
40	0,420	0,41	1,26	97,9
60	0,250	0,64	1,89	96,8
100	0,149	1,33	3,22	94,5
200	0,074	0,75	3,97	93,2

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,08	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,031	0,9966	11,0	92,7	0,0598
1 min	60	24,2	1,030	0,9966	11,2	90,0	0,0426
2 min	120	24,2	1,029	0,9966	11,4	87,3	0,0304
4 min	240	24,2	1,028	0,9966	10,8	84,7	0,0209
8 min	480	24,2	1,027	0,9966	10,9	82,0	0,0149
15 min	900	24,1	1,027	0,9966	11,0	80,6	0,0109
30 min	1800	24,1	1,026	0,9966	11,1	79,2	0,0078
1 h	3600	24,0	1,025	0,9966	11,3	76,5	0,0055
2 h	7200	23,8	1,025	0,9966	11,4	75,0	0,0039
4 h	14400	22,9	1,024	0,9968	11,6	71,8	0,0028
8 h	28800	22,3	1,023	0,9969	11,6	70,2	0,0020
24 h	86400	24,0	1,022	0,9966	11,8	68,4	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,6	0,4	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,4
0,590	98,6	1,4	0,20 < Areia média < 0,6	2,9
0,420	97,9	2,1		
0,250	96,8	3,2		
0,149	94,5	5,5	0,06 < Areia fina < 0,20	2,9
0,074	93,2	6,8		
0,0598	92,7	7,3		
0,0426	90,0	10,0	0,002 < Silte < 0,06	22,6
0,0304	87,3	12,7		
0,0209	84,7	15,3		
0,0149	82,0	18,0		
0,0109	80,6	19,4		
0,0078	79,2	20,8		
0,0055	76,5	23,5		
0,0039	75,0	25,0		
0,0028	71,8	28,2		
0,0020	70,2	29,8		
0,0012	68,4	31,6	Argila < 0,002	70,1



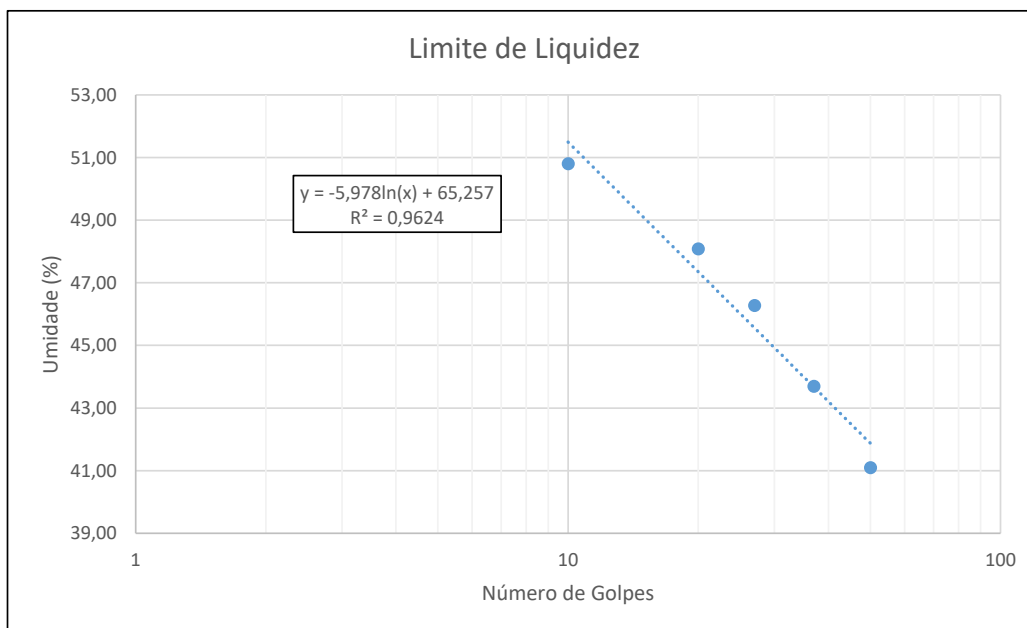
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	25
Data:	25/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
30	23,87	19,60	9,21	4,27	10,39	50	41,10
1	27,59	22,60	11,18	4,99	11,42	37	43,70
9	27,67	22,52	11,39	5,15	11,13	27	46,27
45	27,12	22,10	11,66	5,02	10,44	20	48,08
53	30,23	23,86	11,32	6,37	12,54	10	50,80

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
105	8,38	8,01	6,74	0,37	1,27	29,13	28,60
60	7,38	6,98	5,67	0,40	1,31	30,53	
68	9,96	9,64	8,30	0,32	1,34	23,88	
70	8,78	8,38	7,08	0,40	1,30	30,77	
65	7,69	7,32	6,03	0,37	1,29	28,68	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	46,0
Limite de Plasticidade (%)	28,6
Índice de Plasticidade (%)	17,4



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	26
Data:	21/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

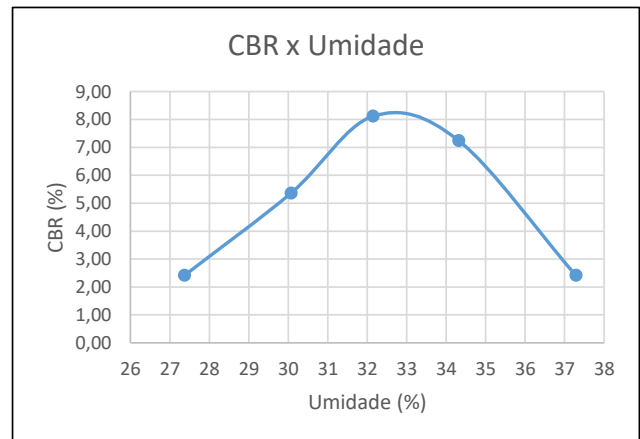
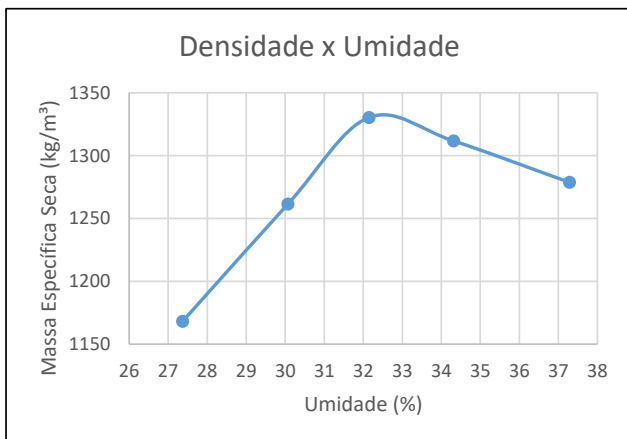
Nº Molde	63	58	50	38	52
Solo + Água + Molde (g)	7355	7595	9095	8235	8405
Peso Molde (g)	4305	4320	5600	4685	4915
Peso Solo + Água (g)	3050	3275	3495	3550	3490
Volume Molde (cm ³)	2050	1996	1988	2015	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1488	1641	1758	1762	1756
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1168	1261	1330	1312	1279

CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	154	118	134	103	164	149	120	165	172	115
P. Solo Úm. + C. (g)	81,06	74,80	76,85	79,46	78,46	77,18	82,33	78,93	76,75	82,04
P. Solo S. + Cap. (g)	66,50	61,53	62,28	64,01	62,89	61,13	65,22	62,44	60,00	63,83
Peso Água (g)	14,56	13,27	14,57	15,45	15,57	16,05	17,11	16,49	16,75	18,21
Peso Cápsula (g)	13,21	13,13	13,63	12,83	14,42	11,24	15,22	14,51	14,62	15,47
P. Solo Seco (g)	53,29	48,40	48,65	51,18	48,47	49,89	50,00	47,93	45,38	48,36
Umidade (%)	27,32	27,42	29,95	30,19	32,12	32,17	34,22	34,40	36,91	37,66
Umid. Média (%)	27,37		30,07		32,15		34,31		37,28	

RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,5
Densidade Máxima (kg/m ³)	1331
Expansão Média (%)	0,14
ISC/CBR Final (%)	8,1



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	8	0,08	
1,25	11	0,11	
2,5	16	0,16	2,32
5	25	0,25	2,42
7,5	31	0,31	
10	33	0,33	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	25	0,25	
2,5	37	0,37	5,36
5	53	0,53	5,12
7,5	66	0,66	
10	69	0,69	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	21	0,21	
1,25	41	0,41	
2,5	55	0,55	7,97
5	84	0,84	8,12
7,5	96	0,96	
10	106	1,06	

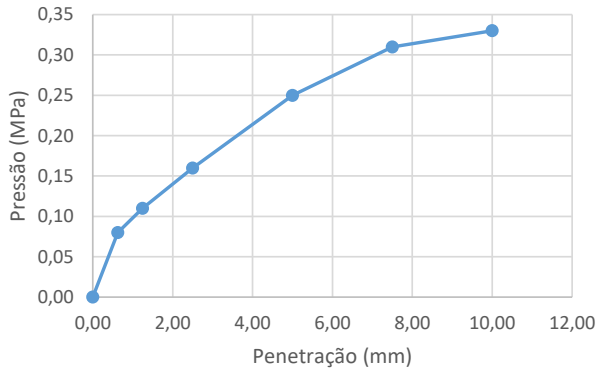
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	14	0,14	
1,25	29	0,29	
2,5	50	0,5	7,25
5	74	0,74	7,15
7,5	88	0,88	
10	95	0,95	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	4	0,04	
1,25	7	0,07	
2,5	13	0,13	1,88
5	25	0,25	2,42
7,5	35	0,35	
10	39	0,39	

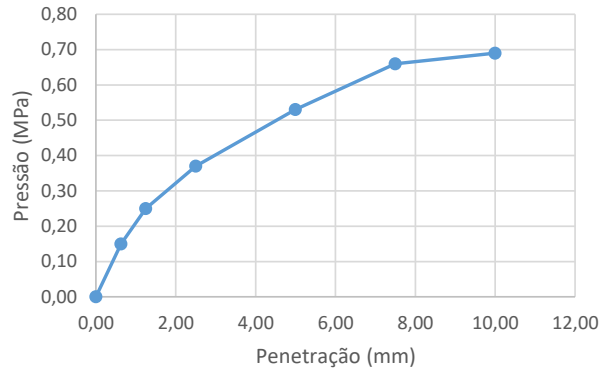
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
63	27,37	2,42	27,37	1168
58	30,07	5,36	30,07	1261
50	32,15	8,12	32,15	1330
38	34,31	7,25	34,31	1312
52	37,28	2,42	37,28	1279

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	63	58	50	38	52
Leitura Inicial	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00
Leitura Final	3,26	4,30	3,21	3,06	3,98
L.Final - L.Inicial	0,26	0,30	0,21	0,06	-0,02
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,23	0,26	0,18	0,05	-0,02
Média (%)	0,14				

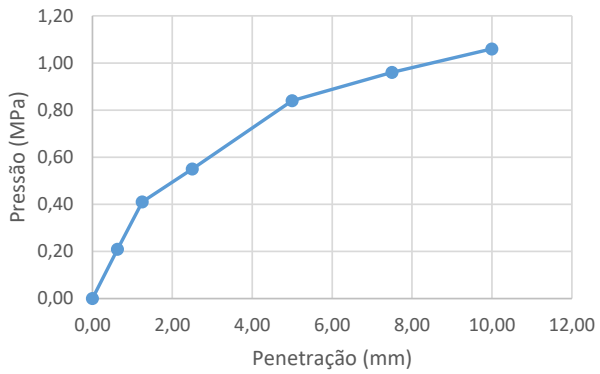
Pressão x Penetração 1



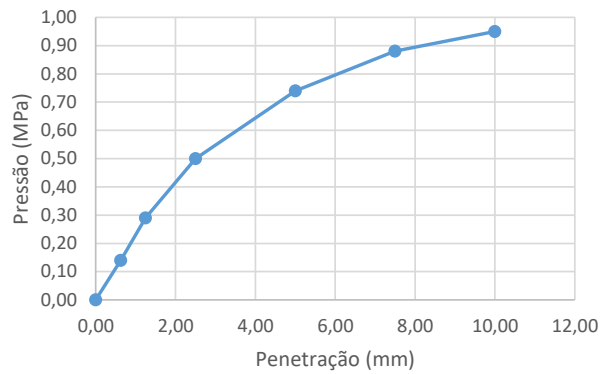
Pressão x Penetração 2



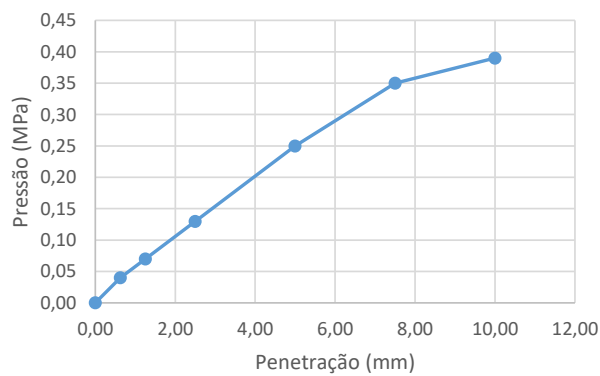
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	26	
Data:	30/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

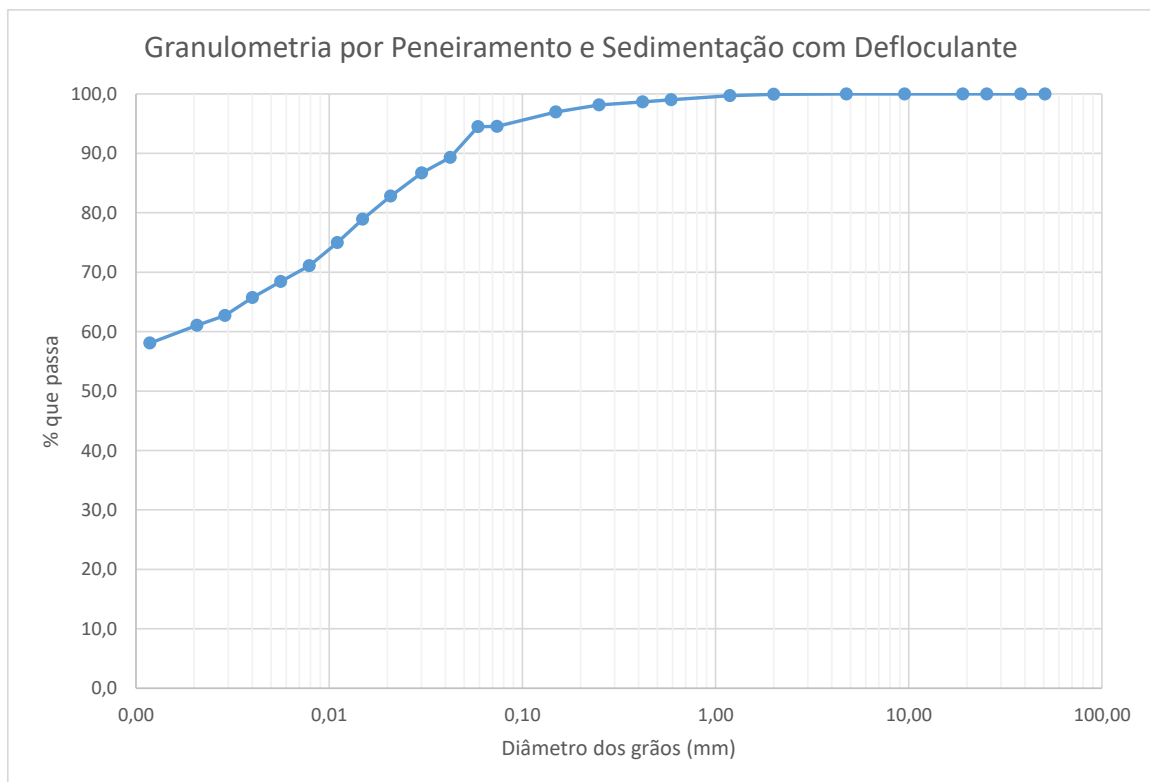
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	1	87		Pic.	12	14	
tara (g)	11,95	13,36		Temp. (°C)	27,6	27,5	
tara + SH (g)	82,44	79,07		Pic. Vazio	98,23	96,93	
tara + SS (g)	73,35	70,39		Pic. + Amostra	158,33	157,01	
Umidade (%)	14,80	15,22		Pic. + Água + Amostra	452,18	447,31	
w (%):	15,0			Pic. + Água	414,16	409,28	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,72	2,72	
				GS ₂₀ :	2,72		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,8			Massa total da amostra seca Ms (g) =	522,42		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,30	0,30	99,9

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,14	0,14	99,7
30	0,590	0,41	0,55	99,0
40	0,420	0,24	0,79	98,6
60	0,250	0,30	1,09	98,1
100	0,149	0,71	1,81	97,0
200	0,074	1,48	3,29	94,6

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,13	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,033	0,9966	10,7	94,5	0,0589
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,0	89,3	0,0423
2 min	120	24,2	1,030	0,9966	11,2	86,7	0,0302
4 min	240	24,2	1,029	0,9966	10,7	82,8	0,0208
8 min	480	24,2	1,027	0,9966	10,9	78,9	0,0149
15 min	900	24,1	1,026	0,9966	11,2	75,0	0,0110
30 min	1800	24,1	1,024	0,9966	11,5	71,1	0,0079
1 h	3600	24,0	1,023	0,9966	11,6	68,4	0,0056
2 h	7200	23,8	1,022	0,9966	11,8	65,8	0,0040
4 h	14400	22,9	1,021	0,9968	12,0	62,7	0,0029
8 h	28800	22,3	1,021	0,9969	12,1	61,1	0,0021
24 h	86400	24,0	1,019	0,9966	12,3	58,1	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,9	0,1	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,1
1,190	99,7	0,3	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,9
0,590	99,0	1,0	0,20 < Areia média < 0,6	1,5
0,420	98,6	1,4		
0,250	98,1	1,9		
0,149	97,0	3,0	0,06 < Areia fina < 0,20	2,8
0,074	94,6	5,4		
0,0589	94,5	5,5		
0,0423	89,3	10,7	0,002 < Silte < 0,06	34,0
0,0302	86,7	13,3		
0,0208	82,8	17,2		
0,0149	78,9	21,1		
0,0110	75,0	25,0		
0,0079	71,1	28,9		
0,0056	68,4	31,6		
0,0040	65,8	34,2		
0,0029	62,7	37,3		
0,0021	61,1	38,9		
0,0012	58,1	41,9	Argila < 0,002	60,9



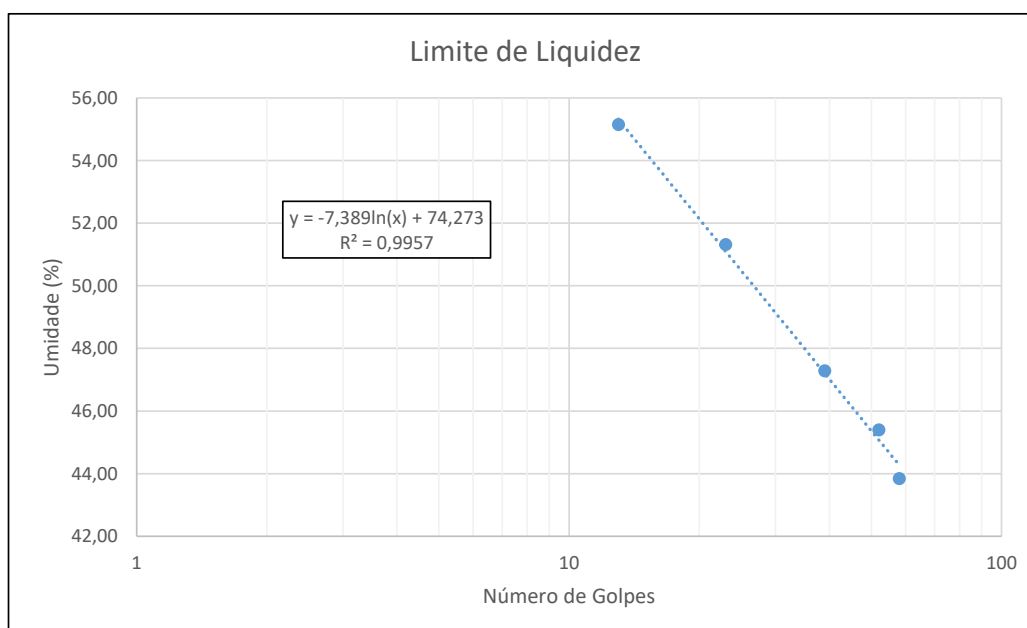
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	26
Data:	25/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
20	22,11	18,48	10,20	3,63	8,28	58	43,84
42	24,05	19,71	10,15	4,34	9,56	52	45,40
47	27,68	21,86	9,55	5,82	12,31	39	47,28
15	26,84	21,17	10,12	5,67	11,05	23	51,31
37	29,33	23,44	12,76	5,89	10,68	13	55,15

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
76	7,34	6,83	5,31	0,51	1,52	33,55	32,43
114	7,72	7,21	5,70	0,51	1,51	33,77	
133	7,85	7,39	5,92	0,46	1,47	31,29	
136	7,81	7,35	5,92	0,46	1,43	32,17	
88	7,57	7,15	5,81	0,42	1,34	31,34	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	50,5
Limite de Plasticidade (%)	32,4
Índice de Plasticidade (%)	18,1



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	27
Data:	26/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	38	71	6	63	58
Solo + Água + Molde (g)	7695	7800	8185	7910	7800
Peso Molde (g)	4685	4420	4765	4305	4320
Peso Solo + Água (g)	3010	3380	3420	3605	3480
Volume Molde (cm ³)	2015	2151	1970	2050	1996
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1494	1571	1736	1759	1743
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1179	1232	1336	1327	1296

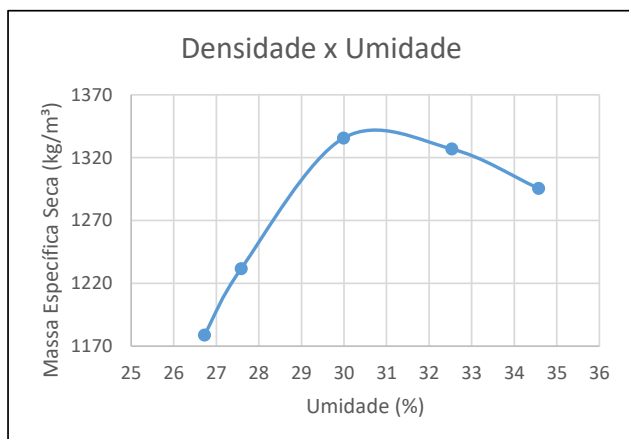
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	134	105	112	122	121	153	146	145	132	128
P. Solo Úm. + C. (g)	78,77	84,16	68,80	88,73	87,29	76,52	88,06	78,10	103,77	117,83
P. Solo S. + Cap. (g)	64,85	69,08	56,29	72,73	72,23	62,11	70,17	62,22	83,22	93,24
Peso Água (g)	13,92	15,08	12,51	16,00	15,06	14,41	17,89	15,88	20,55	24,59
Peso Cápsula (g)	13,63	11,66	11,35	14,19	21,94	14,12	14,69	13,83	23,39	22,56
P. Solo Seco (g)	51,22	57,42	44,94	58,54	50,29	47,99	55,48	48,39	59,83	70,68
Umidade (%)	27,18	26,26	27,84	27,33	29,95	30,03	32,25	32,82	34,35	34,79
Umid. Média (%)	26,72		27,58		29,99		32,53		34,57	

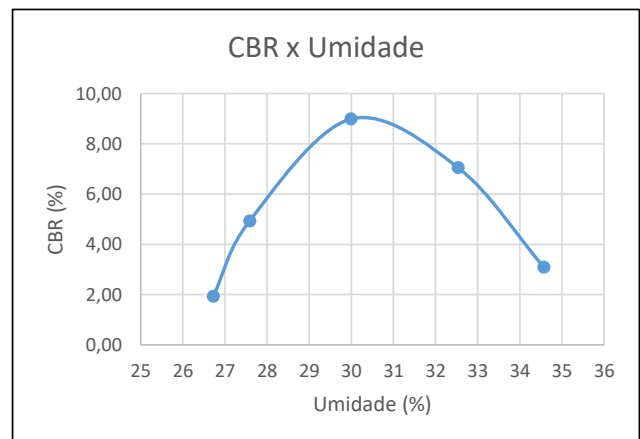
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	30,9
Densidade Máxima (kg/m ³)	1342
Expansão Média (%)	0,14
ISC/CBR Final (%)	8,8

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	9	0,09	
2,5	13	0,13	1,88
5	20	0,2	1,93
7,5	23	0,23	
10	25	0,25	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	16	0,16	
1,25	25	0,25	
2,5	34	0,34	4,93
5	43	0,43	4,15
7,5	48	0,48	
10	52	0,52	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	25	0,25	
1,25	46	0,46	
2,5	62	0,62	8,99
5	76	0,76	7,34
7,5	86	0,86	
10	96	0,96	

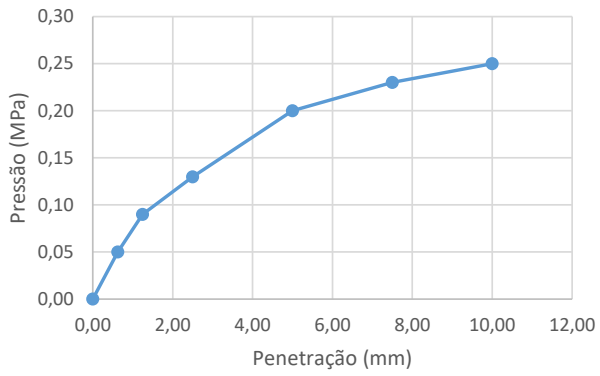
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	11	0,11	
1,25	22	0,22	
2,5	45	0,45	6,52
5	73	0,73	7,05
7,5	94	0,94	
10	102	1,02	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	7	0,07	
2,5	15	0,15	2,17
5	32	0,32	3,09
7,5	46	0,46	
10	51	0,51	

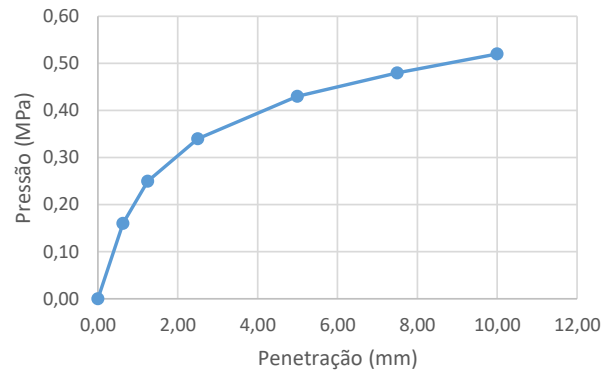
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
38	26,72	1,93	26,72	1179
71	27,58	4,93	27,58	1232
6	29,99	8,99	29,99	1336
63	32,53	7,05	32,53	1327
58	34,57	3,09	34,57	1296

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	38	71	6	63	58
Leitura Inicial	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Leitura Final	4,30	3,33	3,15	3,00	3,01
L.Final - L.Inicial	0,30	0,33	0,15	0,00	0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,26	0,29	0,13	0,00	0,01
Média (%)	0,14				

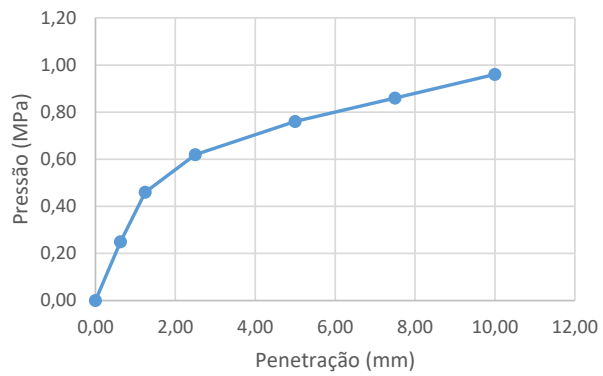
Pressão x Penetração 1



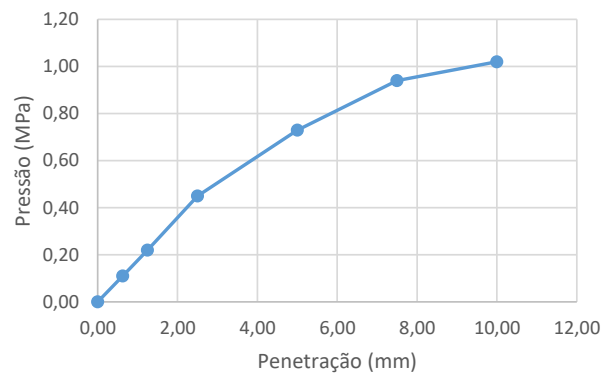
Pressão x Penetração 2



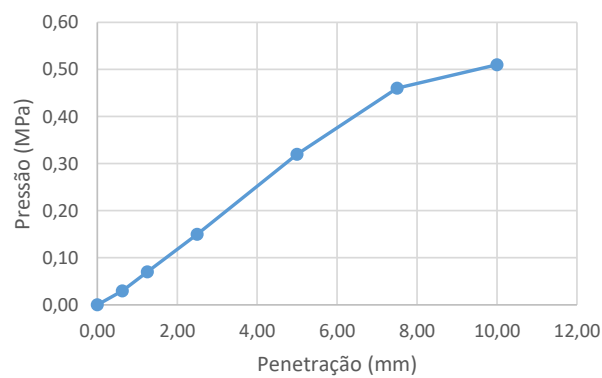
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	27	
Data:	03/11/2021	Camada:	SUBLEITO				

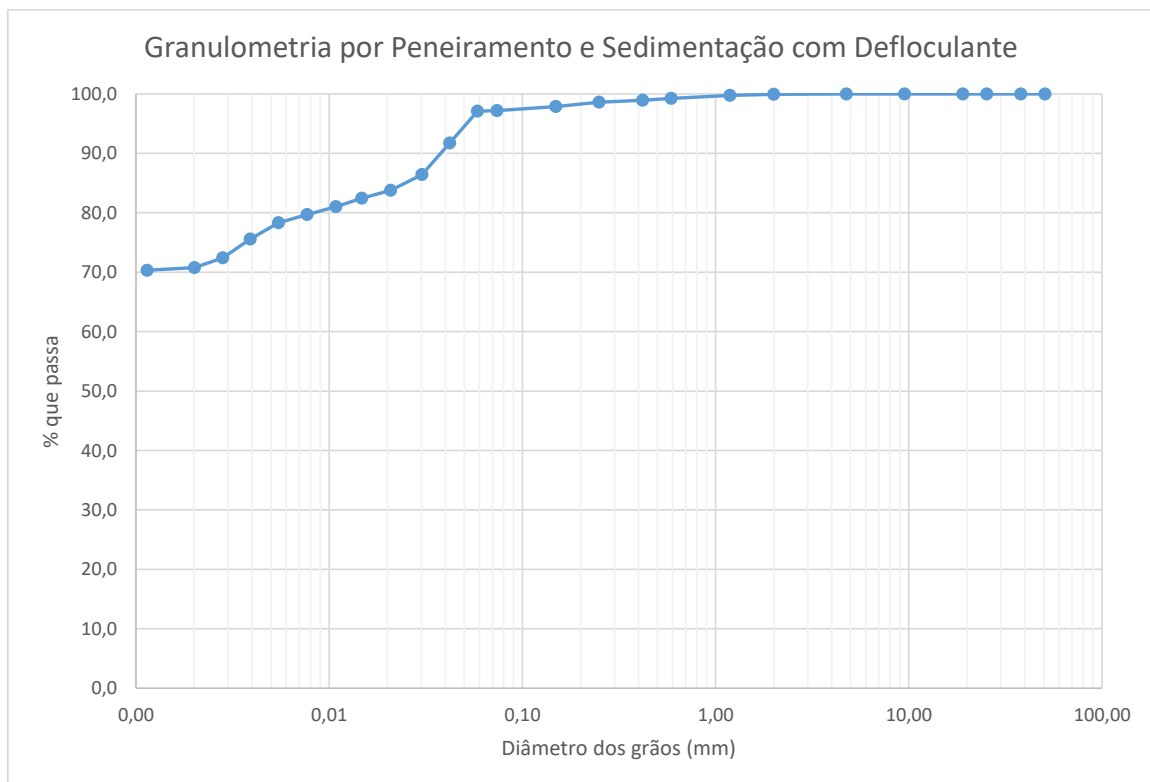
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	170	141		Pic.	1	2	
tara (g)	15,14	13,64		Temp. (°C)	25,8	25,8	
tara + SH (g)	111,76	108,99		Pic. Vazio	99,47	134,61	
tara + SS (g)	96,92	93,58		Pic. + Amostra	159,51	194,64	
Umidade (%)	18,15	19,28		Pic. + Água + Amostra	454,28	658,92	
w (%):	18,7			Pic. + Água	416,18	620,80	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,73	2,74	
				GS ₂₀ :	2,73		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	607,5			Massa total da amostra seca Ms (g) =	511,78		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,20	0,20	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,13	0,13	99,7
30	0,590	0,30	0,43	99,2
40	0,420	0,17	0,60	98,9
60	0,250	0,21	0,81	98,6
100	0,149	0,42	1,23	97,9
200	0,074	0,40	1,63	97,2

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,20	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,033	0,9966	10,7	97,1	0,0586
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,0	91,8	0,0421
2 min	120	24,2	1,029	0,9966	11,4	86,4	0,0303
4 min	240	24,2	1,028	0,9966	10,8	83,8	0,0208
8 min	480	24,2	1,028	0,9966	10,9	82,4	0,0148
15 min	900	24,1	1,027	0,9966	10,9	81,1	0,0108
30 min	1800	24,1	1,027	0,9966	11,0	79,7	0,0077
1 h	3600	24,0	1,026	0,9966	11,1	78,3	0,0055
2 h	7200	23,8	1,025	0,9966	11,3	75,6	0,0039
4 h	14400	22,9	1,024	0,9968	11,5	72,4	0,0028
8 h	28800	22,3	1,024	0,9969	11,6	70,8	0,0020
24 h	86400	24,0	1,023	0,9966	11,6	70,3	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,7	0,3	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,7
0,590	99,2	0,8	0,20 < Areia média < 0,6	1,0
0,420	98,9	1,1		
0,250	98,6	1,4		
0,149	97,9	2,1	0,06 < Areia fina < 0,20	0,7
0,074	97,2	2,8		
0,0586	97,1	2,9		
0,0421	91,8	8,2	0,002 < Silte < 0,06	26,8
0,0303	86,4	13,6		
0,0208	83,8	16,2		
0,0148	82,4	17,6		
0,0108	81,1	18,9		
0,0077	79,7	20,3		
0,0055	78,3	21,7		
0,0039	75,6	24,4		
0,0028	72,4	27,6		
0,0020	70,8	29,2		
0,0011	70,3	29,7	Argila < 0,002	70,8



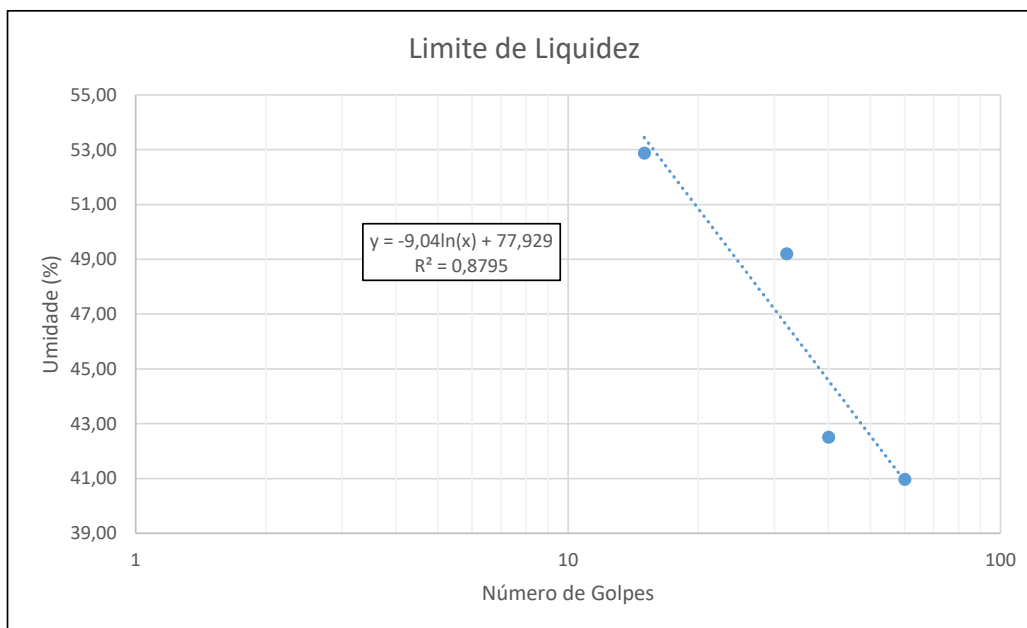
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010	Ponto:	27
Data:	27/10/2021	Trecho:	

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
53	23,31	19,82	11,30	3,49	8,52	60	40,96
22	24,28	20,14	10,40	4,14	9,74	40	42,51
33	26,85	21,65	11,08	5,20	10,57	32	49,20
47	26,00	20,30	9,52	5,70	10,78	15	52,88

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
95	7,51	7,11	5,83	0,40	1,28	31,25	30,90
91	7,27	6,85	5,46	0,42	1,39	30,22	
111	7,45	6,98	5,59	0,47	1,39	33,81	
84	7,38	6,98	5,68	0,40	1,30	30,77	
63	8,06	7,67	6,30	0,39	1,37	28,47	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	48,8
Limite de Plasticidade (%)	30,9
Índice de Plasticidade (%)	17,9



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	28
Data:	25/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	67	69	25	23	29
Solo + Água + Molde (g)	7550	7950	9040	8410	8170
Peso Molde (g)	4520	4505	5515	4880	4745
Peso Solo + Água (g)	3030	3445	3525	3530	3425
Volume Molde (cm ³)	2141	2105	2015	1988	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1415	1637	1749	1776	1723
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1127	1280	1345	1334	1265

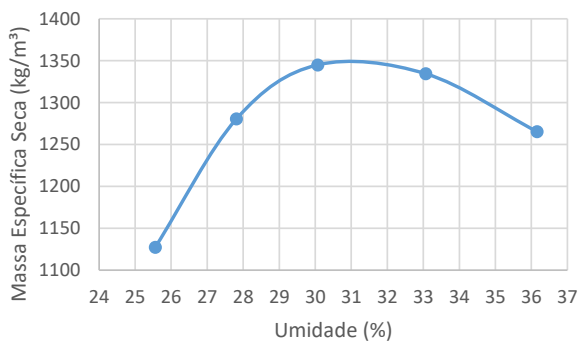
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	18	98	22	4	28	9	72	68	1	78
P. Solo Úm. + C. (g)	65,83	71,17	76,05	76,93	71,99	71,28	72,08	73,38	73,06	72,89
P. Solo S. + Cap. (g)	55,03	59,14	62,15	62,83	58,51	57,42	57,50	58,00	56,89	56,80
Peso Água (g)	10,80	12,03	13,90	14,10	13,48	13,86	14,58	15,38	16,17	16,09
Peso Cápsula (g)	12,82	12,01	12,57	11,72	13,34	11,66	12,92	12,00	12,03	12,44
P. Solo Seco (g)	42,21	47,13	49,58	51,11	45,17	45,76	44,58	46,00	44,86	44,36
Umidade (%)	25,59	25,53	28,04	27,59	29,84	30,29	32,71	33,43	36,05	36,27
Umid. Média (%)	25,56		27,81		30,07		33,07		36,16	

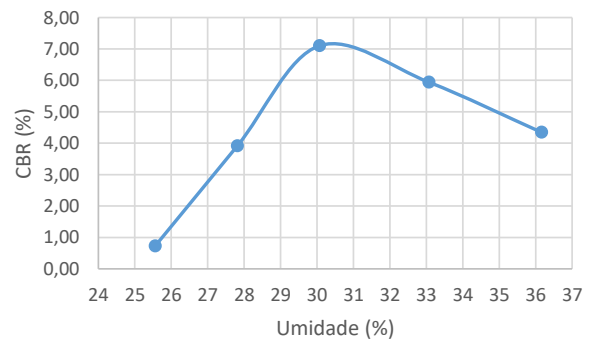
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	31,0
Densidade Máxima (kg/m ³)	1350
Expansão Média (%)	0,12
ISC/CBR Final (%)	7,1

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	4	0,04	
2,5	5	0,05	0,72
5	6	0,06	0,58
7,5	7	0,07	
10	8	0,08	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	9	0,09	
1,25	18	0,18	
2,5	27	0,27	3,91
5	38	0,38	3,67
7,5	44	0,44	
10	47	0,47	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	16	0,16	
1,25	31	0,31	
2,5	49	0,49	7,10
5	69	0,69	6,67
7,5	80	0,8	
10	87	0,87	

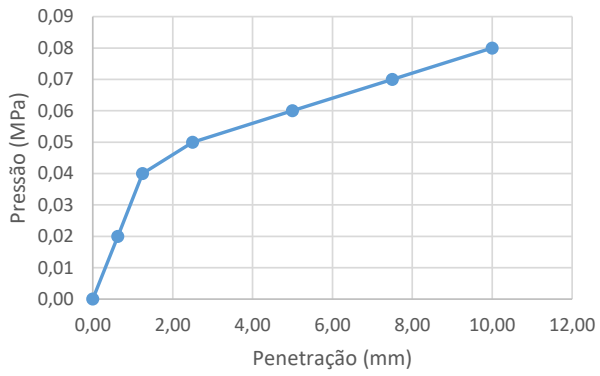
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	13	0,13	
1,25	26	0,26	
2,5	41	0,41	5,94
5	54	0,54	5,22
7,5	65	0,65	
10	71	0,71	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	10	0,1	
2,5	22	0,22	3,19
5	45	0,45	4,35
7,5	60	0,6	
10	63	0,63	

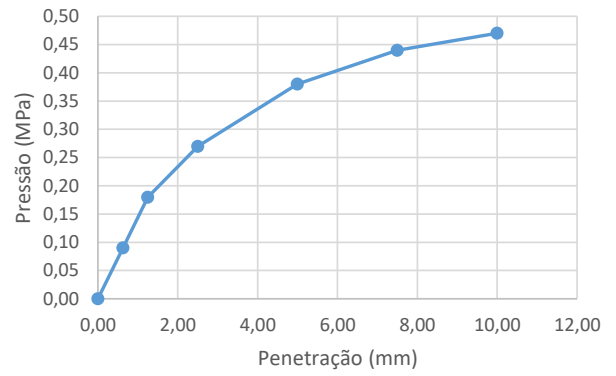
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
67	25,56	0,72	25,56	1127
69	27,81	3,91	27,81	1280
25	30,07	7,10	30,07	1345
23	33,07	5,94	33,07	1334
29	36,16	4,35	36,16	1265

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	67	69	25	23	29
Leitura Inicial	4,00	7,00	4,00	7,00	7,00
Leitura Final	4,41	7,21	4,11	7,00	6,97
L.Final - L.Inicial	0,41	0,21	0,11	0,00	-0,03
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,36	0,18	0,10	0,00	-0,03
Média (%)	0,12				

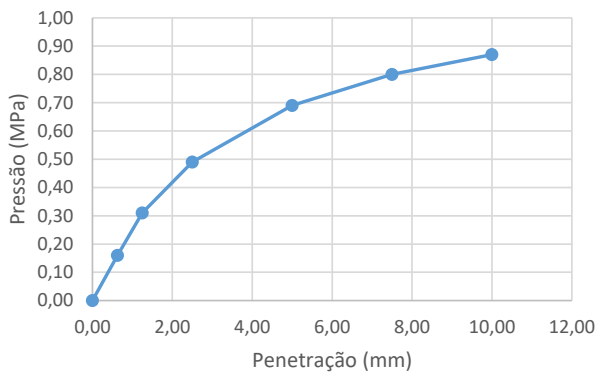
Pressão x Penetração 1



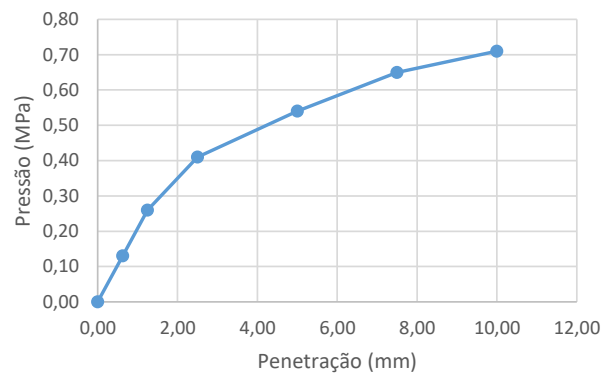
Pressão x Penetração 2



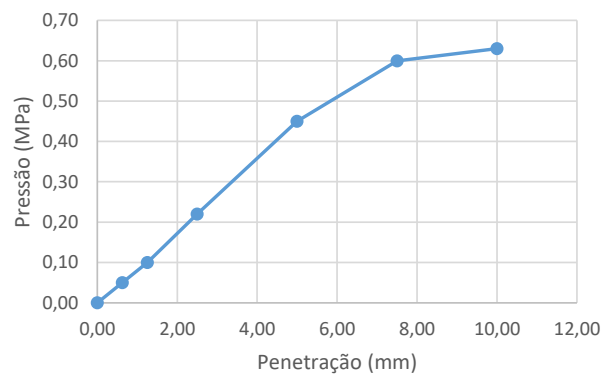
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	28	
Data:	03/11/2021	Camada:	SUBLEITO				

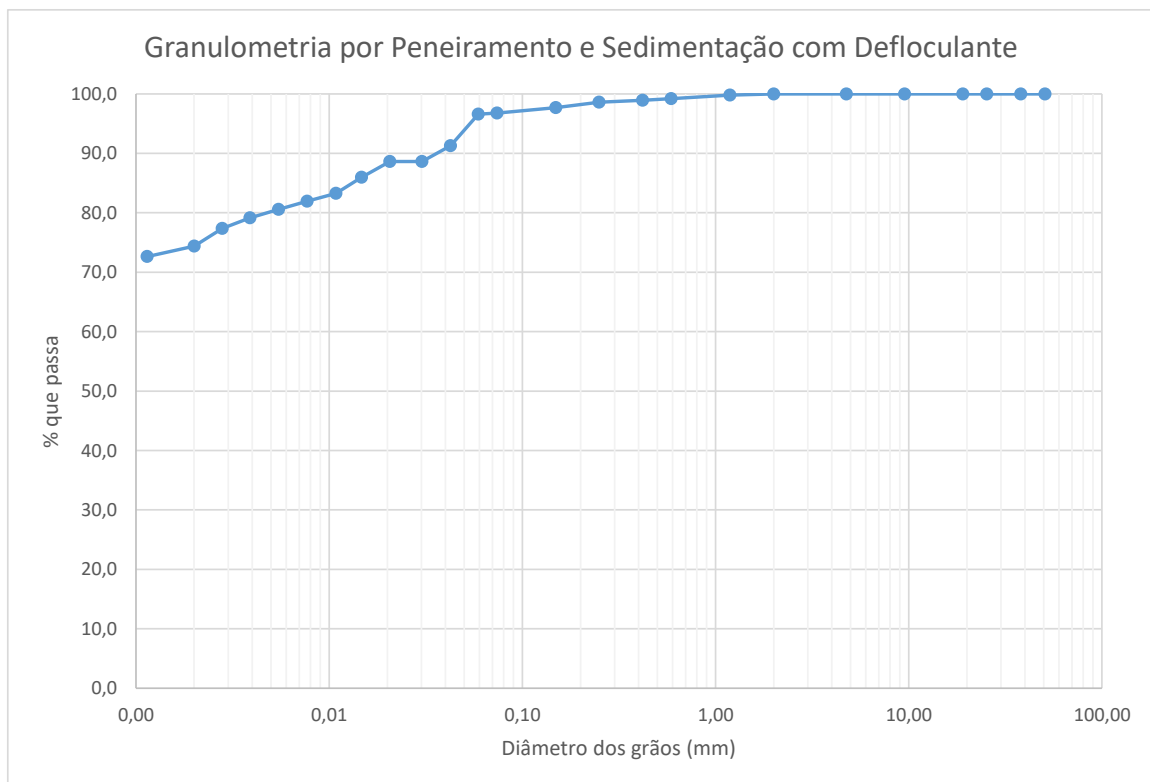
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	173	125		Pic.	3	6	
tara (g)	14,09	12,24		Temp. (°C)	27,1	27,0	
tara + SH (g)	87,62	76,79		Pic. Vazio	102,62	100,55	
tara + SS (g)	76,87	67,49		Pic. + Amostra	162,65	160,6	
Umidade (%)	17,12	16,83		Pic. + Água + Amostra	452,77	455,22	
w (%):	17,0			Pic. + Água	414,82	417,41	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,71	2,70	
				GS ₂₀ :	2,70		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	601,7			Massa total da amostra seca Ms (g) =	514,37		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,00	0,00	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,12	0,12	99,8
30	0,590	0,36	0,47	99,2
40	0,420	0,17	0,65	98,9
60	0,250	0,19	0,84	98,6
100	0,149	0,53	1,37	97,7
200	0,074	0,55	1,92	96,8

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,00	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,033	0,9966	10,7	96,6	0,0591
1 min	60	24,2	1,031	0,9966	11,0	91,3	0,0425
2 min	120	24,2	1,030	0,9966	11,2	88,6	0,0303
4 min	240	24,2	1,030	0,9966	10,4	88,6	0,0206
8 min	480	24,2	1,029	0,9966	10,6	86,0	0,0147
15 min	900	24,1	1,028	0,9966	10,8	83,3	0,0109
30 min	1800	24,1	1,028	0,9966	10,9	82,0	0,0077
1 h	3600	24,0	1,027	0,9966	10,9	80,6	0,0055
2 h	7200	23,8	1,027	0,9966	11,0	79,2	0,0039
4 h	14400	22,9	1,026	0,9968	11,1	77,4	0,0028
8 h	28800	22,3	1,025	0,9969	11,3	74,4	0,0020
24 h	86400	24,0	1,024	0,9966	11,5	72,6	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,8	0,2	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,8
0,590	99,2	0,8	0,20 < Areia média < 0,6	1,1
0,420	98,9	1,1		
0,250	98,6	1,4		
0,149	97,7	2,3	0,06 < Areia fina < 0,20	1,3
0,074	96,8	3,2		
0,0591	96,6	3,4		
0,0425	91,3	8,7	0,002 < Silte < 0,06	22,5
0,0303	88,6	11,4		
0,0206	88,6	11,4		
0,0147	86,0	14,0		
0,0109	83,3	16,7		
0,0077	82,0	18,0		
0,0055	80,6	19,4		
0,0039	79,2	20,8		
0,0028	77,4	22,6		
0,0020	74,4	25,6		
0,0011	72,6	27,4	Argila < 0,002	74,4



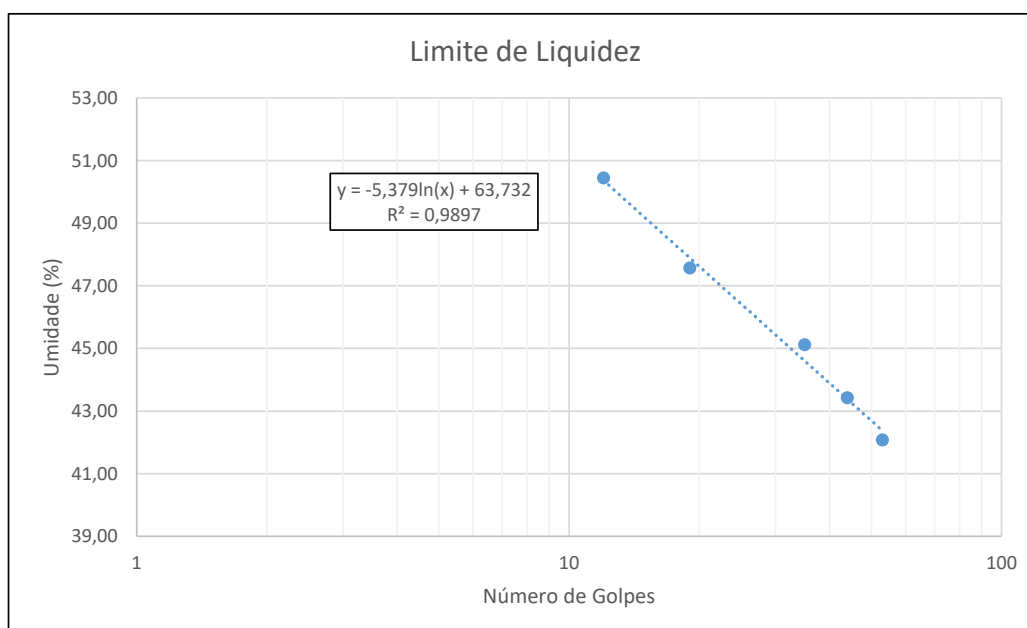
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	28
Data:	27/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
17	26,99	22,40	11,49	4,59	10,91	53	42,07
6	27,35	22,43	11,10	4,92	11,33	44	43,42
49	29,46	23,92	11,64	5,54	12,28	35	45,11
12	27,34	22,15	11,24	5,19	10,91	19	47,57
43	27,50	21,80	10,50	5,70	11,30	12	50,44

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
75	9,96	9,46	7,86	0,50	1,60	31,25	30,73
71	11,03	10,59	9,18	0,44	1,41	31,21	
103	7,71	7,26	5,80	0,45	1,46	30,82	
62	7,73	7,25	5,77	0,48	1,48	32,43	
101	7,94	7,51	5,97	0,43	1,54	27,92	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	46,4
Limite de Plasticidade (%)	30,7
Índice de Plasticidade (%)	15,7



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	ST 29
Data:	26/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	91	64	85	86	12
Solo + Água + Molde (g)	7815	7500	8380	8240	8105
Peso Molde (g)	4720	4230	4510	4495	4680
Peso Solo + Água (g)	3095	3270	3870	3745	3425
Volume Molde (cm ³)	1988	1996	2225	2123	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1557	1638	1739	1764	1723
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1230	1271	1321	1312	1261

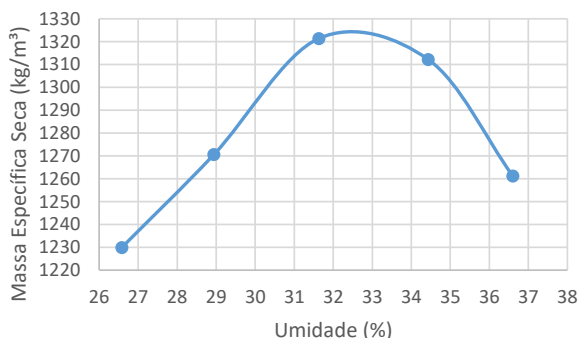
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	203	207	103	106	159	148	79	15	27	54
P. Solo Úm. + C. (g)	65,08	69,28	82,44	81,41	76,09	77,56	76,03	79,00	74,38	73,29
P. Solo S. + Cap. (g)	53,85	57,42	66,94	66,21	61,24	62,02	59,69	61,95	57,58	56,94
Peso Água (g)	11,23	11,86	15,50	15,20	14,85	15,54	16,34	17,05	16,80	16,35
Peso Cápsula (g)	12,02	12,35	12,88	14,17	13,81	13,38	12,51	12,15	12,28	11,67
P. Solo Seco (g)	41,83	45,07	54,06	52,04	47,43	48,64	47,18	49,80	45,30	45,27
Umidade (%)	26,85	26,31	28,67	29,21	31,31	31,95	34,63	34,24	37,09	36,12
Umid. Média (%)	26,58		28,94		31,63		34,44		36,60	

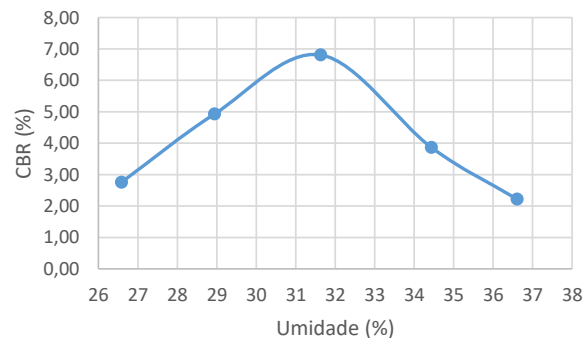
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,5
Densidade Máxima (kg/m ³)	1325
Expansão Média (%)	0,16
ISC/CBR Final (%)	6,2

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	7	0,07	
1,25	14	0,14	
2,5	19	0,19	2,75
5	27	0,27	2,61
7,5	33	0,33	
10	36	0,36	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	14	0,14	
1,25	24	0,24	
2,5	34	0,34	4,93
5	42	0,42	4,06
7,5	47	0,47	
10	53	0,53	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	14	0,14	
1,25	28	0,28	
2,5	47	0,47	6,81
5	66	0,66	6,38
7,5	79	0,79	
10	85	0,85	

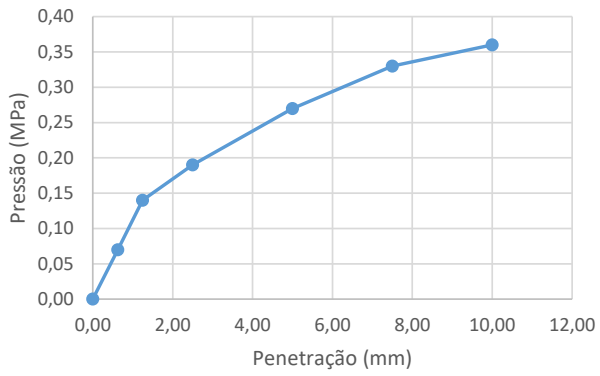
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	10	0,1	
2,5	21	0,21	3,04
5	40	0,4	3,86
7,5	55	0,55	
10	61	0,61	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	5	0,05	
2,5	11	0,11	1,59
5	23	0,23	2,22
7,5	34	0,34	
10	40	0,4	

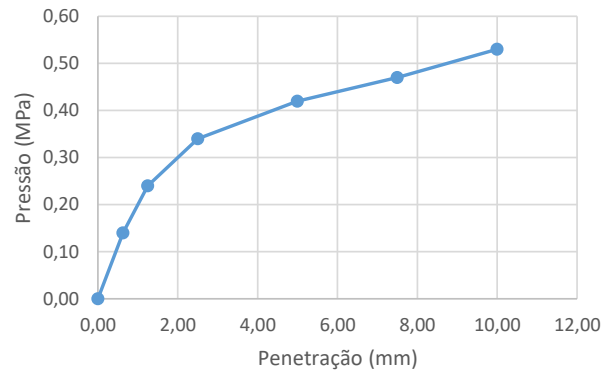
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
91	26,58	2,75	26,58	1230
64	28,94	4,93	28,94	1271
85	31,63	6,81	31,63	1321
86	34,44	3,86	34,44	1312
12	36,60	2,22	36,60	1261

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	91	64	85	86	12
Leitura Inicial	3,00	5,00	4,00	4,00	4,00
Leitura Final	3,45	5,32	4,14	4,02	4,00
L.Final - L.Inicial	0,45	0,32	0,14	0,02	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,39	0,28	0,12	0,02	0,00
Média (%)	0,16				

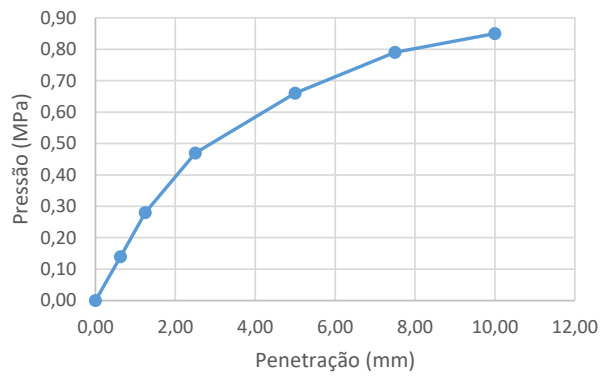
Pressão x Penetração 1



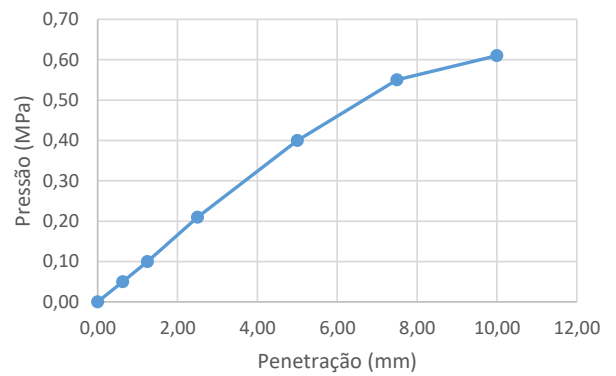
Pressão x Penetração 2



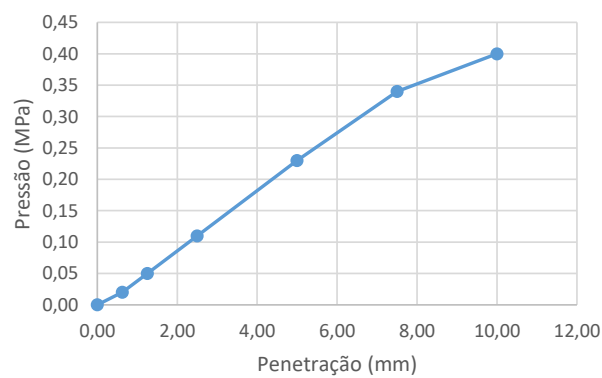
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	29	
Data:	29/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

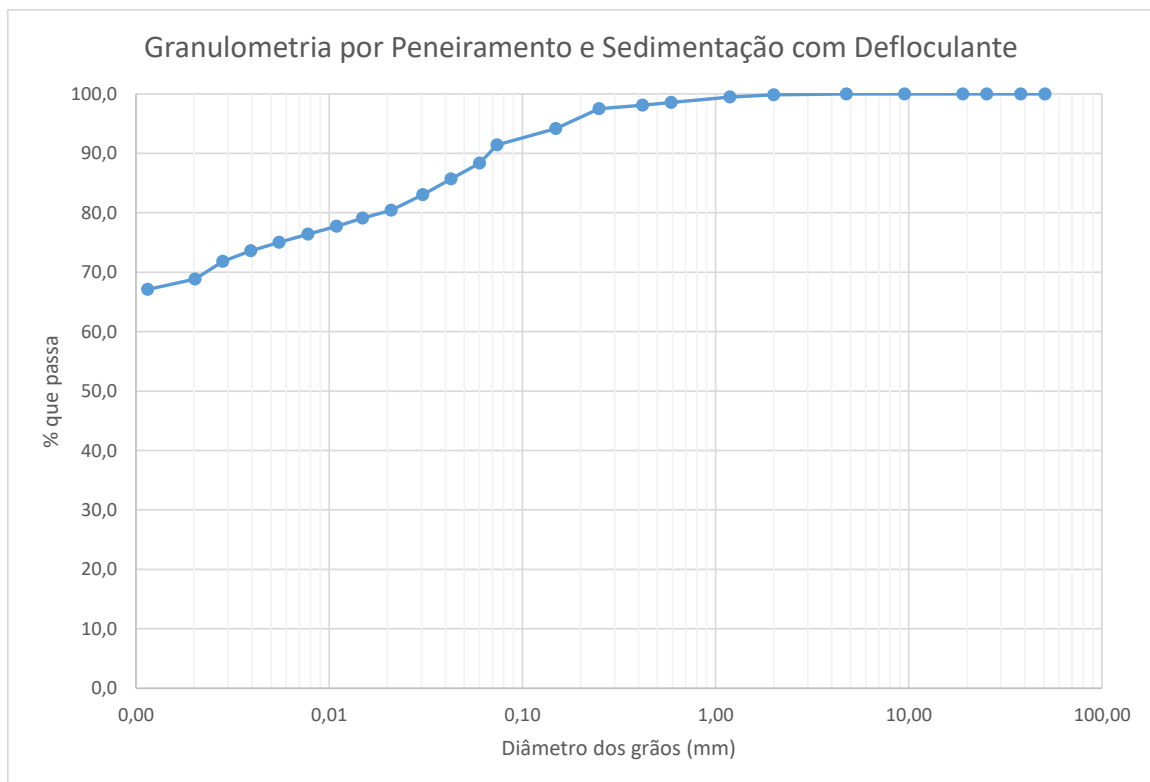
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	123	116		Pic.	1	5	
tara (g)	14,78	13,83		Temp. (°C)	26,8	26,6	
tara + SH (g)	101,05	103,9		Pic. Vazio	99,48	102,1	
tara + SS (g)	88,19	90,4		Pic. + Amostra	159,52	162,11	
Umidade (%)	17,52	17,63		Pic. + Água + Amostra	454,21	463,01	
w (%):	17,6			Pic. + Água	416,13	424,92	
				G _{S20} (g/cm ³)	2,73	2,73	
				G _{S20} :	2,73		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,1			Massa total da amostra seca Ms (g) =	510,53		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,84	0,84	99,8

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,21	0,21	99,5
30	0,590	0,54	0,75	98,6
40	0,420	0,27	1,02	98,1
60	0,250	0,38	1,40	97,5
100	0,149	1,99	3,39	94,2
200	0,074	1,63	5,02	91,4

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,08	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,030	0,9966	11,2	88,4	0,0601
1 min	60	24,2	1,029	0,9966	11,4	85,7	0,0428
2 min	120	24,2	1,028	0,9966	11,6	83,1	0,0305
4 min	240	24,2	1,027	0,9966	10,9	80,4	0,0210
8 min	480	24,2	1,027	0,9966	11,0	79,1	0,0149
15 min	900	24,1	1,026	0,9966	11,1	77,7	0,0109
30 min	1800	24,1	1,026	0,9966	11,2	76,4	0,0078
1 h	3600	24,0	1,025	0,9966	11,3	75,0	0,0055
2 h	7200	23,8	1,025	0,9966	11,4	73,6	0,0039
4 h	14400	22,9	1,024	0,9968	11,5	71,8	0,0028
8 h	28800	22,3	1,023	0,9969	11,6	68,9	0,0020
24 h	86400	24,0	1,022	0,9966	11,8	67,1	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,8	0,2	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,2
1,190	99,5	0,5	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,2
0,590	98,6	1,4	0,20 < Areia média < 0,6	2,8
0,420	98,1	1,9		
0,250	97,5	2,5		
0,149	94,2	5,8	0,06 < Areia fina < 0,20	7,5
0,074	91,4	8,6		
0,0601	88,4	11,6		
0,0428	85,7	14,3	0,002 < Silte < 0,06	19,5
0,0305	83,1	16,9		
0,0210	80,4	19,6		
0,0149	79,1	20,9		
0,0109	77,7	22,3		
0,0078	76,4	23,6		
0,0055	75,0	25,0		
0,0039	73,6	26,4		
0,0028	71,8	28,2		
0,0020	68,9	31,1		
0,0012	67,1	32,9	Argila < 0,002	68,8



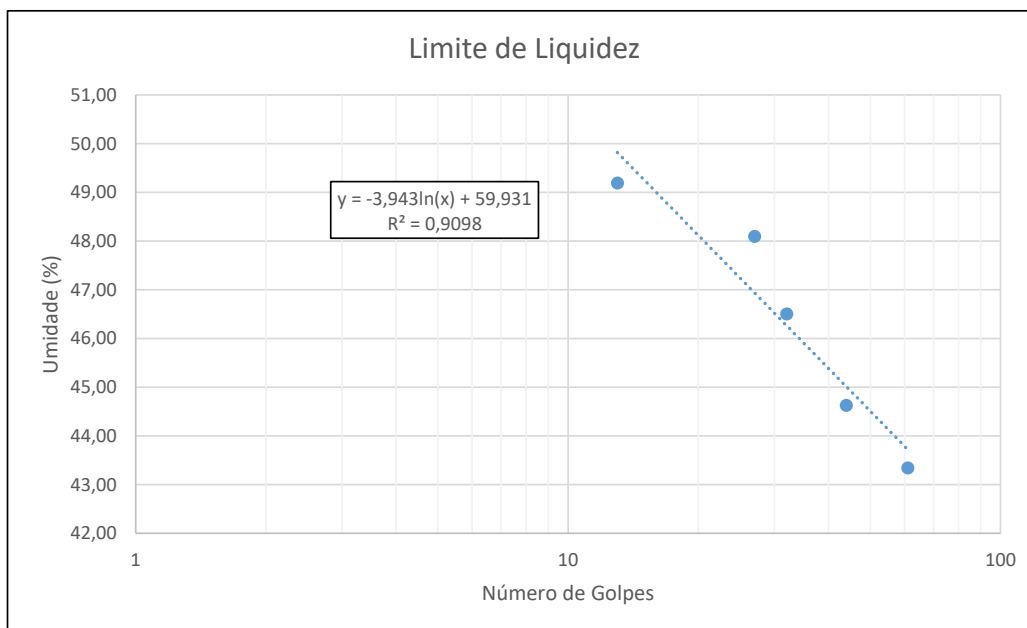
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	#REF!
Data:	28/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
21	26,76	22,27	11,91	4,49	10,36	61	43,34
1	27,94	22,79	11,25	5,15	11,54	44	44,63
52	27,53	22,48	11,62	5,05	10,86	32	46,50
5	27,67	22,49	11,72	5,18	10,77	27	48,10
31	28,02	22,56	11,46	5,46	11,10	13	49,19

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
107	8,79	8,19	6,12	0,60	2,07	28,99	30,69
113	8,32	7,69	5,61	0,63	2,08	30,29	
110	8,43	7,82	5,87	0,61	1,95	31,28	
59	8,01	7,36	5,41	0,65	1,95	33,33	
112	8,90	8,38	6,62	0,52	1,76	29,55	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	47,2
Limite de Plasticidade (%)	30,7
Índice de Plasticidade (%)	16,6



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	30
Data:	26/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	79	11	68	70	92
Solo + Água + Molde (g)	8105	8435	7970	8070	8225
Peso Molde (g)	4495	4950	4285	4305	4680
Peso Solo + Água (g)	3610	3485	3685	3765	3545
Volume Molde (cm ³)	2123	1988	2032	2078	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1700	1753	1813	1812	1783
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1326	1346	1362	1337	1289

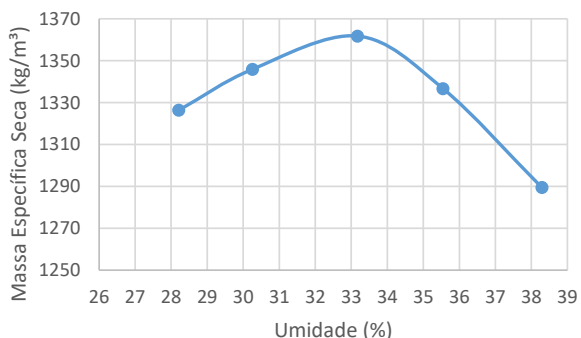
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	96	91	21	102	29	33	56	11	303	208
P. Solo Úm. + C. (g)	77,93	73,46	77,21	72,83	73,50	70,16	76,30	84,43	75,04	74,16
P. Solo S. + Cap. (g)	63,84	59,86	62,33	58,78	58,25	55,72	59,72	66,04	57,58	56,94
Peso Água (g)	14,09	13,60	14,88	14,05	15,25	14,44	16,58	18,39	17,46	17,22
Peso Cápsula (g)	13,84	11,69	13,38	12,11	12,20	12,26	13,65	13,65	12,28	11,67
P. Solo Seco (g)	50,00	48,17	48,95	46,67	46,05	43,46	46,07	52,39	45,30	45,27
Umidade (%)	28,18	28,23	30,40	30,10	33,12	33,23	35,99	35,10	38,54	38,04
Umid. Média (%)	28,21		30,25		33,17		35,55		38,29	

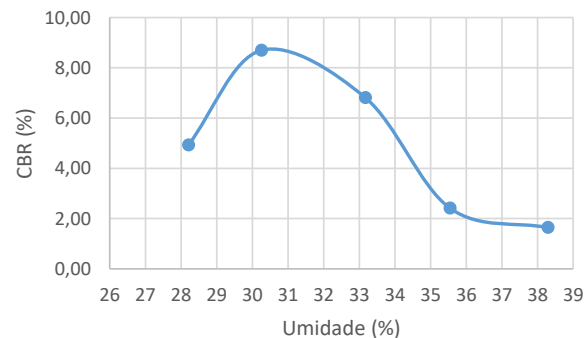
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,7
Densidade Máxima (kg/m ³)	1361
Expansão Média (%)	0,15
ISC/CBR Final (%)	7,2

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	14	0,14	
1,25	23	0,23	
2,5	34	0,34	4,93
5	47	0,47	4,54
7,5	54	0,54	
10	58	0,58	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	20	0,2	
1,25	45	0,45	
2,5	60	0,6	8,70
5	77	0,77	7,44
7,5	89	0,89	
10	96	0,96	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	16	0,16	
1,25	28	0,28	
2,5	47	0,47	6,81
5	69	0,69	6,67
7,5	84	0,84	
10	90	0,9	

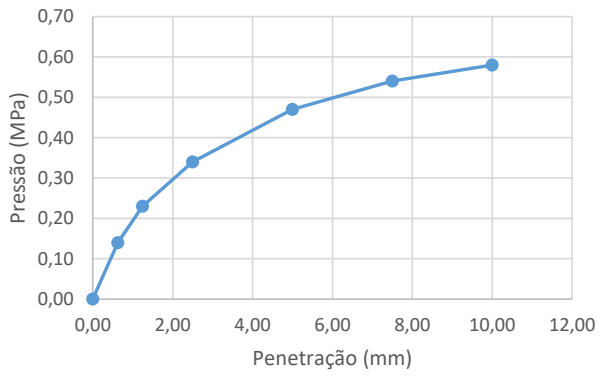
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	6	0,06	
2,5	14	0,14	2,03
5	25	0,25	2,42
7,5	34	0,34	
10	37	0,37	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	1	0,01	
1,25	4	0,04	
2,5	8	0,08	1,16
5	17	0,17	1,64
7,5	25	0,25	
10	29	0,29	

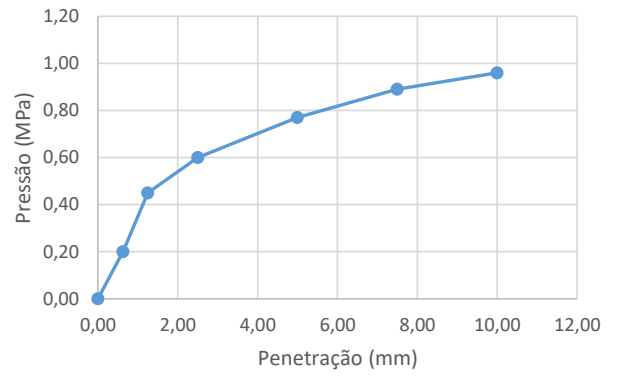
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
79	28,21	4,93	28,21	1326
11	30,25	8,70	30,25	1346
68	33,17	6,81	33,17	1362
70	35,55	2,42	35,55	1337
92	38,29	1,64	38,29	1289

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	79	11	68	70	92
Leitura Inicial	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00
Leitura Final	4,43	4,18	5,22	4,01	3,99
L.Final - L.Inicial	0,43	0,18	0,22	0,01	-0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,38	0,16	0,19	0,01	-0,01
Média (%)	0,15				

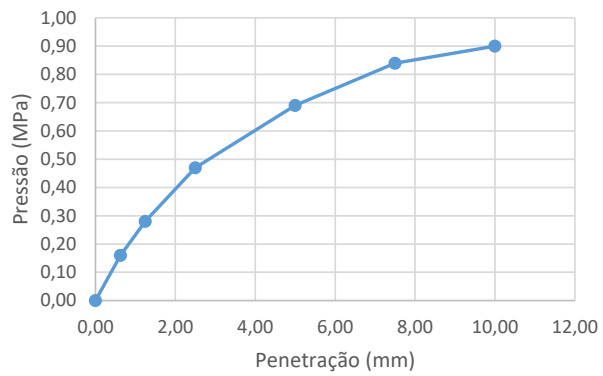
Pressão x Penetração 1



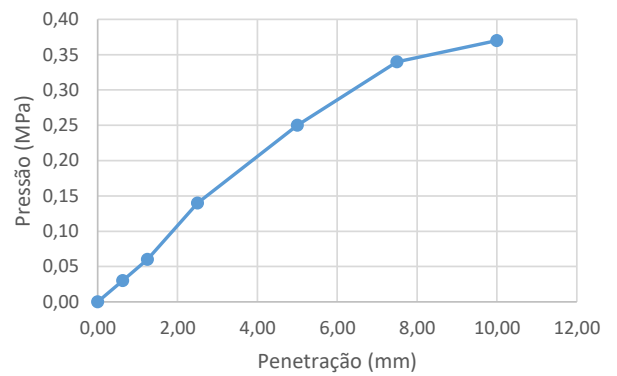
Pressão x Penetração 2



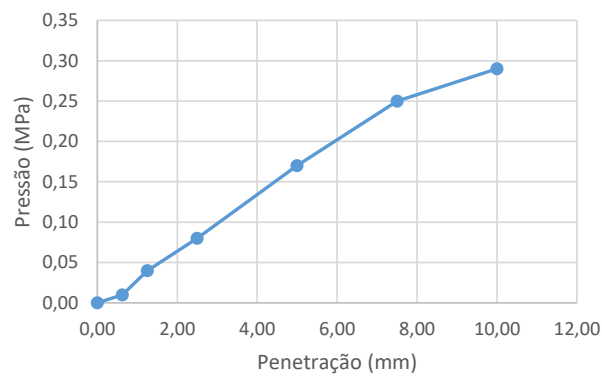
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	30
Data:	28/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

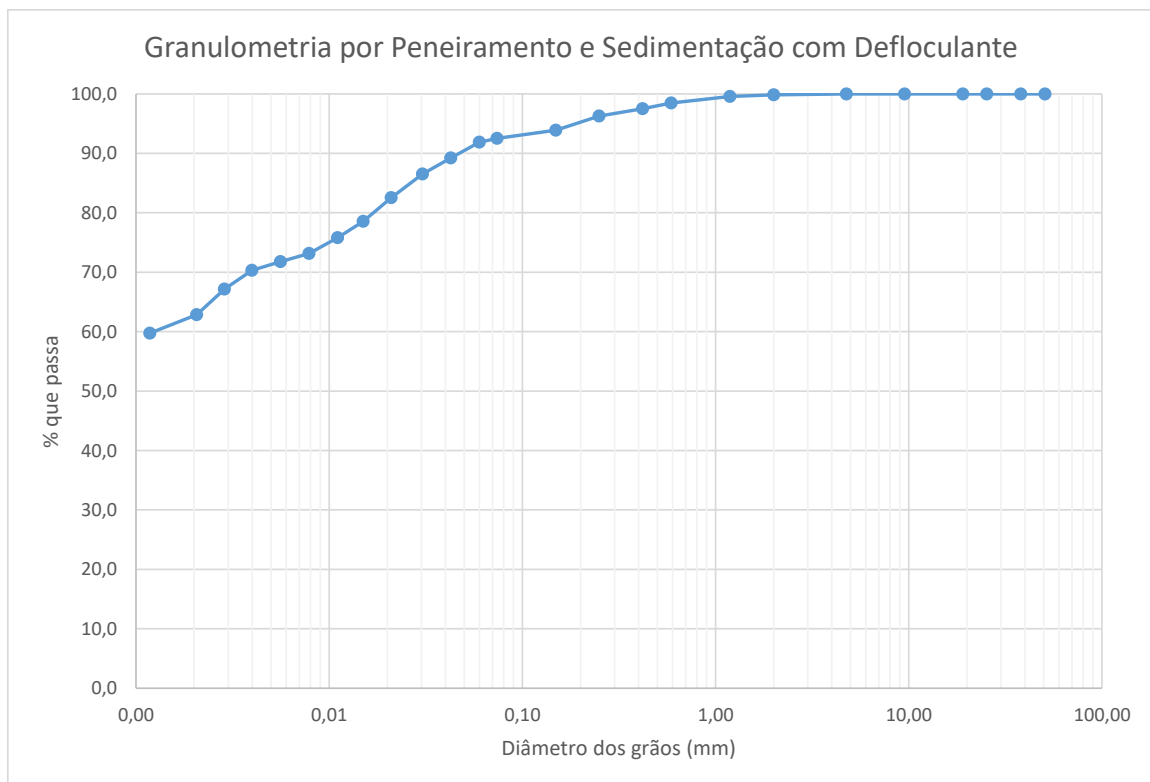
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	162	136		Pic.	2	3	
tara (g)	13,83	14,25		Temp. (°C)	27,2	27,1	
tara + SH (g)	87	85,47		Pic. Vazio	134,61	102,62	
tara + SS (g)	75,67	74,5		Pic. + Amostra	194,69	162,68	
Umidade (%)	18,32	18,21		Pic. + Água + Amostra	658,87	452,84	
w (%):	18,3			Pic. + Água	620,83	414,85	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,72	2,72	
				GS ₂₀ :	2,72		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	601,9			Massa total da amostra seca Ms (g) =	509,06		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,73	0,73	99,9

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,17	0,17	99,6
30	0,590	0,66	0,83	98,5
40	0,420	0,58	1,40	97,5
60	0,250	0,73	2,13	96,3
100	0,149	1,40	3,54	93,9
200	0,074	0,82	4,36	92,5

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =				70,01	Densímetro:	34351	
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,031	0,9966	11,0	91,9	0,0599
1 min	60	24,2	1,030	0,9966	11,2	89,2	0,0427
2 min	120	24,2	1,029	0,9966	11,4	86,5	0,0304
4 min	240	24,2	1,028	0,9966	10,9	82,5	0,0210
8 min	480	24,2	1,026	0,9966	11,1	78,5	0,0150
15 min	900	24,1	1,025	0,9966	11,3	75,8	0,0111
30 min	1800	24,1	1,024	0,9966	11,5	73,1	0,0079
1 h	3600	24,0	1,024	0,9966	11,6	71,8	0,0056
2 h	7200	23,8	1,023	0,9966	11,6	70,3	0,0040
4 h	14400	22,9	1,022	0,9968	11,8	67,2	0,0029
8 h	28800	22,3	1,021	0,9969	12,1	62,9	0,0021
24 h	86400	24,0	1,019	0,9966	12,3	59,8	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,9	0,1	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,1
1,190	99,6	0,4	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,4
0,590	98,5	1,5	0,20 < Areia média < 0,6	3,4
0,420	97,5	2,5		
0,250	96,3	3,7		
0,149	93,9	6,1	0,06 < Areia fina < 0,20	3,2
0,074	92,5	7,5		
0,0599	91,9	8,1		
0,0427	89,2	10,8	0,002 < Silte < 0,06	29,3
0,0304	86,5	13,5		
0,0210	82,5	17,5		
0,0150	78,5	21,5		
0,0111	75,8	24,2		
0,0079	73,1	26,9		
0,0056	71,8	28,2		
0,0040	70,3	29,7		
0,0029	67,2	32,8		
0,0021	62,9	37,1		
0,0012	59,8	40,2	Argila < 0,002	62,6



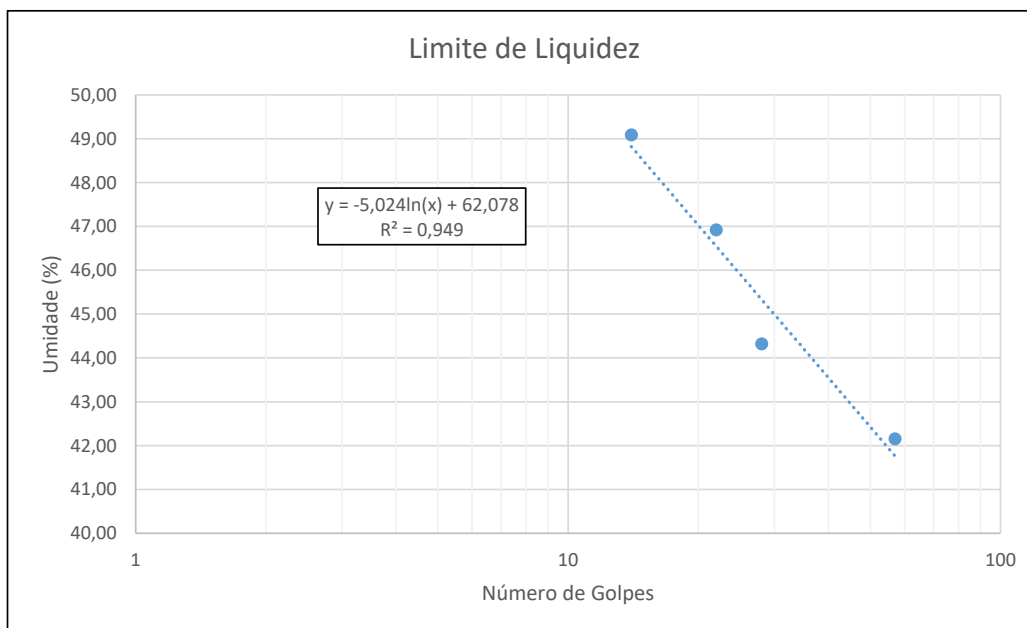
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	30
Data:	27/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
35	24,80	20,61	10,67	4,19	9,94	57	42,15
2	25,92	21,67	12,08	4,25	9,59	28	44,32
50	25,88	21,16	11,10	4,72	10,06	22	46,92
7	27,68	22,03	10,52	5,65	11,51	14	49,09

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
55	8,41	7,96	6,51	0,45	1,45	31,03	30,77
78	8,30	7,83	6,36	0,47	1,47	31,97	
130	8,44	8,04	6,68	0,40	1,36	29,41	
96	7,69	7,27	5,85	0,42	1,42	29,58	
109	7,55	7,12	5,77	0,43	1,35	31,85	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	45,9
Limite de Plasticidade (%)	30,8
Índice de Plasticidade (%)	15,1



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	31
Data:	26/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	76	30	53	87	84
Solo + Água + Molde (g)	7690	7880	8110	8425	8040
Peso Molde (g)	4410	4730	4840	4880	4385
Peso Solo + Água (g)	3280	3150	3270	3545	3655
Volume Molde (cm ³)	2123	1988	1988	2024	2069
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1545	1585	1645	1751	1767
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1232	1247	1277	1334	1309

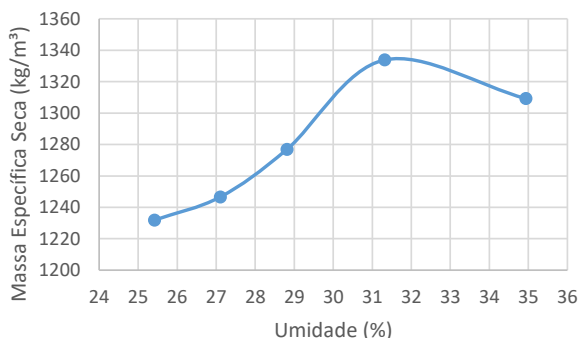
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	58	34	44	37	50	59	51	86	25	28
P. Solo Úm. + C. (g)	77,46	80,06	72,46	72,68	74,71	74,19	79,30	78,77	89,28	79,01
P. Solo S. + Cap. (g)	64,72	66,39	59,69	59,71	60,67	60,43	63,14	63,33	69,57	62,09
Peso Água (g)	12,74	13,67	12,77	12,97	14,04	13,76	16,16	15,44	19,71	16,92
Peso Cápsula (g)	14,24	12,99	12,81	11,62	12,52	12,10	11,92	13,65	13,52	13,33
P. Solo Seco (g)	50,48	53,40	46,88	48,09	48,15	48,33	51,22	49,68	56,05	48,76
Umidade (%)	25,24	25,60	27,24	26,97	29,16	28,47	31,55	31,08	35,17	34,70
Umid. Média (%)	25,42		27,11		28,81		31,31		34,93	

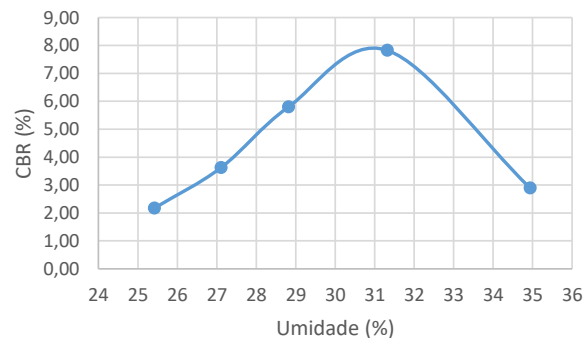
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	31,7
Densidade Máxima (kg/m ³)	1336
Expansão Média (%)	0,17
ISC/CBR Final (%)	7,5

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	11	0,11	
2,5	15	0,15	2,17
5	20	0,2	1,93
7,5	23	0,23	
10	24	0,24	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	10	0,1	
1,25	17	0,17	
2,5	25	0,25	3,62
5	31	0,31	3,00
7,5	36	0,36	
10	40	0,4	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	16	0,16	
1,25	27	0,27	
2,5	40	0,4	5,80
5	51	0,51	4,93
7,5	56	0,56	
10	63	0,63	

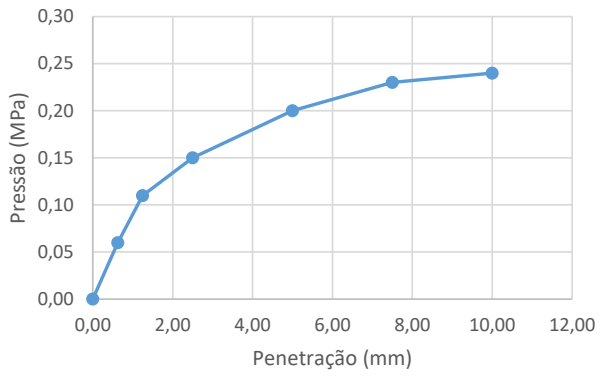
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	13	0,13	
1,25	32	0,32	
2,5	54	0,54	7,83
5	72	0,72	6,96
7,5	83	0,83	
10	94	0,94	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	12	0,12	
2,5	20	0,2	2,90
5	28	0,28	2,71
7,5	35	0,35	
10	40	0,4	

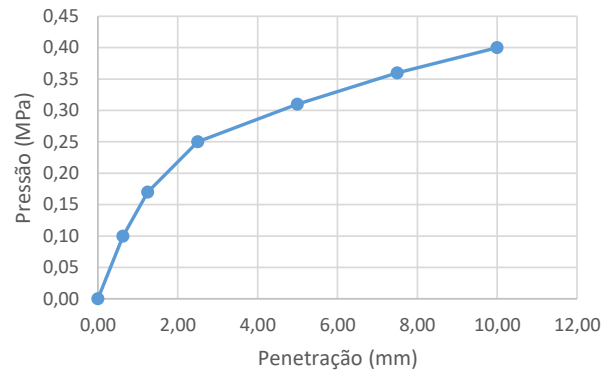
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
76	25,42	2,17	25,42	1232
30	27,11	3,62	27,11	1247
53	28,81	5,80	28,81	1277
87	31,31	7,83	31,31	1334
84	34,93	2,90	34,93	1309

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	76	30	53	87	84
Leitura Inicial	4,00	4,00	3,00	3,00	5,00
Leitura Final	4,37	4,30	3,22	3,13	4,97
L.Final - L.Inicial	0,37	0,30	0,22	0,13	-0,03
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,32	0,26	0,19	0,11	-0,03
Média (%)	0,17				

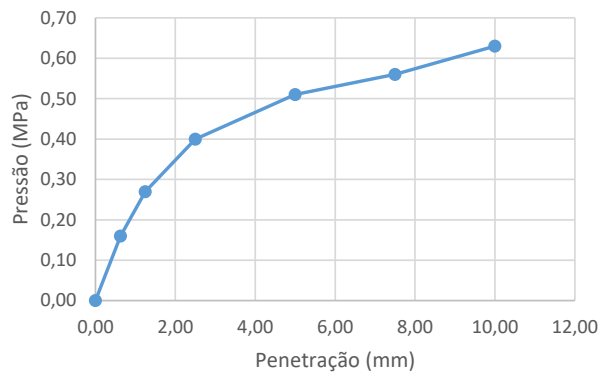
Pressão x Penetração 1



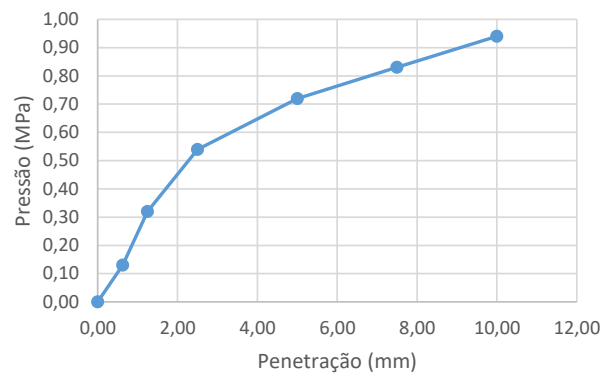
Pressão x Penetração 2



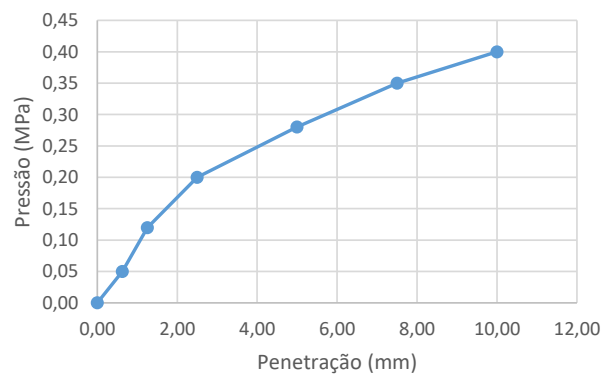
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	31	
Data:	29/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

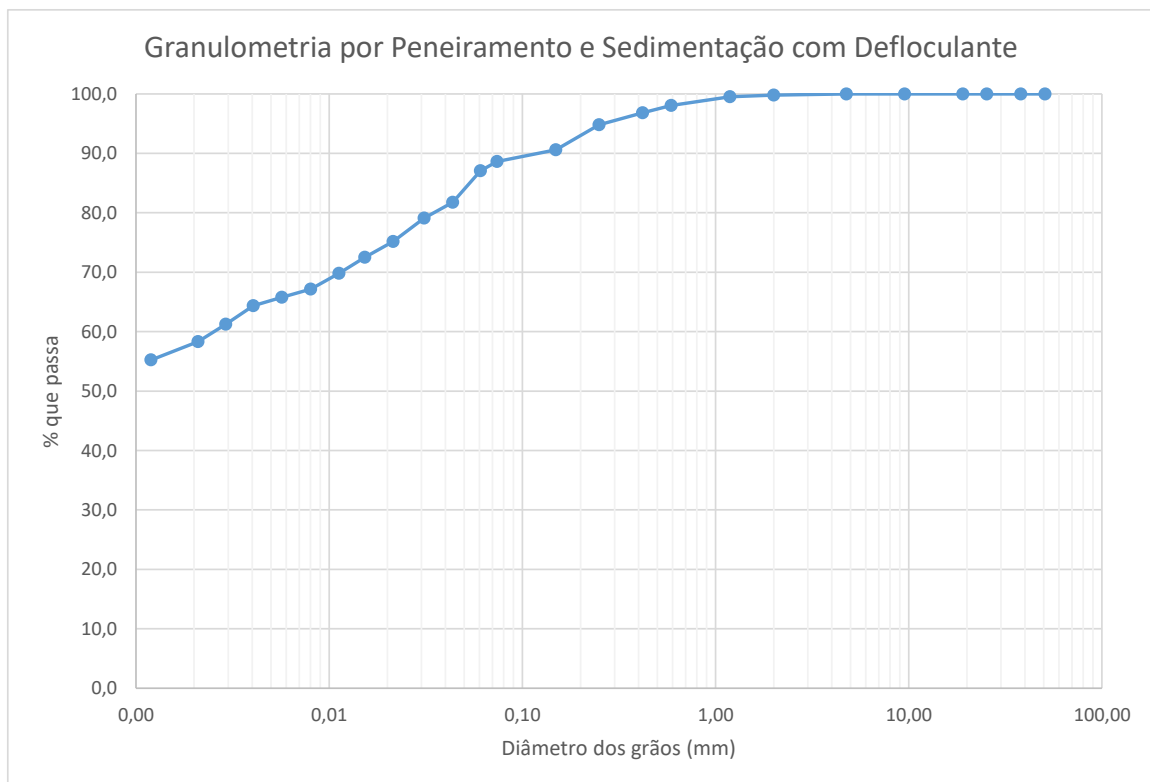
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	130	125		Pic.	4	6	
tara (g)	21,84	12,22		Temp. (°C)	26,0	25,9	
tara + SH (g)	127,47	92,2		Pic. Vazio	147,62	100,55	
tara + SS (g)	112,45	80,27		Pic. + Amostra	207,63	160,62	
Umidade (%)	16,58	17,53		Pic. + Água + Amostra	674,51	455,32	
w (%):	17,1			Pic. + Água	636,57	417,42	
				G _{S20} (g/cm ³)	2,72	2,71	
				G _{S20} :	2,71		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	611,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	522,12		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,93	0,93	99,8

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,18	0,18	99,5
30	0,590	0,86	1,04	98,1
40	0,420	0,77	1,81	96,8
60	0,250	1,19	3,00	94,8
100	0,149	2,54	5,54	90,6
200	0,074	1,18	6,72	88,6

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,05	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,030	0,9966	11,3	87,1	0,0607
1 min	60	24,2	1,028	0,9966	11,6	81,8	0,0436
2 min	120	24,2	1,027	0,9966	11,8	79,1	0,0310
4 min	240	24,2	1,025	0,9966	11,3	75,2	0,0215
8 min	480	24,2	1,024	0,9966	11,5	72,5	0,0153
15 min	900	24,1	1,023	0,9966	11,6	69,8	0,0113
30 min	1800	24,1	1,022	0,9966	11,8	67,2	0,0080
1 h	3600	24,0	1,022	0,9966	11,9	65,8	0,0057
2 h	7200	23,8	1,021	0,9966	12,0	64,4	0,0041
4 h	14400	22,9	1,020	0,9968	12,2	61,3	0,0029
8 h	28800	22,3	1,019	0,9969	12,3	58,3	0,0021
24 h	86400	24,0	1,018	0,9966	12,6	55,2	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	99,8	0,2	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,2
1,190	99,5	0,5	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,7
0,590	98,1	1,9	0,20 < Areia média < 0,6	5,4
0,420	96,8	3,2		
0,250	94,8	5,2		
0,149	90,6	9,4	0,06 < Areia fina < 0,20	5,9
0,074	88,6	11,4		
0,0607	87,1	12,9		
0,0436	81,8	18,2	0,002 < Silte < 0,06	28,9
0,0310	79,1	20,9		
0,0215	75,2	24,8		
0,0153	72,5	27,5		
0,0113	69,8	30,2		
0,0080	67,2	32,8		
0,0057	65,8	34,2		
0,0041	64,4	35,6		
0,0029	61,3	38,7		
0,0021	58,3	41,7		
0,0012	55,2	44,8	Argila < 0,002	58,0



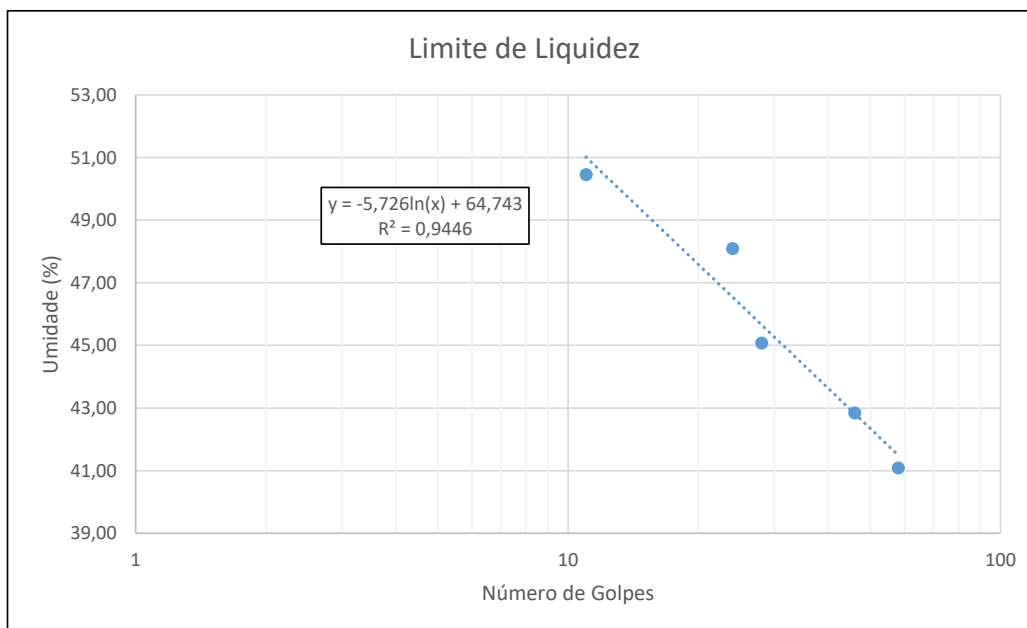
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	31
Data:	27/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
40	26,13	22,12	12,36	4,01	9,76	58	41,09
39	27,59	22,83	11,72	4,76	11,11	46	42,84
45	27,13	22,33	11,68	4,80	10,65	28	45,07
44	27,52	22,49	12,03	5,03	10,46	24	48,09
46	27,37	21,80	10,76	5,57	11,04	11	50,45

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
116	7,77	7,33	5,95	0,44	1,38	31,88	32,44
102	7,51	7,09	5,77	0,42	1,32	31,82	
132	7,52	7,09	5,77	0,43	1,32	32,58	
69	7,85	7,42	6,12	0,43	1,30	33,08	
126	7,61	7,17	5,83	0,44	1,34	32,84	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	46,3
Limite de Plasticidade (%)	32,4
Índice de Plasticidade (%)	13,9



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	32
Data:	25/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	93	46	44	43	22
Solo + Água + Molde (g)	7675	7855	8850	8150	8085
Peso Molde (g)	4860	4725	5520	4720	4705
Peso Solo + Água (g)	2815	3130	3330	3430	3380
Volume Molde (cm ³)	1979	1988	1988	1988	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1422	1574	1675	1725	1700
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1158	1261	1323	1341	1289

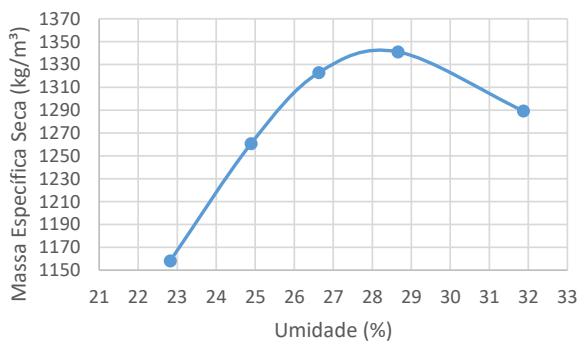
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	66	46	94	80	56	59	6	63	90	81
P. Solo Úm. + C. (g)	79,38	81,47	72,36	73,20	78,73	78,17	79,08	70,05	75,26	78,96
P. Solo S. + Cap. (g)	67,30	68,47	60,64	61,09	65,05	64,27	64,35	56,93	60,12	62,95
Peso Água (g)	12,08	13,00	11,72	12,11	13,68	13,90	14,73	13,12	15,14	16,01
Peso Cápsula (g)	14,05	11,84	13,65	12,34	13,65	12,09	12,10	11,88	12,73	12,60
P. Solo Seco (g)	53,25	56,63	46,99	48,75	51,40	52,18	52,25	45,05	47,39	50,35
Umidade (%)	22,69	22,96	24,94	24,84	26,61	26,64	28,19	29,12	31,95	31,80
Umid. Média (%)	22,82		24,89		26,63		28,66		31,87	

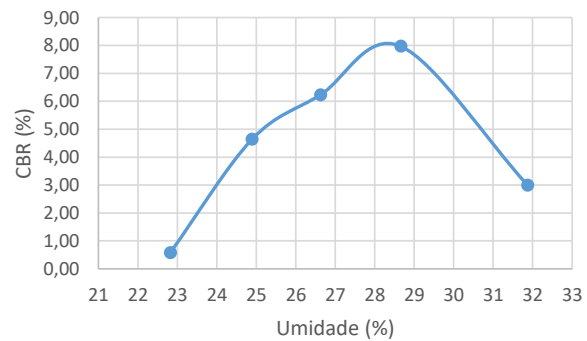
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	28,2
Densidade Máxima (kg/m ³)	1339
Expansão Média (%)	0,10
ISC/CBR Final (%)	8,0

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	1	0,01	
1,25	2	0,02	
2,5	4	0,04	0,58
5	6	0,06	0,58
7,5	7	0,07	
10	7	0,07	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	13	0,13	
1,25	23	0,23	
2,5	32	0,32	4,64
5	41	0,41	3,96
7,5	48	0,48	
10	53	0,53	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	11	0,11	
1,25	24	0,24	
2,5	43	0,43	6,23
5	63	0,63	6,09
7,5	73	0,73	
10	82	0,82	

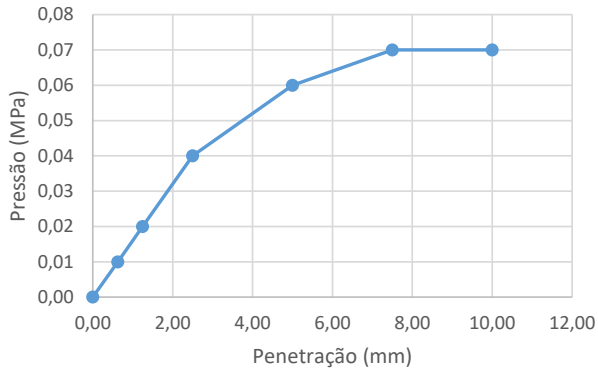
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	15	0,15	
1,25	34	0,34	
2,5	55	0,55	7,97
5	70	0,7	6,76
7,5	95	0,95	
10	103	1,03	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	8	0,08	
2,5	17	0,17	2,46
5	31	0,31	3,00
7,5	44	0,44	
10	47	0,47	

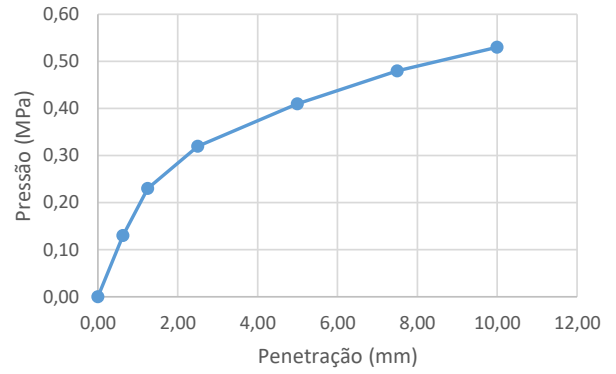
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
93	22,82	0,58	22,82	1158
46	24,89	4,64	24,89	1261
44	26,63	6,23	26,63	1323
43	28,66	7,97	28,66	1341
22	31,87	3,00	31,87	1289

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	93	46	44	43	22
Leitura Inicial	3,00	4,00	4,00	5,00	3,00
Leitura Final	3,30	4,16	4,13	5,00	3,00
L.Final - L.Inicial	0,30	0,16	0,13	0,00	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,26	0,14	0,11	0,00	0,00
Média (%)	0,10				

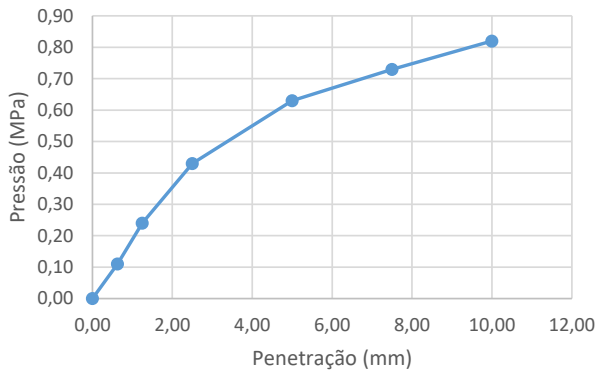
Pressão x Penetração 1



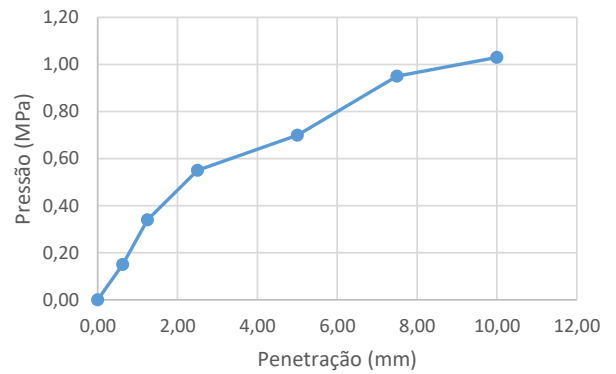
Pressão x Penetração 2



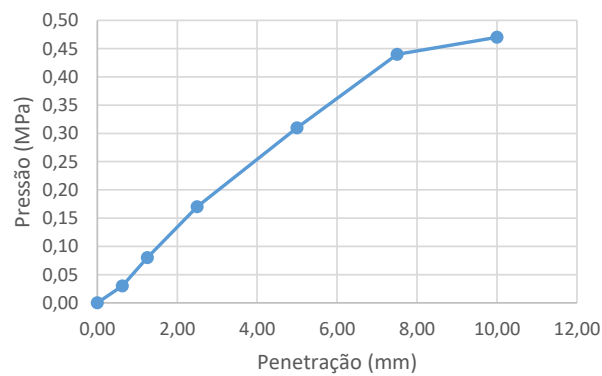
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	32	
Data:	30/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

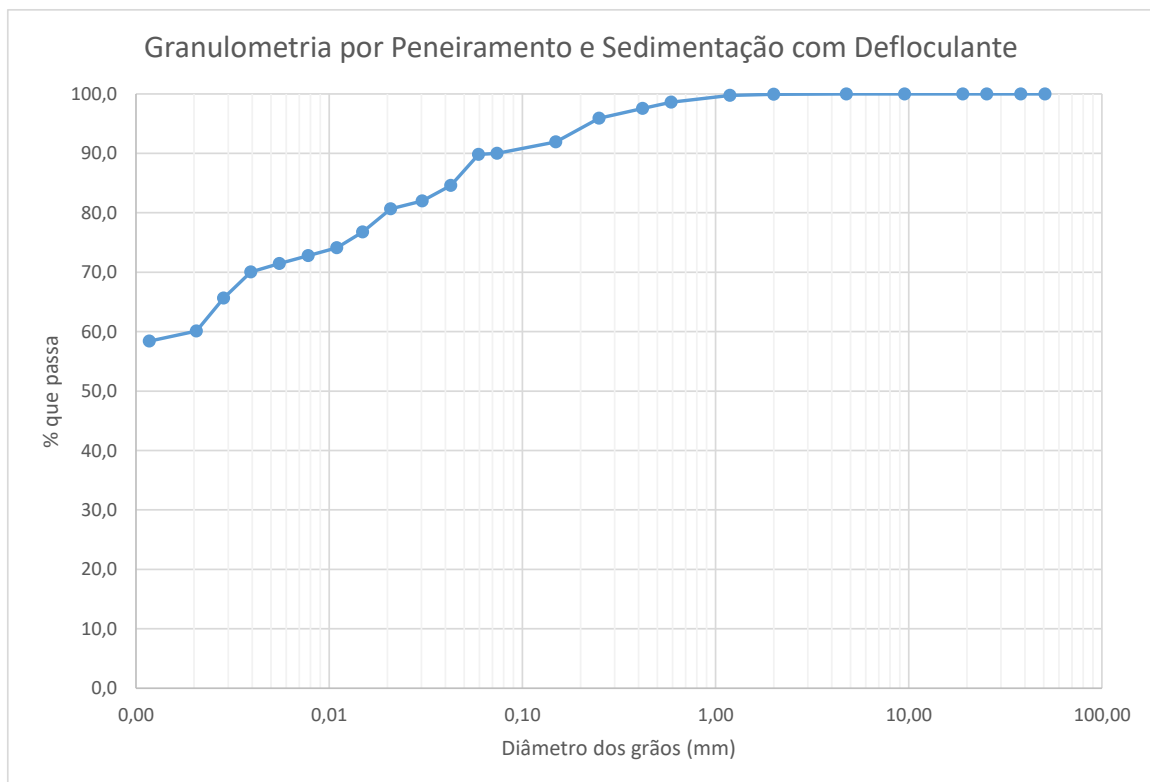
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	96	58		Pic.	7	10	
tara (g)	13,81	14,21		Temp. (°C)	27,0	27,0	
tara + SH (g)	85,74	89,54		Pic. Vazio	101,45	109,22	
tara + SS (g)	75,89	78,89		Pic. + Amostra	161,46	169,26	
Umidade (%)	15,87	16,47		Pic. + Água + Amostra	440,31	461,86	
w (%):	16,2			Pic. + Água	402,15	423,60	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,74	2,75	
				GS ₂₀ :	2,75		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	516,54		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,26	0,26	99,9

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,12	0,12	99,7
30	0,590	0,69	0,82	98,6
40	0,420	0,61	1,43	97,6
60	0,250	1,01	2,45	95,9
100	0,149	2,38	4,83	91,9
200	0,074	1,17	6,00	90,0

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,01	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,031	0,9966	11,0	89,8	0,0594
1 min	60	24,2	1,029	0,9966	11,4	84,6	0,0426
2 min	120	24,2	1,028	0,9966	11,6	82,0	0,0304
4 min	240	24,2	1,028	0,9966	10,9	80,7	0,0208
8 min	480	24,2	1,026	0,9966	11,1	76,8	0,0149
15 min	900	24,1	1,025	0,9966	11,3	74,1	0,0110
30 min	1800	24,1	1,025	0,9966	11,4	72,8	0,0078
1 h	3600	24,0	1,024	0,9966	11,5	71,4	0,0055
2 h	7200	23,8	1,024	0,9966	11,6	70,0	0,0039
4 h	14400	22,9	1,022	0,9968	11,8	65,7	0,0028
8 h	28800	22,3	1,020	0,9969	12,2	60,1	0,0021
24 h	86400	24,0	1,019	0,9966	12,3	58,4	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,1
2,00	99,9	0,1		
1,190	99,7	0,3	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,3
0,590	98,6	1,4	0,20 < Areia média < 0,6	4,7
0,420	97,6	2,4		
0,250	95,9	4,1		
0,149	91,9	8,1	0,06 < Areia fina < 0,20	3,9
0,074	90,0	10,0		
0,0594	89,8	10,2		
0,0426	84,6	15,4	0,002 < Silte < 0,06	30,0
0,0304	82,0	18,0		
0,0208	80,7	19,3		
0,0149	76,8	23,2		
0,0110	74,1	25,9		
0,0078	72,8	27,2		
0,0055	71,4	28,6		
0,0039	70,0	30,0		
0,0028	65,7	34,3		
0,0021	60,1	39,9		
0,0012	58,4	41,6	Argila < 0,002	60,0



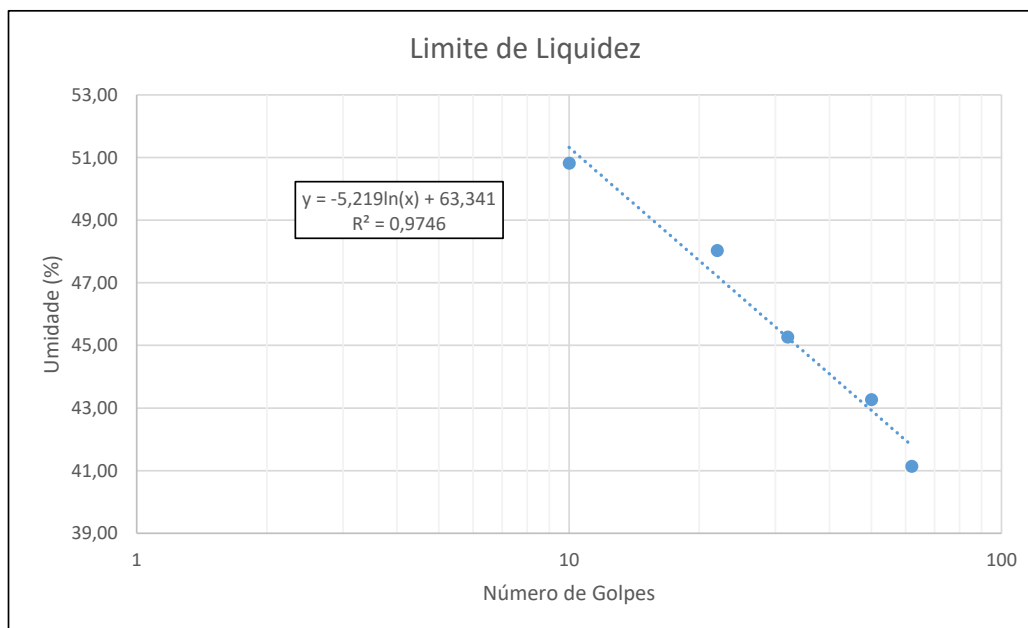
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	32
Data:	01/11/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
4	27,15	22,46	11,06	4,69	11,40	62	41,14
18	26,73	22,07	11,30	4,66	10,77	50	43,27
31	27,84	22,73	11,44	5,11	11,29	32	45,26
28	29,22	23,13	10,45	6,09	12,68	22	48,03
20	30,54	23,69	10,21	6,85	13,48	10	50,82

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
81	7,45	6,97	5,53	0,48	1,44	33,33	33,03
87	7,79	7,32	5,90	0,47	1,42	33,10	
131	7,86	7,34	5,83	0,52	1,51	34,44	
106	7,80	7,32	5,85	0,48	1,47	32,65	
100	8,18	7,75	6,39	0,43	1,36	31,62	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	46,5
Limite de Plasticidade (%)	33,0
Índice de Plasticidade (%)	13,5



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	33
Data:	19/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	45	60	37	9	54
Solo + Água + Molde (g)	7725	7815	8250	8260	8160
Peso Molde (g)	4705	4380	4745	4750	4750
Peso Solo + Água (g)	3020	3435	3505	3510	3410
Volume Molde (cm ³)	2015	2006	1970	1988	1970
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1499	1712	1779	1766	1731
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1176	1309	1339	1314	1267

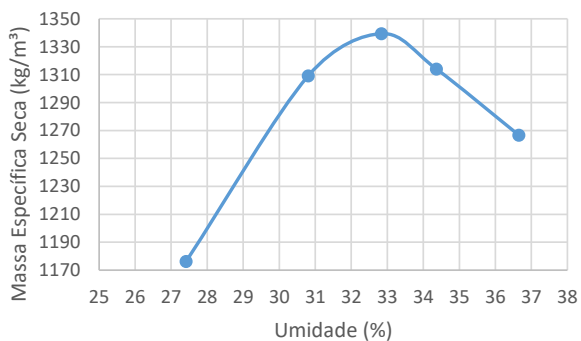
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	35	64	33	50	15	52	37	66	56	3
P. Solo Úm. + C. (g)	83,50	79,04	71,56	79,90	68,79	79,01	67,39	81,50	79,22	89,27
P. Solo S. + Cap. (g)	68,38	64,80	57,52	64,10	54,77	62,51	53,15	64,20	61,61	69,06
Peso Água (g)	15,12	14,24	14,04	15,80	14,02	16,50	14,24	17,30	17,61	20,21
Peso Cápsula (g)	12,68	13,36	12,21	12,50	12,12	12,21	11,61	13,98	13,63	13,84
P. Solo Seco (g)	55,70	51,44	45,31	51,60	42,65	50,30	41,54	50,22	47,98	55,22
Umidade (%)	27,15	27,68	30,99	30,62	32,87	32,80	34,28	34,45	36,70	36,60
Umid. Média (%)	27,41		30,80		32,84		34,36		36,65	

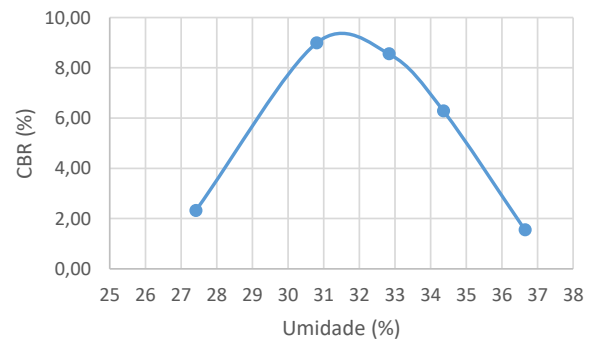
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,9
Densidade Máxima (kg/m ³)	1338
Expansão Média (%)	0,11
ISC/CBR Final (%)	8,2

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	10	0,1	
2,5	16	0,16	2,32
5	24	0,24	2,32
7,5	29	0,29	
10	31	0,31	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	25	0,25	
1,25	46	0,46	
2,5	62	0,62	8,99
5	86	0,86	8,31
7,5	100	1	
10	112	1,12	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	14	0,14	
1,25	32	0,32	
2,5	59	0,59	8,55
5	86	0,86	8,31
7,5	102	1,02	
10	110	1,1	

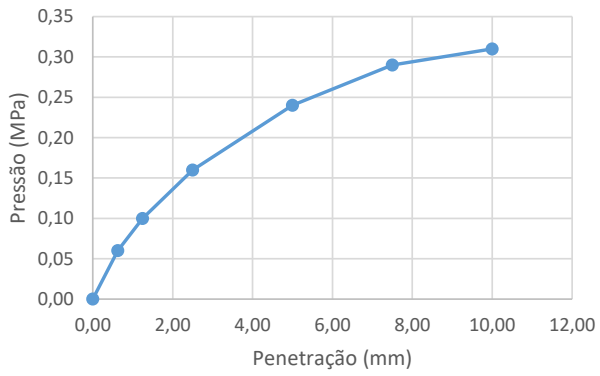
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	10	0,1	
1,25	20	0,2	
2,5	40	0,4	5,80
5	65	0,65	6,28
7,5	81	0,81	
10	87	0,87	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	2	0,02	
1,25	4	0,04	
2,5	8	0,08	1,16
5	16	0,16	1,55
7,5	24	0,24	
10	28	0,28	

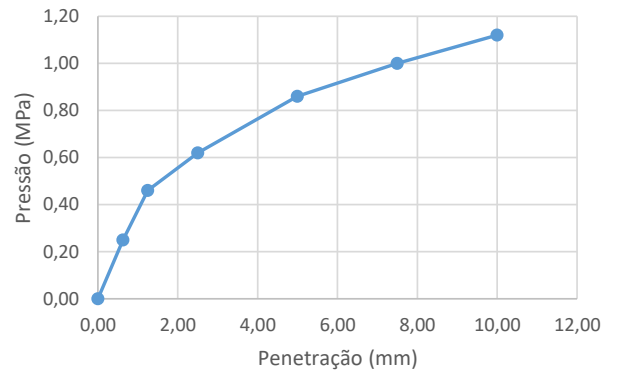
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
45	27,41	2,32	27,41	1176
60	30,80	8,99	30,80	1309
37	32,84	8,55	32,84	1339
9	34,36	6,28	34,36	1314
54	36,65	1,55	36,65	1267

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	45	60	37	9	54
Leitura Inicial	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00
Leitura Final	4,28	4,25	4,11	4,02	4,96
L.Final - L.Inicial	0,28	0,25	0,11	0,02	-0,04
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,25	0,22	0,10	0,02	-0,04
Média (%)	0,11				

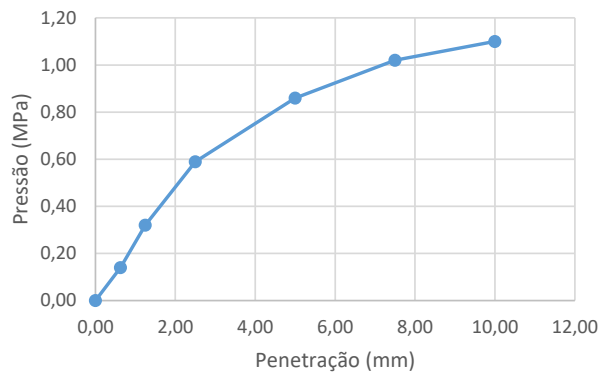
Pressão x Penetração 1



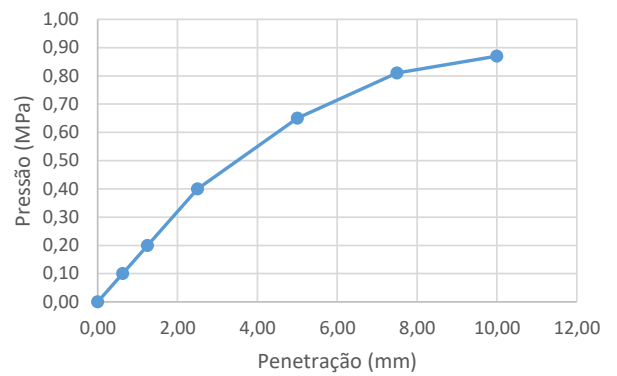
Pressão x Penetração 2



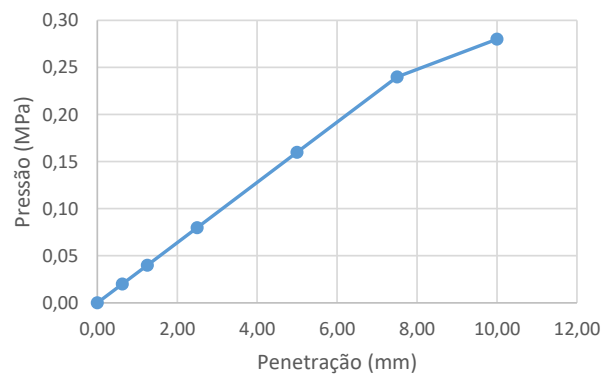
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	33	
Data:	27/10/2021	Camada:	SUBLEITO				

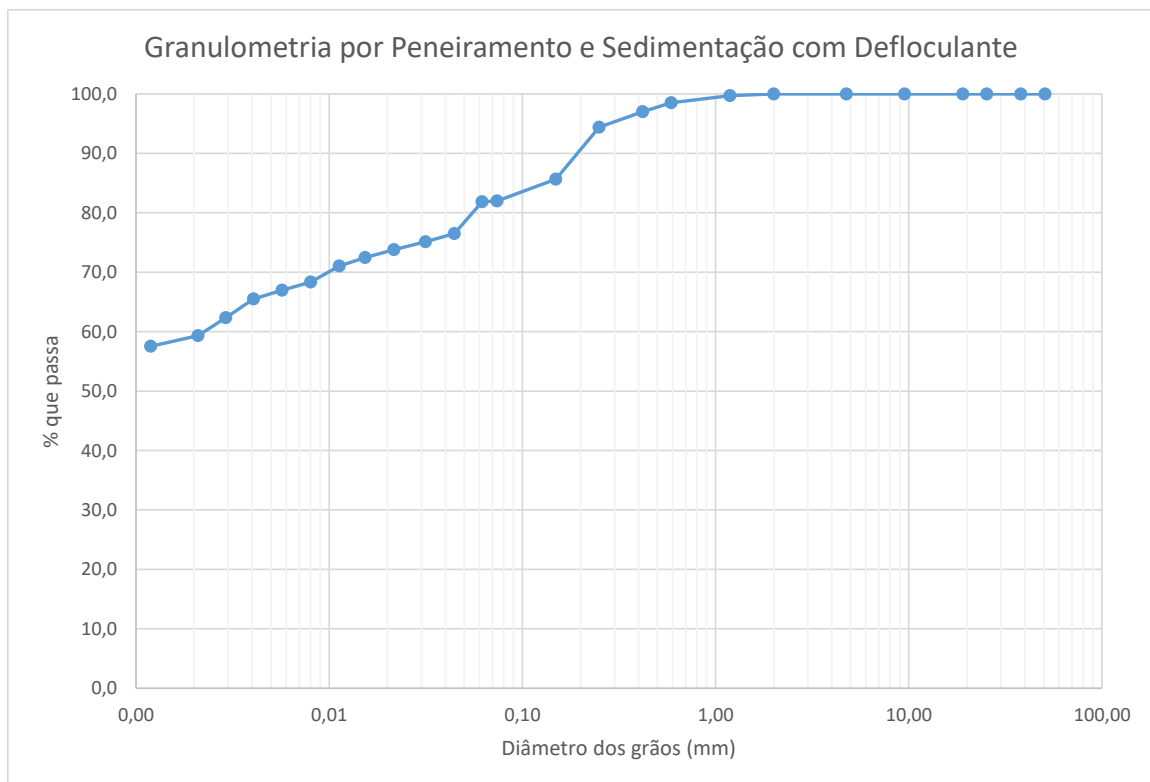
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	75	72		Pic.	8	12	
tara (g)	13,02	12,91		Temp. (°C)	26,5	26,3	
tara + SH (g)	80,42	90,83		Pic. Vazio	97,6	98,23	
tara + SS (g)	69,82	78,44		Pic. + Amostra	157,67	158,23	
Umidade (%)	18,66	18,91		Pic. + Água + Amostra	442,55	452,13	
w (%):	18,8			Pic. + Água	404,69	414,21	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,70	2,71	
				GS ₂₀ :	2,71		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	605,0			Massa total da amostra seca Ms (g) =	509,32		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,00	0,00	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,18	0,18	99,7
30	0,590	0,70	0,87	98,5
40	0,420	0,89	1,76	97,0
60	0,250	1,55	3,31	94,4
100	0,149	5,14	8,45	85,7
200	0,074	2,18	10,63	82,0

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,04	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,027	0,9966	11,7	81,9	0,0619
1 min	60	24,2	1,025	0,9966	12,1	76,5	0,0444
2 min	120	24,2	1,025	0,9966	12,2	75,1	0,0315
4 min	240	24,2	1,024	0,9966	11,5	73,8	0,0216
8 min	480	24,2	1,024	0,9966	11,6	72,4	0,0154
15 min	900	24,1	1,023	0,9966	11,6	71,0	0,0113
30 min	1800	24,1	1,022	0,9966	11,8	68,4	0,0080
1 h	3600	24,0	1,022	0,9966	11,9	67,0	0,0057
2 h	7200	23,8	1,021	0,9966	12,0	65,5	0,0041
4 h	14400	22,9	1,020	0,9968	12,2	62,3	0,0029
8 h	28800	22,3	1,019	0,9969	12,3	59,3	0,0021
24 h	86400	24,0	1,018	0,9966	12,5	57,5	0,0012

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,7	0,3	0,60 < Areia grossa < 2,0	1,5
0,590	98,5	1,5	0,20 < Areia média < 0,6	8,5
0,420	97,0	3,0		
0,250	94,4	5,6		
0,149	85,7	14,3	0,06 < Areia fina < 0,20	8,8
0,074	82,0	18,0		
0,0619	81,9	18,1		
0,0444	76,5	23,5	0,002 < Silte < 0,06	22,1
0,0315	75,1	24,9		
0,0216	73,8	26,2		
0,0154	72,4	27,6		
0,0113	71,0	29,0		
0,0080	68,4	31,6		
0,0057	67,0	33,0		
0,0041	65,5	34,5		
0,0029	62,3	37,7		
0,0021	59,3	40,7		
0,0012	57,5	42,5	Argila < 0,002	59,1



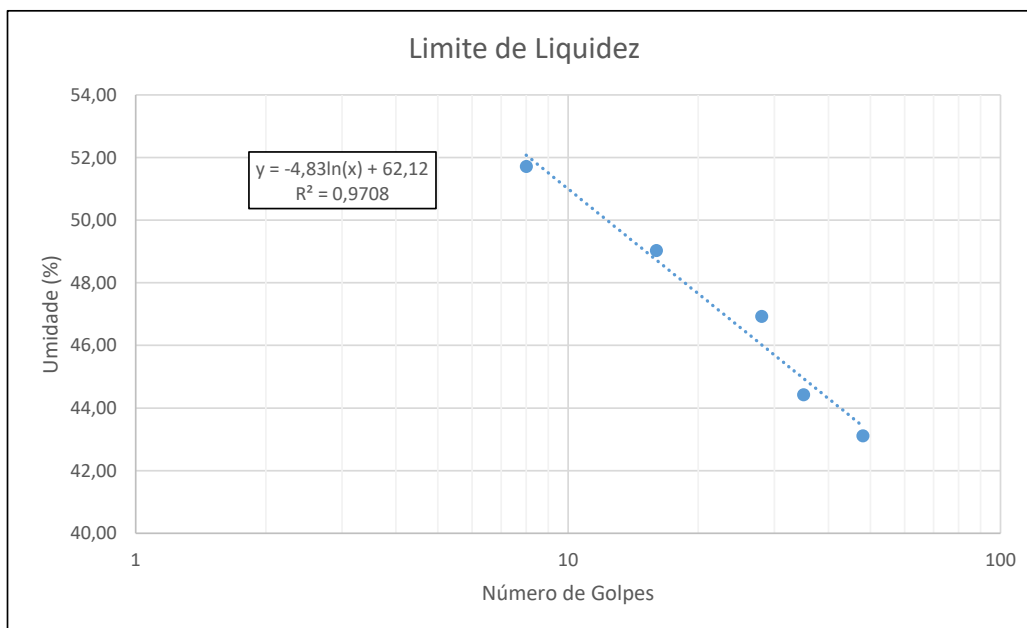
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	33
Data:	21/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
44	27,27	22,67	12,00	4,60	10,67	48	43,11
31	24,91	20,77	11,45	4,14	9,32	35	44,42
30	26,65	21,08	9,21	5,57	11,87	28	46,93
53	26,60	21,55	11,25	5,05	10,30	16	49,03
45	28,00	22,42	11,63	5,58	10,79	8	51,71

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
73	7,67	7,21	5,76	0,46	1,45	31,72	31,57
121	8,09	7,62	6,13	0,47	1,49	31,54	
124	8,06	7,57	5,96	0,49	1,61	30,43	
69	8,17	7,64	6,12	0,53	1,52	34,87	
77	7,18	6,72	5,15	0,46	1,57	29,30	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	46,6
Limite de Plasticidade (%)	31,6
Índice de Plasticidade (%)	15,0



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010			Ponto:	34
Data:	25/10/2021	Energia:	NORMAL		

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	55	60	15	2	40
Solo + Água + Molde (g)	7375	7670	8250	8255	8155
Peso Molde (g)	4375	4380	4740	4710	4665
Peso Solo + Água (g)	3000	3290	3510	3545	3490
Volume Molde (cm ³)	2050	2006	1997	1988	2015
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1463	1640	1758	1783	1732
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1150	1266	1337	1327	1268

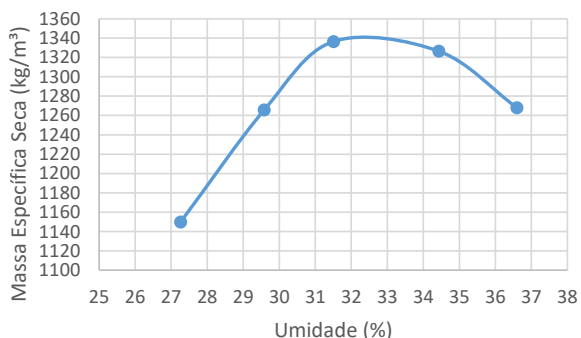
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	36	20	87	8	55	40	38	5	69	31
P. Solo Úm. + C. (g)	74,48	70,99	71,80	72,54	77,05	70,11	70,13	75,42	72,38	76,15
P. Solo S. + Cap. (g)	61,26	58,80	58,49	58,63	61,72	56,42	55,19	59,37	56,22	59,27
Peso Água (g)	13,22	12,19	13,31	13,91	15,33	13,69	14,94	16,05	16,16	16,88
Peso Cápsula (g)	12,93	13,94	13,36	11,75	13,56	12,52	12,38	12,10	12,23	12,98
P. Solo Seco (g)	48,33	44,86	45,13	46,88	48,16	43,90	42,81	47,27	43,99	46,29
Umidade (%)	27,35	27,17	29,49	29,67	31,83	31,18	34,90	33,95	36,74	36,47
Umid. Média (%)	27,26		29,58		31,51		34,43		36,60	

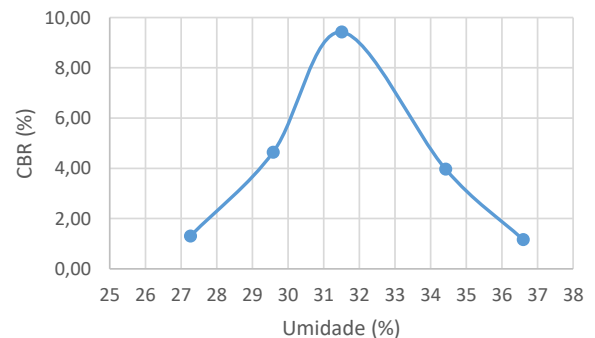
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	32,5
Densidade Máxima (kg/m ³)	1340
Expansão Média (%)	0,17
ISC/CBR Final (%)	8,0

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	3	0,03	
1,25	5	0,05	
2,5	9	0,09	1,30
5	13	0,13	1,26
7,5	17	0,17	
10	18	0,18	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	9	0,09	
1,25	17	0,17	
2,5	32	0,32	4,64
5	44	0,44	4,25
7,5	52	0,52	
10	56	0,56	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	25	0,25	
1,25	46	0,46	
2,5	65	0,65	9,42
5	87	0,87	8,41
7,5	104	1,04	
10	113	1,13	

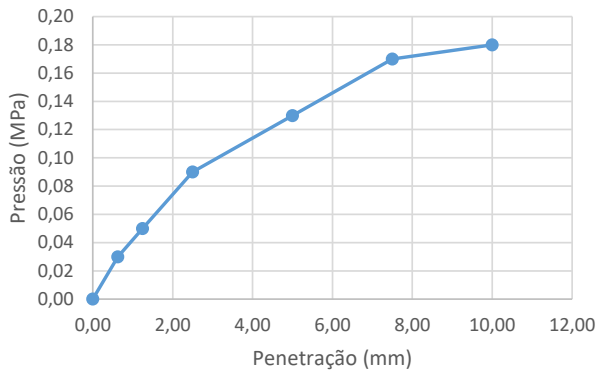
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	10	0,1	
2,5	21	0,21	3,04
5	41	0,41	3,96
7,5	54	0,54	
10	59	0,59	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	1	0,01	
1,25	3	0,03	
2,5	7	0,07	1,01
5	12	0,12	1,16
7,5	16	0,16	
10	19	0,19	

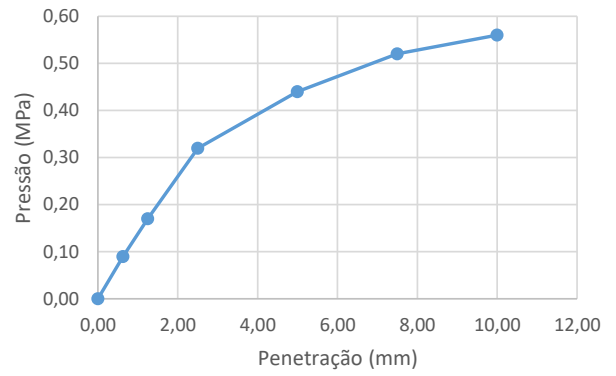
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
55	27,26	1,30	27,26	1150
60	29,58	4,64	29,58	1266
15	31,51	9,42	31,51	1337
2	34,43	3,96	34,43	1327
40	36,60	1,16	36,60	1268

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	55	60	15	2	40
Leitura Inicial	4,00	5,00	6,00	4,00	7,00
Leitura Final	4,45	5,30	6,20	4,02	7,00
L.Final - L.Inicial	0,45	0,30	0,20	0,02	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,39	0,26	0,18	0,02	0,00
Média (%)	0,17				

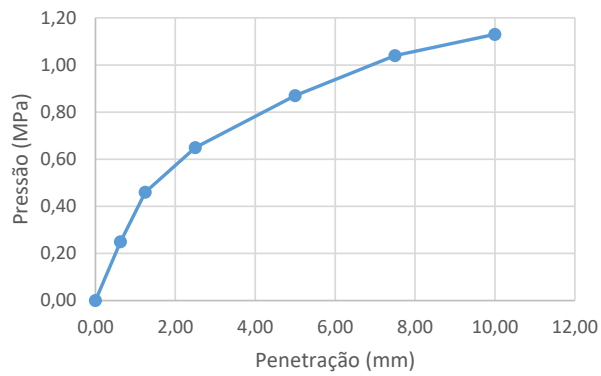
Pressão x Penetração 1



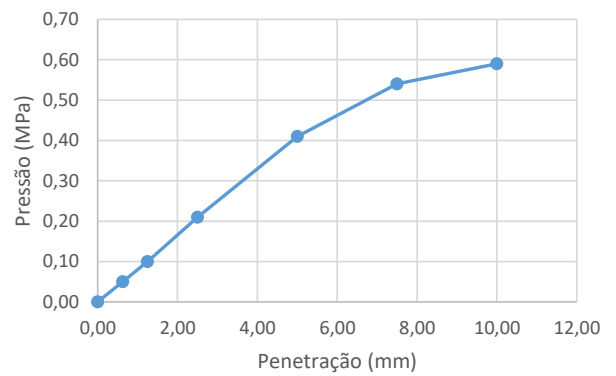
Pressão x Penetração 2



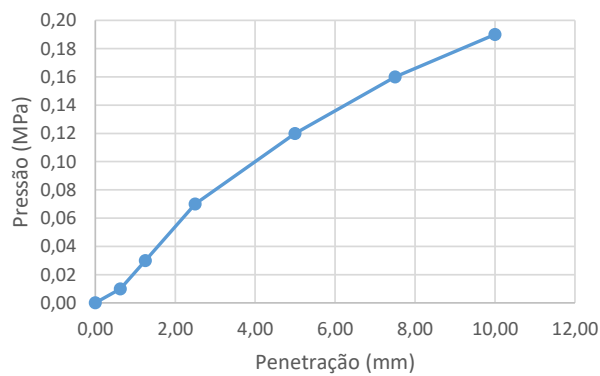
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	34
Data:	30/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

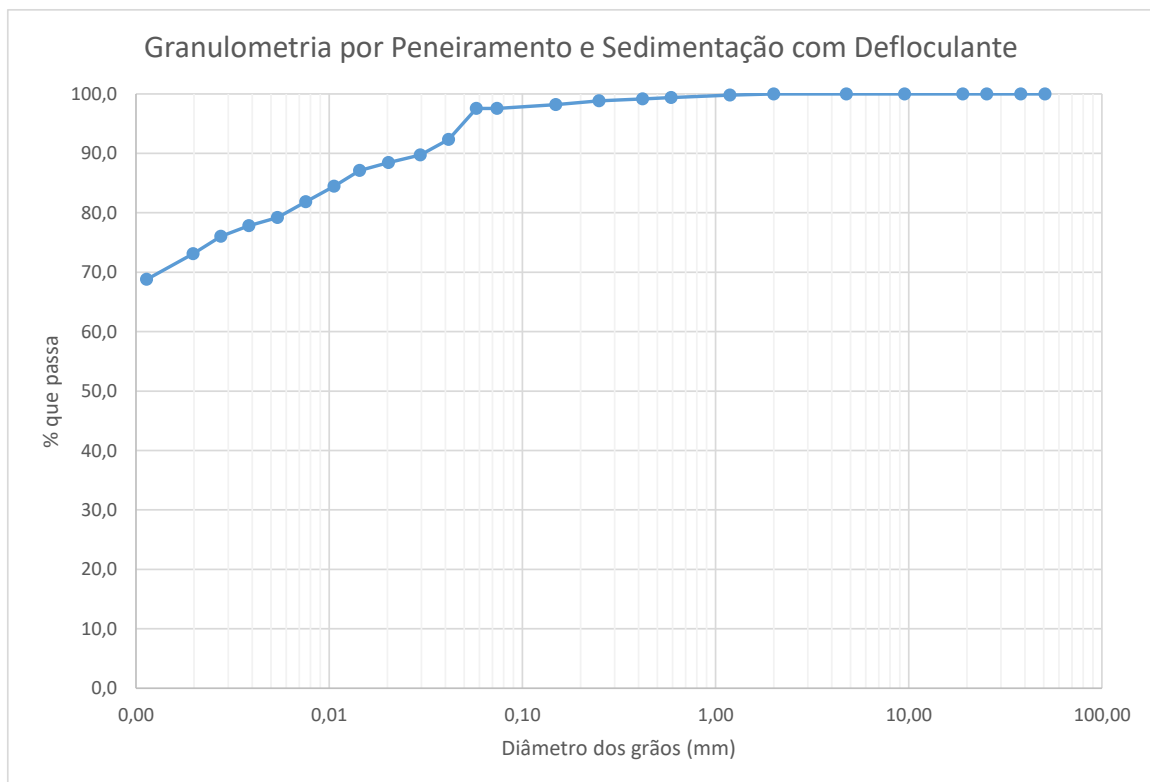
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	117	120		Pic.	9	14	
tara (g)	14,95	15,22		Temp. (°C)	26,3	26,3	
tara + SH (g)	80,84	96,31		Pic. Vazio	102,54	96,93	
tara + SS (g)	71,91	84,61		Pic. + Amostra	162,55	156,96	
Umidade (%)	15,68	16,86		Pic. + Água + Amostra	452,74	447,54	
w (%):	16,3			Pic. + Água	414,50	409,29	
				G _{S20} (g/cm ³)	2,75	2,75	
				G _{S20} :	2,75		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	604,8			Massa total da amostra seca Ms (g) =	520,17		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,0
4	4,76	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,00	0,00	100,0

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,11	0,11	99,8
30	0,590	0,27	0,38	99,4
40	0,420	0,13	0,50	99,2
60	0,250	0,18	0,69	98,9
100	0,149	0,40	1,09	98,2
200	0,074	0,39	1,48	97,5

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,07	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,034	0,9966	10,5	97,6	0,0579
1 min	60	24,2	1,032	0,9966	10,9	92,4	0,0416
2 min	120	24,2	1,031	0,9966	11,0	89,7	0,0296
4 min	240	24,2	1,031	0,9966	10,3	88,4	0,0203
8 min	480	24,2	1,030	0,9966	10,4	87,1	0,0144
15 min	900	24,1	1,029	0,9966	10,6	84,5	0,0106
30 min	1800	24,1	1,028	0,9966	10,8	81,9	0,0076
1 h	3600	24,0	1,027	0,9966	10,9	79,2	0,0054
2 h	7200	23,8	1,027	0,9966	11,0	77,8	0,0038
4 h	14400	22,9	1,026	0,9968	11,1	76,0	0,0028
8 h	28800	22,3	1,025	0,9969	11,3	73,1	0,0020
24 h	86400	24,0	1,023	0,9966	11,6	68,8	0,0011

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	0,0
9,52	100,0	0,0		
4,76	100,0	0,0		
2,00	100,0	0,0	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	0,0
1,190	99,8	0,2	0,60 < Areia grossa < 2,0	0,6
0,590	99,4	0,6	0,20 < Areia média < 0,6	0,9
0,420	99,2	0,8		
0,250	98,9	1,1		
0,149	98,2	1,8	0,06 < Areia fina < 0,20	0,3
0,074	97,5	2,5		
0,0579	97,6	2,4		
0,0416	92,4	7,6	0,002 < Silte < 0,06	25,0
0,0296	89,7	10,3		
0,0203	88,4	11,6		
0,0144	87,1	12,9		
0,0106	84,5	15,5		
0,0076	81,9	18,1		
0,0054	79,2	20,8		
0,0038	77,8	22,2		
0,0028	76,0	24,0		
0,0020	73,1	26,9		
0,0011	68,8	31,2	Argila < 0,002	73,2



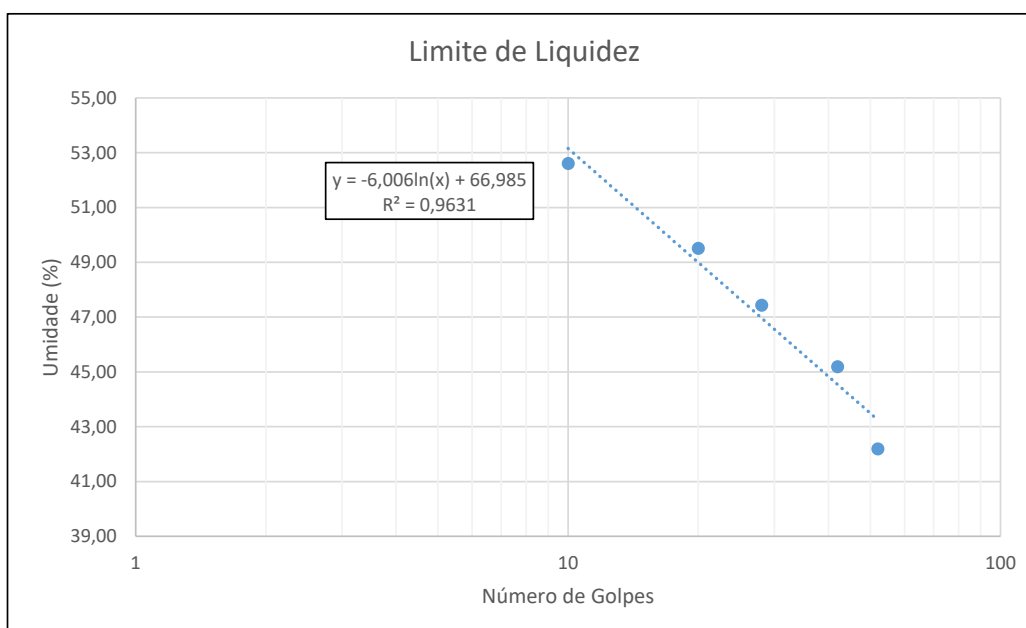
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	34
Data:	01/11/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
14	26,85	22,26	11,38	4,59	10,88	52	42,19
21	26,01	21,60	11,84	4,41	9,76	42	45,18
23	28,70	23,43	12,32	5,27	11,11	28	47,43
3	27,62	22,09	10,92	5,53	11,17	20	49,51
8	30,22	23,85	11,74	6,37	12,11	10	52,60

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
136	8,04	7,52	5,93	0,52	1,59	32,70	32,37
60	7,75	7,24	5,70	0,51	1,54	33,12	
58	9,02	8,54	7,05	0,48	1,49	32,21	
80	7,56	7,09	5,61	0,47	1,48	31,76	
97	7,64	7,13	5,54	0,51	1,59	32,08	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	47,7
Limite de Plasticidade (%)	32,4
Índice de Plasticidade (%)	15,3



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010				Ponto:	35
Data:	25/10/2021	Energia:	NORMAL			

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	4	49	8	35	21
Solo + Água + Molde (g)	8000	8205	8495	8400	8320
Peso Molde (g)	4745	4750	4885	4695	4745
Peso Solo + Água (g)	3255	3455	3610	3705	3575
Volume Molde (cm ³)	2015	1988	1988	2015	2015
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1615	1738	1816	1839	1774
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1456	1533	1567	1553	1475

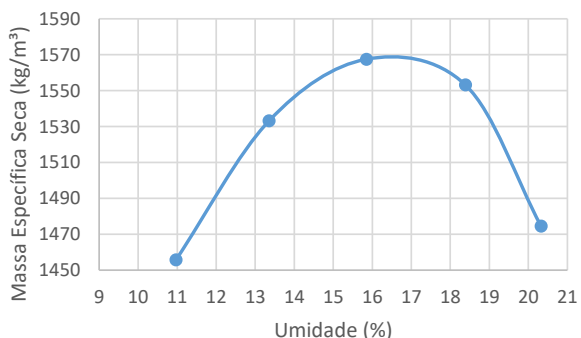
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	14	83	97	12	76	67	85	52	35	99
P. Solo Úm. + C. (g)	90,20	90,83	72,70	69,89	74,46	70,90	70,79	70,16	78,78	82,63
P. Solo S. + Cap. (g)	82,56	83,07	65,74	63,12	65,98	63,06	61,81	61,17	67,66	70,98
Peso Água (g)	7,64	7,76	6,96	6,77	8,48	7,84	8,98	8,99	11,12	11,65
Peso Cápsula (g)	13,30	11,91	13,66	12,39	12,66	13,41	13,04	12,21	12,68	13,94
P. Solo Seco (g)	69,26	71,16	52,08	50,73	53,32	49,65	48,77	48,96	54,98	57,04
Umidade (%)	11,03	10,91	13,36	13,35	15,90	15,79	18,41	18,36	20,23	20,42
Umid. Média (%)	10,97		13,35		15,85		18,39		20,32	

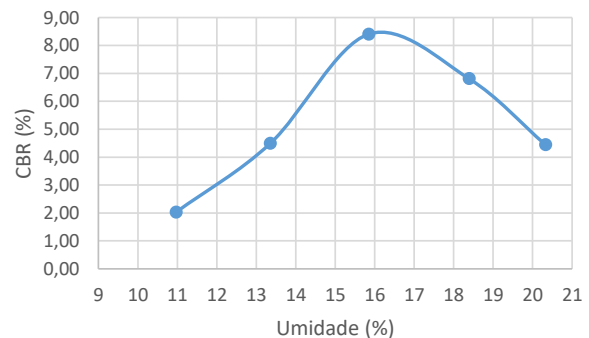
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	16,8
Densidade Máxima (kg/m ³)	1570
Expansão Média (%)	0,07
ISC/CBR Final (%)	8,2

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	5	0,05	
1,25	8	0,08	
2,5	13	0,13	1,88
5	21	0,21	2,03
7,5	27	0,27	
10	29	0,29	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	9	0,09	
1,25	18	0,18	
2,5	31	0,31	4,49
5	46	0,46	4,44
7,5	53	0,53	
10	57	0,57	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	20	0,2	
1,25	40	0,4	
2,5	58	0,58	8,41
5	79	0,79	7,63
7,5	95	0,95	
10	111	1,11	

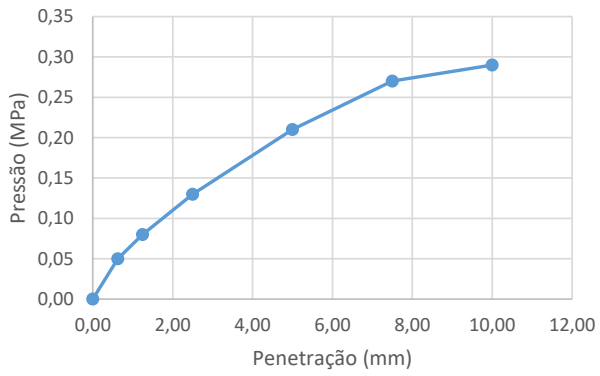
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	16	0,16	
1,25	30	0,3	
2,5	47	0,47	6,81
5	68	0,68	6,57
7,5	85	0,85	
10	93	0,93	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	6	0,06	
1,25	13	0,13	
2,5	24	0,24	3,48
5	46	0,46	4,44
7,5	63	0,63	
10	69	0,69	

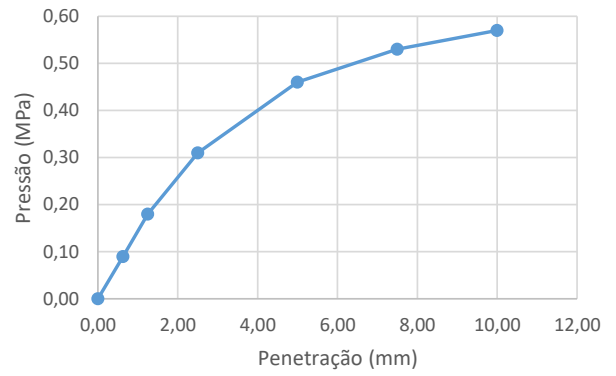
Ponto	Umidade (%)	C.B.R. (%)	Umidade (%)	Dens. S. kg/m ³
4	10,97	2,03	10,97	1456
49	13,35	4,49	13,35	1533
8	15,85	8,41	15,85	1567
35	18,39	6,81	18,39	1553
21	20,32	4,44	20,32	1475

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	4	49	8	35	21
Leitura Inicial	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00
Leitura Final	3,26	4,10	4,07	4,00	4,98
L.Final - L.Inicial	0,26	0,10	0,07	0,00	-0,02
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,23	0,09	0,06	0,00	-0,02
Média (%)	0,07				

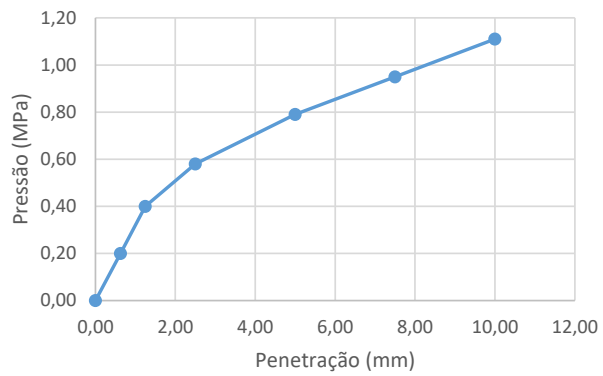
Pressão x Penetração 1



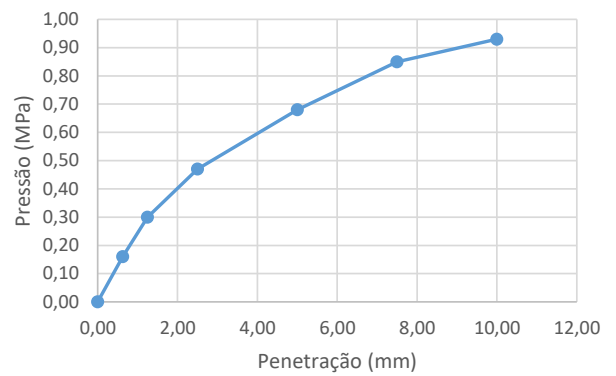
Pressão x Penetração 2



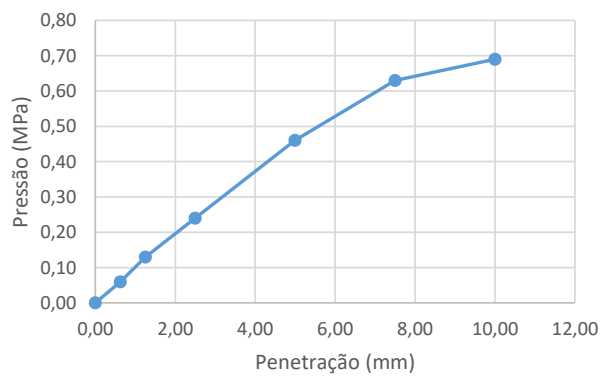
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ANÁLISE GANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

Local:	DF 010				Ponto:	35
Data:	28/10/2021	Camada:	SUBLEITO			

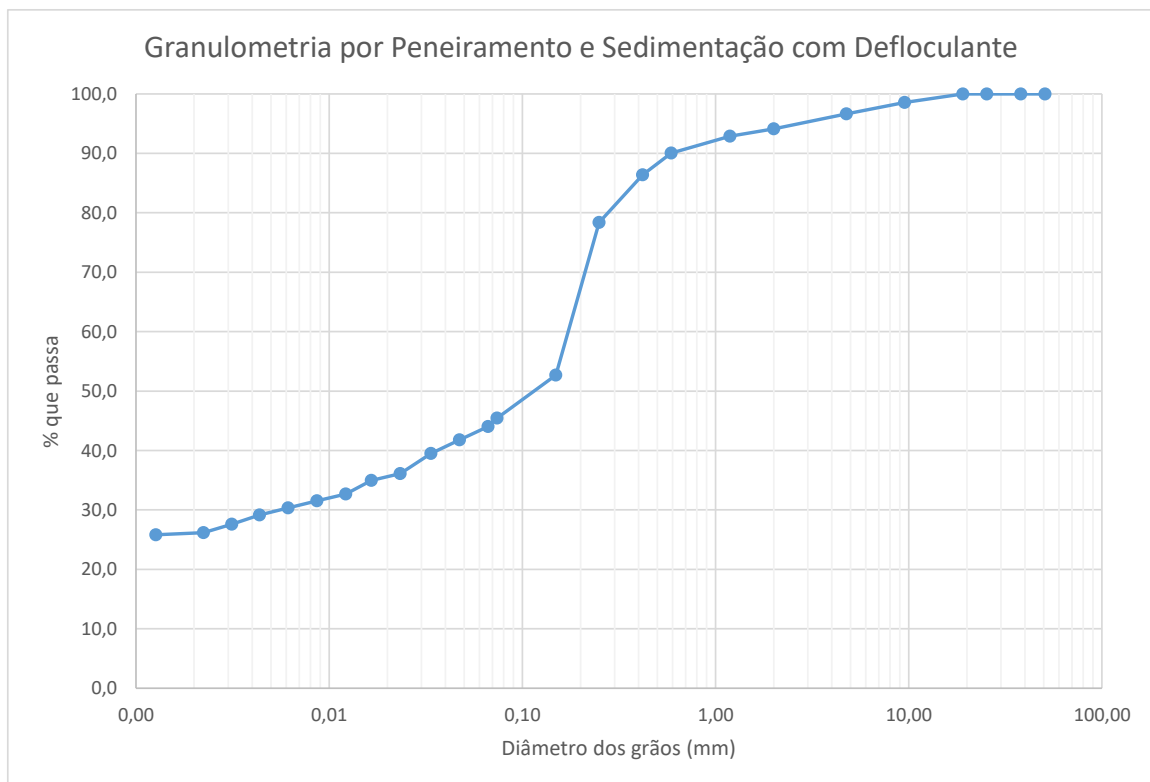
Umidade higroscópica				Massa específica dos grãos # 2mm			
Capsula	84	61		Pic.	11	13	
tara (g)	13,35	12,17		Temp. (°C)	27,5	27,4	
tara + SH (g)	80,16	88,74		Pic. Vazio	104,26	99,13	
tara + SS (g)	75,81	84,05		Pic. + Amostra	164,3	159,16	
Umidade (%)	6,96	6,52		Pic. + Água + Amostra	457,49	454,92	
w (%):	6,7			Pic. + Água	419,47	416,91	
				GS ₂₀ (g/cm ³)	2,72	2,72	
				GS ₂₀ :	2,72		
Massa da amostra seca ao ar Mt (g) =	600,3			Massa total da amostra seca Ms (g) =	564,46		

Peneiramento Grosso				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
2"	50,80	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,0
1"	25,40	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,10	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,52	8,21	8,21	98,5
4	4,76	10,84	19,05	96,6
10	2,00	14,03	33,08	94,1

Peneiramento Fino				
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% material que passa
16	1,190	0,87	0,87	92,9
30	0,590	1,99	2,85	90,0
40	0,420	2,55	5,41	86,4
60	0,250	5,58	10,99	78,4
100	0,149	17,93	28,92	52,7
200	0,074	5,05	33,98	45,4

SEDIMENTAÇÃO							
Massa do material úmido submetido à sedimentação Mh (g) =					70,11	Densímetro:	34351
tempo	tempo (s)	temp. (°C)	L (g/cm ³)	Ld (g/cm ³)	a (cm)	QS (%)	d (mm)
30 s	30	24,2	1,016	0,9966	13,6	44,0	0,0665
1 min	60	24,2	1,015	0,9966	13,8	41,8	0,0473
2 min	120	24,2	1,014	0,9966	14,0	39,5	0,0337
4 min	240	24,2	1,013	0,9966	13,5	36,1	0,0234
8 min	480	24,2	1,012	0,9966	13,5	35,0	0,0166
15 min	900	24,1	1,011	0,9966	13,7	32,7	0,0122
30 min	1800	24,1	1,011	0,9966	13,8	31,5	0,0086
1 h	3600	24,0	1,010	0,9966	13,9	30,4	0,0061
2 h	7200	23,8	1,010	0,9966	14,0	29,1	0,0044
4 h	14400	22,9	1,009	0,9968	14,1	27,6	0,0031
8 h	28800	22,3	1,009	0,9969	14,2	26,2	0,0022
24 h	86400	24,0	1,008	0,9966	14,2	25,8	0,0013

d (mm)	% mat. passa	% mat.ret.	MATERIAL	% do material
50,80	100,0	0,0	20 < Pedregulho grosso < 60	0,0
38,10	100,0	0,0		
25,40	100,0	0,0		
19,10	100,0	0,0	6,0 < Pedregulho médio < 20,0	2,9
9,52	98,5	1,5		
4,76	96,6	3,4	2,0 < Pedregulho fino < 6,0	3,0
2,00	94,1	5,9		
1,190	92,9	7,1	0,60 < Areia grossa < 2,0	4,0
0,590	90,0	10,0	0,20 < Areia média < 0,6	24,4
0,420	86,4	13,6		
0,250	78,4	21,6		
0,149	52,7	47,3	0,06 < Areia fina < 0,20	22,4
0,074	45,4	54,6		
0,0665	44,0	56,0		
0,0473	41,8	58,2	0,002 < Silte < 0,06	17,2
0,0337	39,5	60,5		
0,0234	36,1	63,9		
0,0166	35,0	65,0		
0,0122	32,7	67,3		
0,0086	31,5	68,5		
0,0061	30,4	69,6		
0,0044	29,1	70,9		
0,0031	27,6	72,4		
0,0022	26,2	73,8		
0,0013	25,8	74,2	Argila < 0,002	26,1



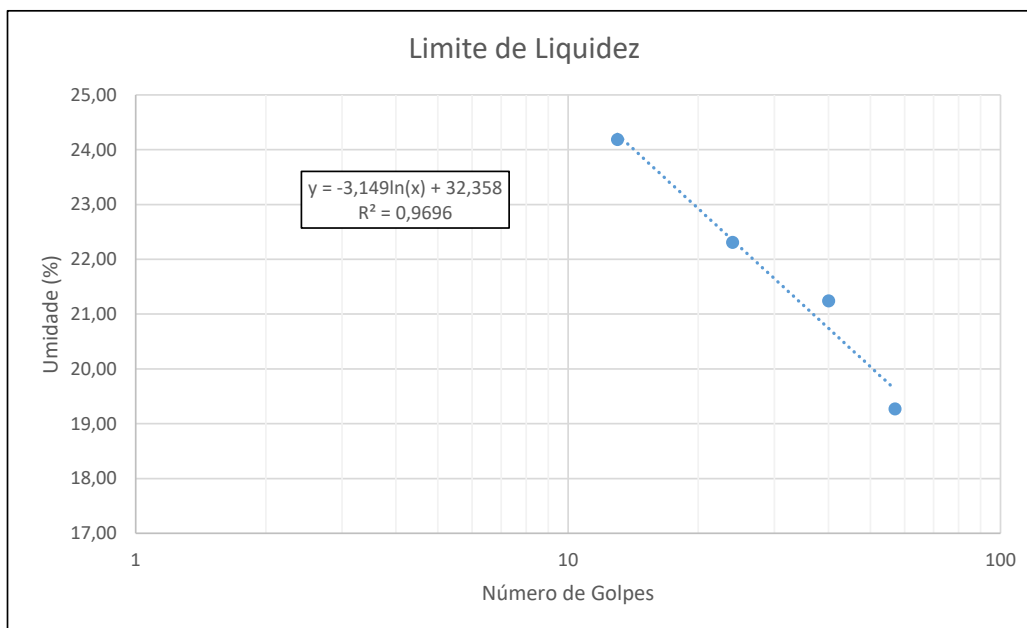
LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Local:	DF 010		Ponto:	35
Data:	28/10/2021	Trecho:		

LIMITE DE LIQUIDEZ							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Nº de Golpes	Umidade (%)
20	26,46	23,83	10,18	2,63	13,65	57	19,27
3	25,01	22,54	10,91	2,47	11,63	40	21,24
4	28,32	25,17	11,05	3,15	14,12	24	22,31
25	29,24	25,67	10,91	3,57	14,76	13	24,19

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Nº Cápsula	Cápsula + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)	Cápsula (g)	Água (g)	Solo Seco (g)	Umidade (%)	Limite de Plast. (%)
108	9,57	9,08	6,44	0,49	2,64	18,56	15,45
90	9,15	8,74	5,84	0,41	2,90	14,14	
61	8,79	8,42	5,58	0,37	2,84	13,03	
73	8,85	8,43	5,77	0,42	2,66	15,79	
121	9,04	8,64	6,10	0,40	2,54	15,75	

RESULTADOS	
Limite de Liquidez (%)	22,2
Limite de Plasticidade (%)	15,5
Índice de Plasticidade (%)	6,8





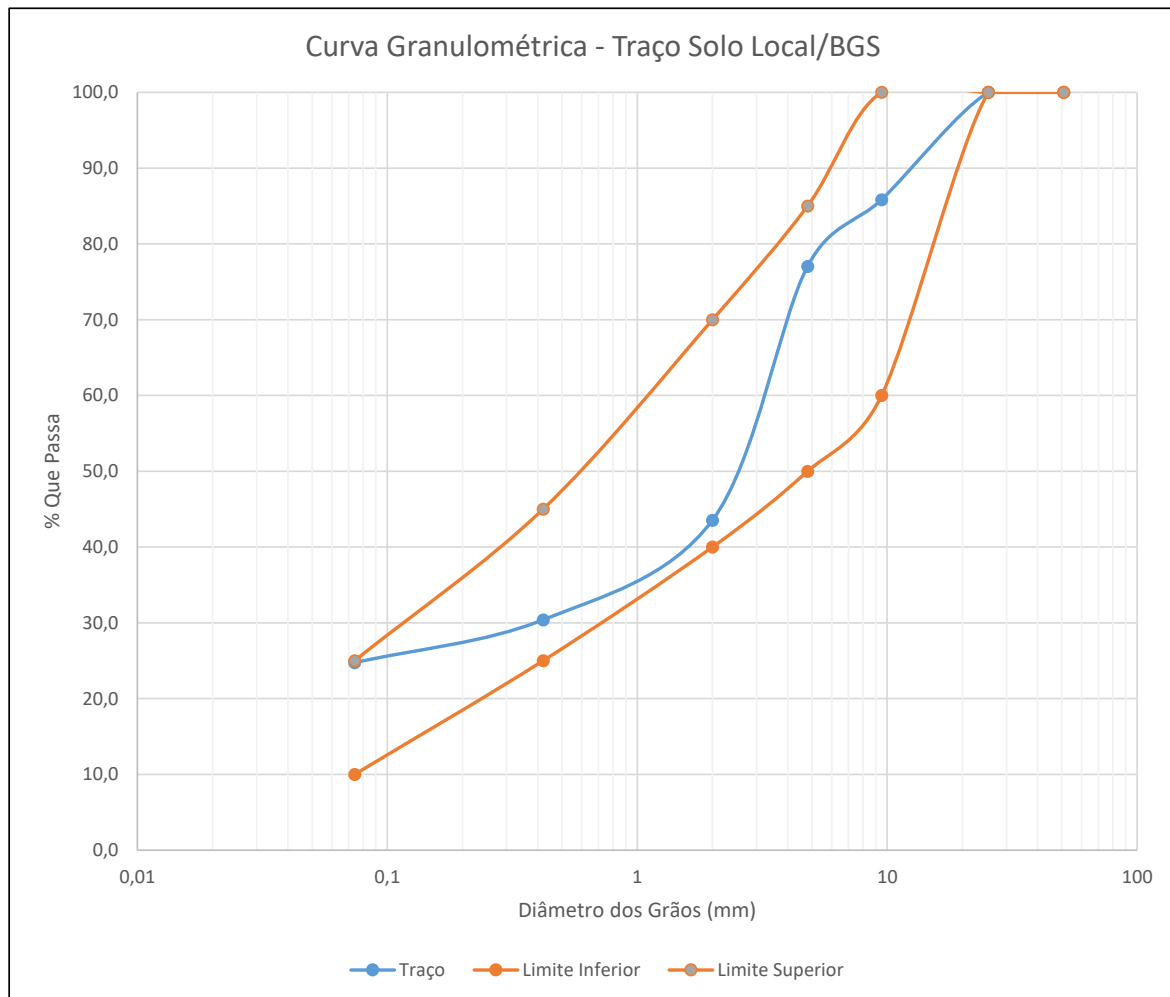
Ensaio para o traço de Solo-BGS-Cimento

COMPOSIÇÃO DE TRAÇO DE SOLO LOCAL-BGS

Local:	DF 010	Ponto:	-
Data:	21/03/2022	Trecho:	-

Composição do Traço

Peneira (mm)	Solo Local		Brita 1		Pedrisco		Pó		Soma	Faixa D	
	Gran.	Comp.	Gran.	Comp.	Gran.	Comp.	Gran.	Comp.		INF	SUP
	(%)	25,0%	(%)	12,5%	(%)	12,5%	(%)	50,0%			
50,8	100,0	25,0	100,0	12,5	100,0	12,5	100,0	50,0	100,0	100,0	100,0
25,4	100,0	25,0	100,0	12,5	100,0	12,5	100,0	50,0	100,0	100,0	100,0
9,5	99,3	24,8	1,7	0,2	86,5	10,8	100,0	50,0	85,9	60,0	100,0
4,8	98,8	24,7	0,4	0,1	23,5	2,9	98,7	49,4	77,0	50,0	85,0
2	97,9	24,5	0,3	0,0	4,7	0,6	36,9	18,5	43,6	40,0	70,0
0,42	92,3	23,1	0,3	0,0	2,7	0,3	13,9	7,0	30,4	25,0	45,0
0,074	80,4	20,1	0,2	0,0	2,1	0,3	8,7	4,4	24,7	10,0	25,0



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010 - 75% BGS + 25% Solo Local	Ponto:	2% de Cimento
Data:	24/03/2022	Energia:	MODIFICADA

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	31	6	7	5	33
Solo + Água + Molde (g)	8890	9105	9135	9035	9265
Peso Molde (g)	4770	4765	4510	4455	4770
Peso Solo + Água (g)	4120	4340	4625	4580	4495
Volume Molde (cm ³)	1988	1970	1997	2015	2015
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	2072	2203	2316	2273	2231
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1950	2037	2094	2007	1938

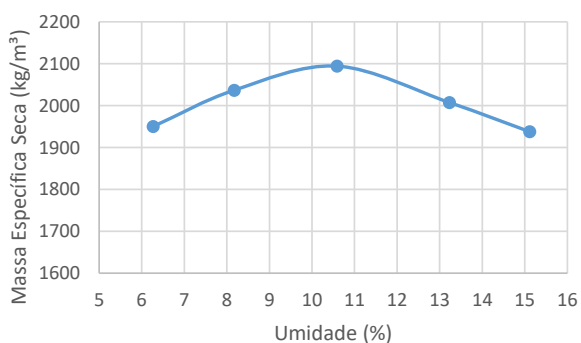
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	305	172	173	136	139	160	150	134	164	141
P. Solo Úm. + C. (g)	98,33	100,69	115,70	104,97	106,56	96,57	98,99	98,19	113,23	104,99
P. Solo S. + Cap. (g)	93,27	95,43	108,11	98,04	97,53	88,81	89,01	88,28	100,18	93,07
Peso Água (g)	5,06	5,26	7,59	6,93	9,03	7,76	9,98	9,91	13,05	11,92
Peso Cápsula (g)	12,24	11,86	14,08	14,22	13,90	14,02	13,26	13,63	14,40	13,64
P. Solo Seco (g)	81,03	83,57	94,03	83,82	83,63	74,79	75,75	74,65	85,78	79,43
Umidade (%)	6,24	6,29	8,07	8,27	10,80	10,38	13,17	13,28	15,21	15,01
Umid. Média (%)	6,27		8,17		10,59		13,23		15,11	

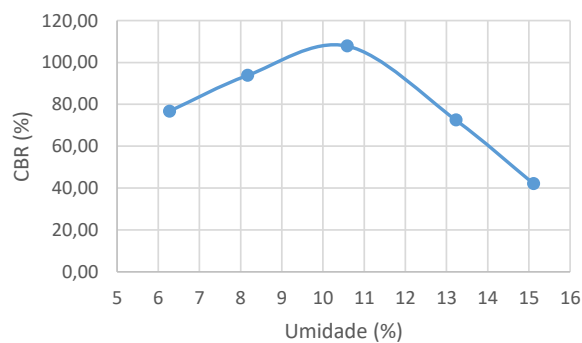
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	10,6
Densidade Máxima (kg/m ³)	2095
Expansão Média (%)	0,02
ISC/CBR Final (%)	107,8

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	154	1,54	
1,25	331	3,31	
2,5	483	4,83	70,00
5	794	7,94	76,71
7,5	939	9,39	
10	1041	10,41	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	171	1,71	
1,25	348	3,48	
2,5	592	5,92	85,80
5	971	9,71	93,82
7,5	1150	11,5	
10	1275	12,75	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	190	1,9	
1,25	365	3,65	
2,5	696	6,96	100,87
5	1116	11,16	107,83
7,5	1308	13,08	
10	1442	14,42	

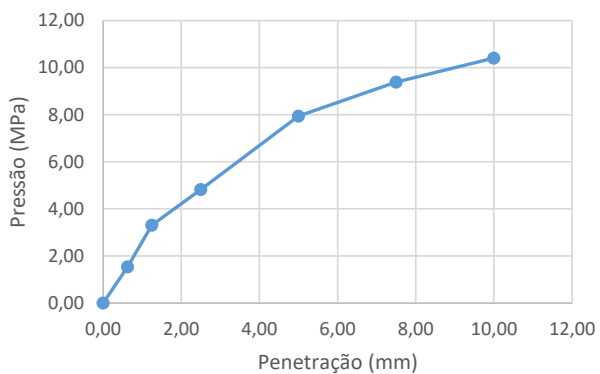
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	112	1,12	
1,25	224	2,24	
2,5	417	4,17	60,43
5	750	7,5	72,46
7,5	922	9,22	
10	1042	10,42	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	48	0,48	
1,25	106	1,06	
2,5	226	2,26	32,75
5	436	4,36	42,13
7,5	635	6,35	
10	774	7,74	

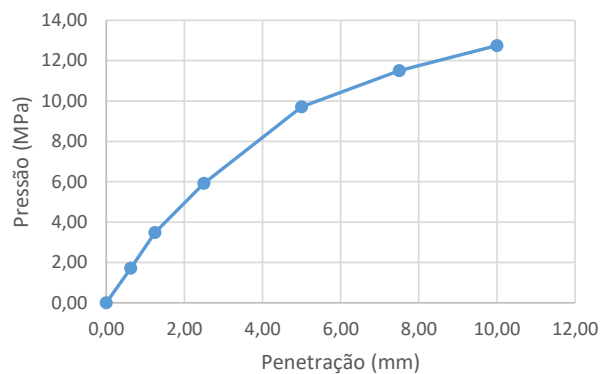
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
31	6,27	76,71	6,27	1950
6	8,17	93,82	8,17	2037
7	10,59	107,83	10,59	2094
5	13,23	72,46	13,23	2007
33	15,11	42,13	15,11	1938

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	31	6	7	5	33
Leitura Inicial	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Leitura Final	3,05	3,03	3,02	3,01	3,00
L.Final - L.Inicial	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00
Média (%)	0,02				

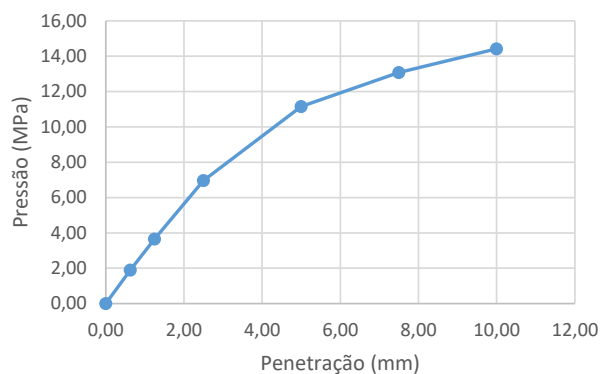
Pressão x Penetração 1



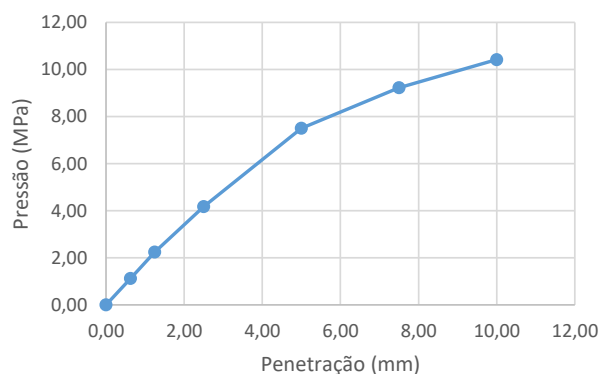
Pressão x Penetração 2



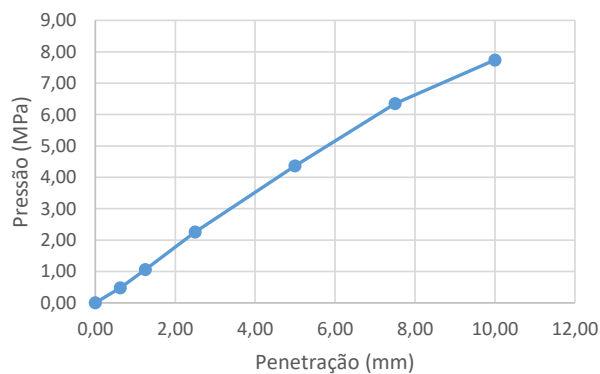
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010 - 75% BGS + 25% Solo Local	Ponto:	3% de Cimento
Data:	24/03/2022	Energia:	MODIFICADA

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	4	35	32	26	19
Solo + Água + Molde (g)	8785	9010	9295	9285	9270
Peso Molde (g)	4745	4695	4750	4720	4695
Peso Solo + Água (g)	4040	4315	4545	4565	4575
Volume Molde (cm ³)	2015	2015	1988	1953	1988
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	2005	2141	2286	2337	2301
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1889	1978	2070	2077	2006

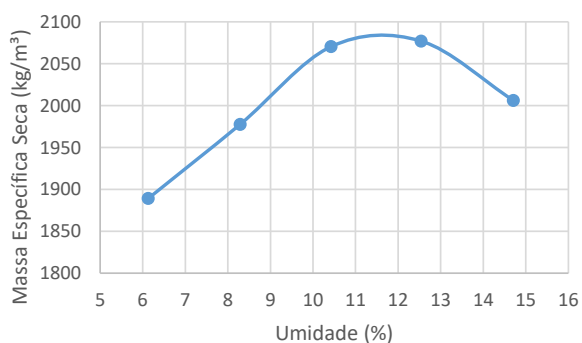
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	211	304	161	165	166	151	163	153	171	152
P. Solo Úm. + C. (g)	86,53	89,72	102,16	116,64	96,38	109,46	115,34	96,10	120,23	123,50
P. Solo S. + Cap. (g)	82,19	85,24	95,29	108,95	88,20	100,68	104,44	86,63	106,91	109,08
Peso Água (g)	4,34	4,48	6,87	7,69	8,18	8,78	10,90	9,47	13,32	14,42
Peso Cápsula (g)	11,82	11,70	13,83	14,49	12,00	13,87	13,71	14,12	13,65	13,73
P. Solo Seco (g)	70,37	73,54	81,46	94,46	76,20	86,81	90,73	72,51	93,26	95,35
Umidade (%)	6,17	6,09	8,43	8,14	10,73	10,11	12,01	13,06	14,28	15,12
Umid. Média (%)	6,13		8,29		10,42		12,54		14,70	

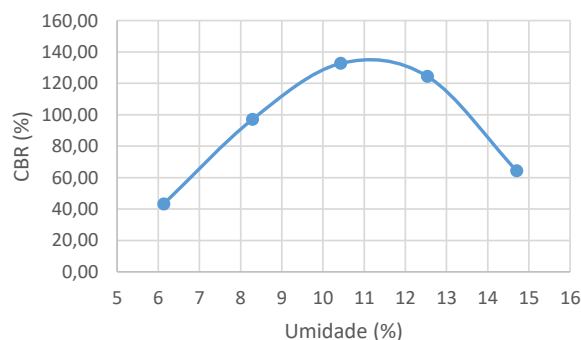
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	11,6
Densidade Máxima (kg/m ³)	2075
Expansão Média (%)	0,02
ISC/CBR Final (%)	135,0

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	74	0,74	
1,25	138	1,38	
2,5	252	2,52	36,52
5	447	4,47	43,19
7,5	586	5,86	
10	683	6,83	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	186	1,86	
1,25	337	3,37	
2,5	670	6,7	97,10
5	939	9,39	90,72
7,5	1026	10,26	
10	1087	10,87	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	160	1,6	
1,25	318	3,18	
2,5	684	6,84	99,13
5	1373	13,73	132,66
7,5	1856	18,56	
10	2194	21,94	

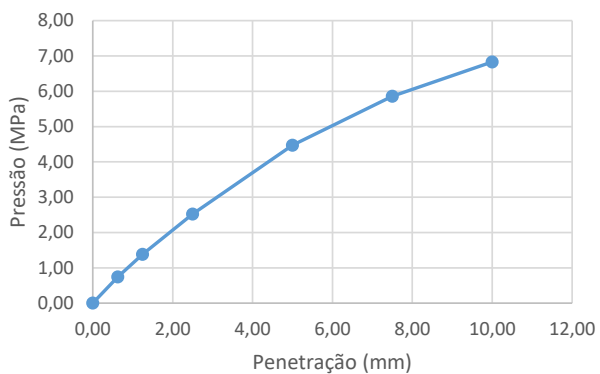
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	231	2,31	
1,25	425	4,25	
2,5	702	7,02	101,74
5	1288	12,88	124,44
7,5	1676	16,76	
10	1948	19,48	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	93	0,93	
1,25	208	2,08	
2,5	402	4,02	58,26
5	666	6,66	64,35
7,5	912	9,12	
10	1084	10,84	

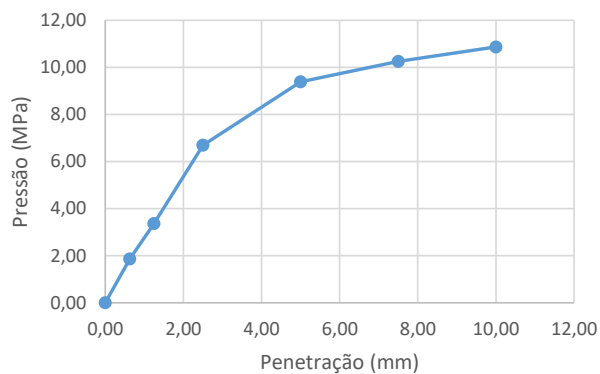
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
4	6,13	43,19	6,13	1889
35	8,29	97,10	8,29	1978
32	10,42	132,66	10,42	2070
26	12,54	124,44	12,54	2077
19	14,70	64,35	14,70	2006

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	4	35	32	26	19
Leitura Inicial	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Leitura Final	3,06	3,03	3,02	3,01	3,01
L.Final - L.Inicial	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01
Média (%)	0,02				

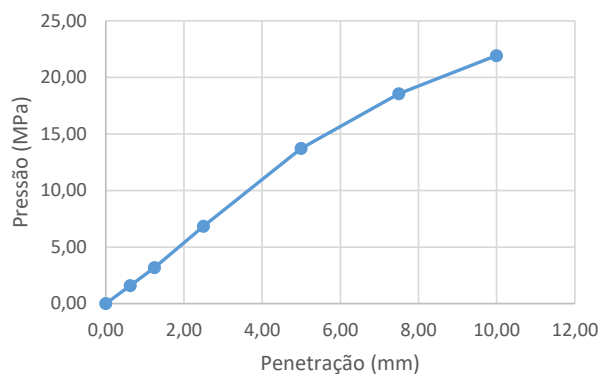
Pressão x Penetração 1



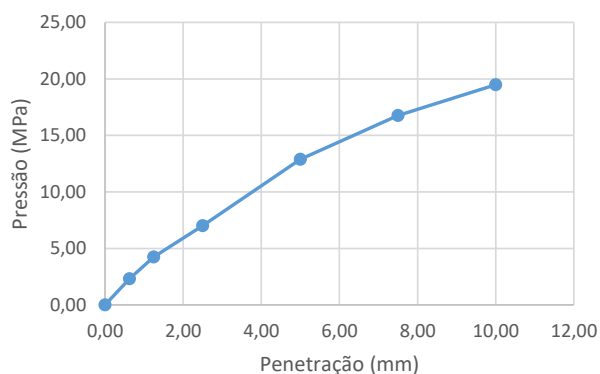
Pressão x Penetração 2



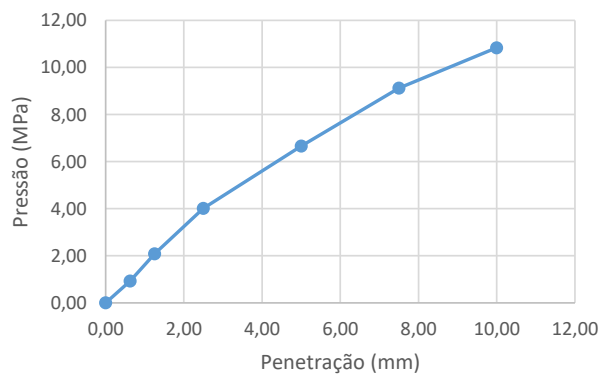
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5



ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - ISC/CBR

Local:	DF 010 - 75% BGS + 25% Solo Local	Ponto:	4% de Cimento
Data:	24/03/2022	Energia:	MODIFICADA

DADOS DO ENSAIO

Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm:	6,9	MPa
Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm:	10,35	MPa
Diâmetro da base do pistão:	4,96	cm
Área da base do pistão:	19,32	cm ²
Constante da prensa:	0,01	MPa/div

CÁLCULO DO PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA

Nº Molde	3	25	10	57	37
Solo + Água + Molde (g)	8520	9745	9080	9480	9400
Peso Molde (g)	4605	5515	4620	4810	4745
Peso Solo + Água (g)	3915	4230	4460	4670	4655
Volume Molde (cm ³)	1997	2015	1997	1988	1970
Dens. Solo Úmido (kg/m ³)	1960	2099	2233	2349	2363
Dens. Solo Seco (kg/m ³)	1851	1950	2040	2104	2079

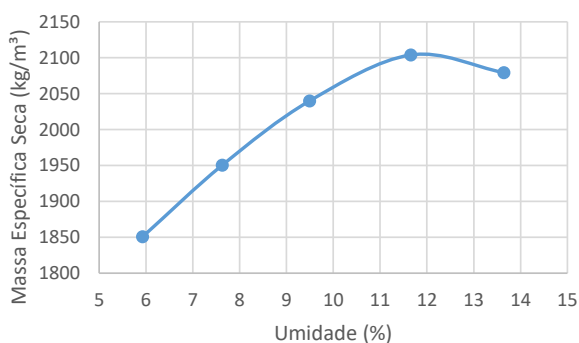
CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA

Nº Cápsula	403	405	146	142	157	156	169	154	145	138
P. Solo Úm. + C. (g)	85,72	87,80	113,17	125,43	95,87	105,14	105,56	99,27	109,18	115,56
P. Solo S. + Cap. (g)	81,46	83,52	106,14	117,60	88,73	97,26	96,09	90,13	97,85	103,25
Peso Água (g)	4,26	4,28	7,03	7,83	7,14	7,88	9,47	9,14	11,33	12,31
Peso Cápsula (g)	10,56	10,33	14,72	14,17	13,61	14,12	13,21	13,23	13,85	14,05
P. Solo Seco (g)	70,90	73,19	91,42	103,43	75,12	83,14	82,88	76,90	84,00	89,20
Umidade (%)	6,01	5,85	7,69	7,57	9,50	9,48	11,43	11,89	13,49	13,80
Umid. Média (%)	5,93		7,63		9,49		11,66		13,64	

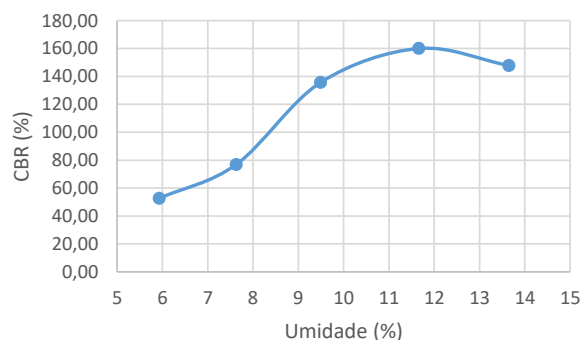
RESUMO DOS RESULTADOS

Umidade Ótima (%)	11,7
Densidade Máxima (kg/m ³)	2104
Expansão Média (%)	0,01
ISC/CBR Final (%)	160,0

Densidade x Umidade



CBR x Umidade



DADOS DE PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Penet. 1 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	42	0,42	
1,25	126	1,26	
2,5	272	2,72	39,42
5	545	5,45	52,66
7,5	692	6,92	
10	796	7,96	

Penet. 2 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	84	0,84	
1,25	210	2,1	
2,5	503	5,03	72,90
5	796	7,96	76,91
7,5	1153	11,53	
10	1404	14,04	

Penet. 3 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	272	2,72	
1,25	524	5,24	
2,5	901	9,01	130,58
5	1404	14,04	135,65
7,5	1844	18,44	
10	2159	21,59	

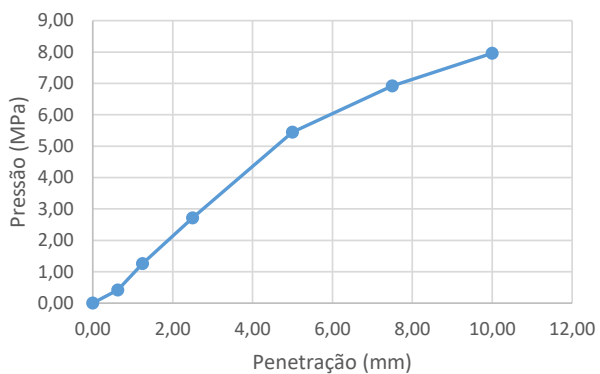
Penet. 4 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	272	2,72	
1,25	524	5,24	
2,5	985	9,85	142,75
5	1656	16,56	160,00
7,5	2264	22,64	
10	2683	26,83	

Penet. 5 (mm)	Leitura (div)	Pressão Calculada (MPa)	CBR (%)
0	0	0	
0,63	272	2,72	
1,25	503	5,03	
2,5	922	9,22	133,62
5	1530	15,3	147,83
7,5	1991	19,91	
10	2306	23,06	

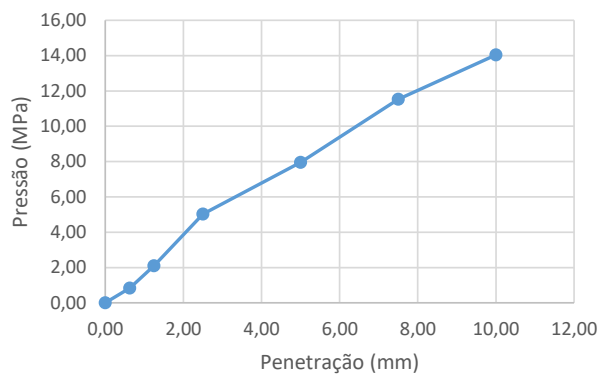
Ponto	Umidade	C.B.R.	Umidade	Dens. S.
	(%)	(%)	(%)	kg/m ³
3	5,93	52,66	5,93	1851
25	7,63	76,91	7,63	1950
10	9,49	135,65	9,49	2040
57	11,66	160,00	11,66	2104
37	13,64	147,83	13,64	2079

ENSAIO DE EXPANSÃO					
Nº Molde	3	25	10	57	37
Leitura Inicial	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Leitura Final	3,04	3,02	3,01	3,00	3,00
L.Final - L.Inicial	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
Altura cilindro	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
(LF-LI) / Altura (%)	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
Média (%)	0,01				

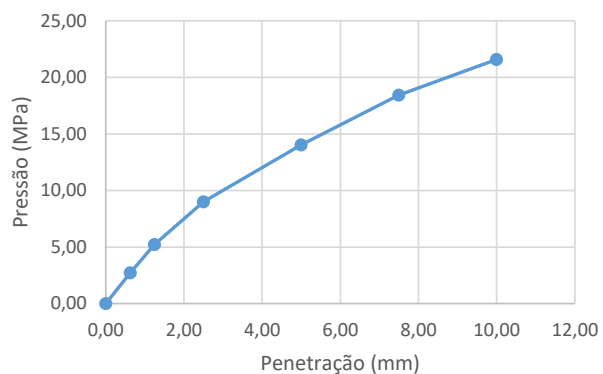
Pressão x Penetração 1



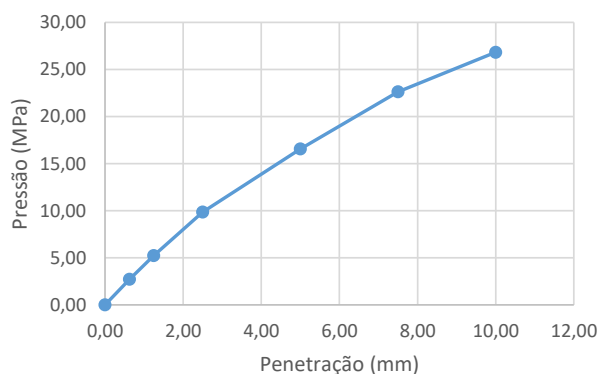
Pressão x Penetração 2



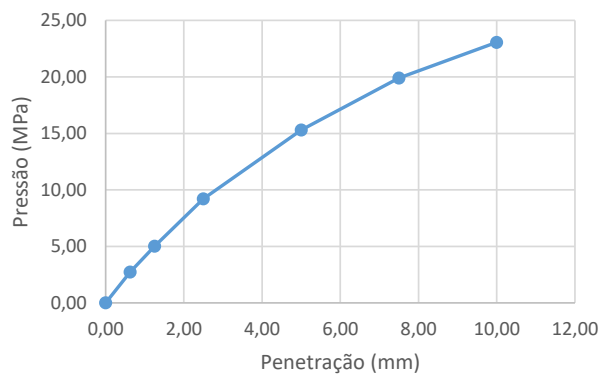
Pressão x Penetração 3



Pressão x Penetração 4



Pressão x Penetração 5





Anexo 4 – Ficha Resumo de Soluções

FICHA RESUMO DE SOLUÇÕES - Trecho DF-010 – Trecho de ligação entre o Setor Militar e a via EPIA

Rodovia/Via:	003 (EPIA)	UF:	DF	Pista	Material	Espessura
Segmento:	do km 0,00	ao km	1,86	Revestimento	CBUQ	4,50 cm
Pista:	1,86 km	Nº de faixas	2	Acostamento	Material	
		Faixas:	3,7 kmf	Revestimento	-	
				Degrau Médio	- (cm)LE	- (cm)LD

Data: out/21

IGG:	167	H reforço (cm):	18,00 (Mecanístico)	VMD:	1474 veíc./dia	N (USACE):	2,7E+07
Dp	115,7 x10 ⁻² mm	Dadm	50,40 x10 ⁻² mm	VMDc:	1202 veíc./dia		

Fotos

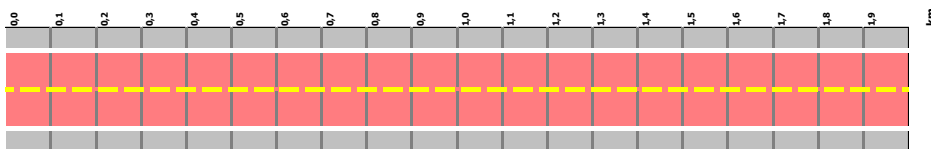


Solução

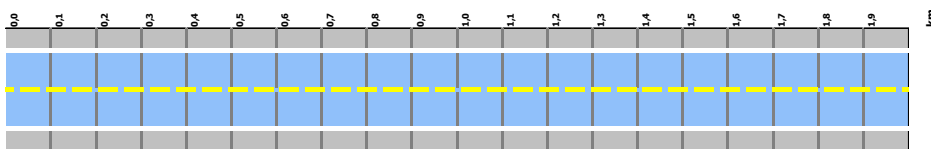
Pista de Rolamento				Acostamentos	
ST	-	RL	X	RP	-
Prelim.	FR 100%		3 cm	Final	- cm
Final	CBUQ C		18,0 cm	Retornos/Faixa Aceleração e Desaceleração	
				Final	- cm

Linear de Soluções

Soluções Preliminares



Soluções Finais



Legenda de soluções

 CBUQ fx. C	 FR - Fresagem e Recomp. com CBUQ fx. C
--	--

Projeto: maio/22



Anexo 5 – Plantas



LEGENDAS:

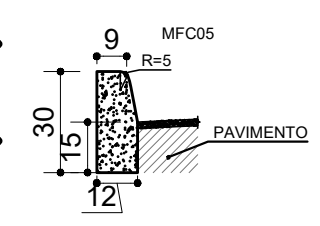
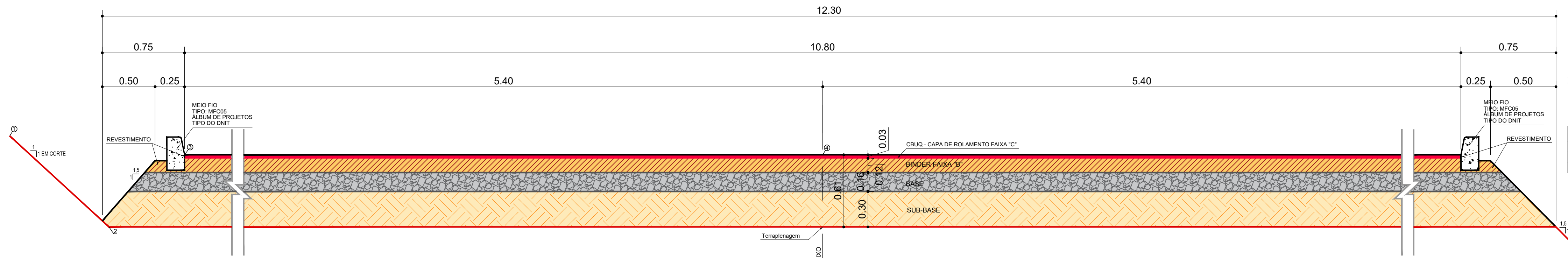
- PAVIMENTO NOVO
- PAVIMENTO RESTAURAÇÃO
- PAVIMENTO À DEMOLIR
- TRECHO DE SUBSTITUIÇÃO DO SUBLEITO

Nº	DISCRIMINAÇÃO DAS REVISÕES	DATA
01	-	-
02	-	-
03	-	-
04	-	-
05	-	-
06	-	-

CONFERIDO	APROVADO	VISTO
-----------	----------	-------

	TÍTULO/ESPECIFICAÇÃO DO DOCUMENTO		
	ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO DE IMPLANTAÇÃO E DUPLICAÇÃO DA RODOVIA DF-010		
ETAPA DE PROJETO EXECUTIVO	LOCAL BRASILIA	PROJETO FABIO NODARI	
ESCALA 1:7500	TRECHO/SUBTRECHO DF-010	CALCULO THIAGO NOVAIS	
FOLHA 01/02	ESPECIALIDADE/SUBESPECIALIDADE PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	DESENHO FLÁVIO LOBÃO	
REVISÃO 00	CÓDIGO 2103-PAV-EX-001-R00	DATA MAIO/2022	

SEÇÃO TIPO DO PAVIMENTO PROPOSTO

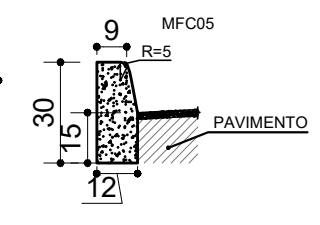
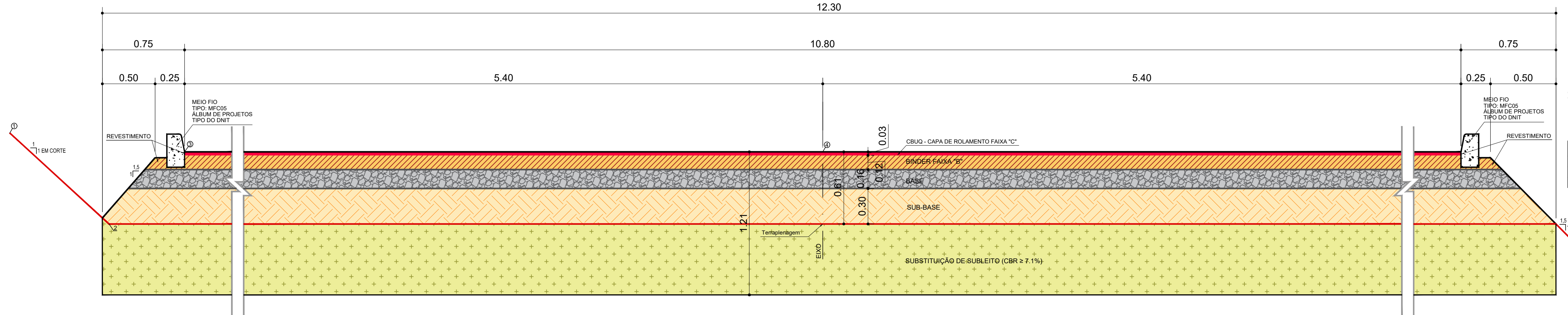


CONSUMOS MÉDIOS	
ESCAVAÇÃO	43,05m³/m²
CONCRETO R18 - 11 MPa	0,034m³/m²
FORMAS DE MADEIRA COMUM	0,63m³/m²

ESTRUTURA PROPOSTA PARA O PAVIMENTO		
CAMADA	ESPESSURA (cm)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
CBUQ - CAPA DE ROLAMENTO (FAIXA 'C')	3	CAF 5070 (DNIT 031/2005) Quilograma por litro = 1,30% (ENRAME 03) Índice de Forma = 0,5 (DNIT 42/2002-ME) Quilograma por litro = 1% (ENRAME 04) Equivalente de areia = 2,0% (ENRAME 04) Porcentagem de água = 24,0% (ENRAME 04) Índice de Absorção = 1,0 (ENRAME 04) Quilograma por litro = 1,0 (ENRAME 04) Resistência à Tração por Compressão Diâmetro estática a 20°C, mínima = 0,05 MPa (ENRAME 138)
PINTURA DE LIGAÇÃO	-	Emulsão asfáltica RR-2C
BINDER (FAIXA 'B')	12	Porcentagem de Viscosidade = 4 a 6% (ENRAME 04) Plastificação por Viscosidade = 10 a 17% (ENRAME 04) Quilograma por litro = 0,05% (ENRAME 04) Resistência à Tração por Compressão Diâmetro estática a 20°C, mínima = 0,05 MPa (ENRAME 138)
IMPRIMAÇÃO	-	Emulsão asfáltica imprimeante - EA
BASE (ROLAMENTO - B05 - 2% DE CIMENTO)	16	CEM-SP, ET-CE-PIGROSSO CBR = 100% Espargido = 0,3% Energia de Compactação: Proctor Modificado
SUB-BASE (R04 COM ADIÇÃO DE 4% DE CAL)	30"	Novo DNIT 42/2019 - ES Índice de Grupo = 0 CBR = 80% Espargido = 1% Energia de Compactação: Proctor Intermediário
SUBLEITO (R04 USUAL)	-	DNIT 108/2009-ES DNIT 103/2010-ES CBR = 7,1% Espargido = 1% Energia de Compactação: Proctor Normal

- OBSERVAÇÕES
- 1 - DESENHO SEM ESCALA (SECCIONADO)
 - 2 - PONTOS FORNECIDOS NA NOTA DE SERVIÇO, MODELO DO IPDF, ESTÃO INDICADOS COM O
 - 3 - NOS TRECHOS COM SUPERELEVÇÃO, AS DECLIVIDADES DA SEÇÃO, SERÃO, CONFORME A NOTA DE SERVIÇO.
 - 4 - VALORES EM METROS

SEÇÃO TIPO DO TRECHO COM SUBSTITUIÇÃO DO SUBLEITO EIXO 1 ESTACA 52+05 A 54+04



CONSUMOS MÉDIOS	
ESCAVAÇÃO	43,05m³/m²
CONCRETO R18 - 11 MPa	0,034m³/m²
FORMAS DE MADEIRA COMUM	0,63m³/m²

DEFLEXÕES ADMISSÍVEIS A SEREM ATENDIDAS DURANTE A EXECUÇÃO - PAVIMENTO NOVO		
CAMADA	ORDEM CONSTRUTIVA	DEFLEXÃO ADMISSÍVEL
CBUQ - CAPA DE ROLAMENTO	CAMADA ÚNICA DE 3 cm	44,8 x 10 ⁻³ mm
	SEGUNDA CAMADA DE 6 cm	50,8 x 10 ⁻³ mm
CBUQ - BINDER	PRIMEIRA CAMADA DE 6 cm	61,3 x 10 ⁻³ mm
	CAMADA ÚNICA DE 16 cm	72,0 x 10 ⁻³ mm
BASE	SEGUNDA CAMADA DE 15 cm	100,0 x 10 ⁻³ mm
	PRIMEIRA CAMADA DE 15 cm	130,0 x 10 ⁻³ mm
SUBLEITO	-	146,0 x 10 ⁻³ mm

DEFLEXÕES ADMISSÍVEIS A SEREM ATENDIDAS DURANTE A EXECUÇÃO - RESTAURAÇÃO		
CAMADA	ORDEM CONSTRUTIVA	DEFLEXÃO ADMISSÍVEL
CBUQ - Capa de Rolamento	CAMADA ÚNICA DE 6 cm	38,4 x 10 ⁻³ mm
	CAMADA ÚNICA DE 6 cm	47,4 x 10 ⁻³ mm
	CAMADA ÚNICA DE 6 cm	61,4 x 10 ⁻³ mm
	Camada existente de 4,5 cm	80,9 x 10 ⁻³ mm
BASE	Topo da camada existente	98,2 x 10 ⁻³ mm
SUB-BASE	Topo da camada existente	144,0 x 10 ⁻³ mm
SUBLEITO	Topo da camada existente	146,0 x 10 ⁻³ mm

EIXOS	ÁREA DE PAVIMENTAÇÃO
EIXO 1	73.881,8249 m²
EIXO 2	69.056,1195 m²
EIXO 3	3.242,0782 m²
EIXO 4	1.194,2230 m²
EIXO 5	6.834,3953 m²
PAVIMENTO A RESTAURAR	30.226,9210 m²
SUBSTITUIÇÃO DE SUBLEITO	2.160,7128 m²
PAVIMENTO A DEMOLIR	3.128,0740 m²

- OBSERVAÇÕES
- 1 - DESENHO SEM ESCALA (SECCIONADO)
 - 2 - PONTOS FORNECIDOS NA NOTA DE SERVIÇO, MODELO DO IPDF, ESTÃO INDICADOS COM O
 - 3 - NOS TRECHOS COM SUPERELEVÇÃO, AS DECLIVIDADES DA SEÇÃO, SERÃO, CONFORME A NOTA DE SERVIÇO.
 - 4 - VALORES EM METROS

LEGENDAS:

- CBUQ - CAPA DE ROLAMENTO FAIXA 'C'
- BINDER FAIXA 'B'
- BASE
- SUB-BASE
- SUBSTITUIÇÃO DE SUBLEITO (CBR ≥ 7.1%)

OBS: PAVIMENTO A RESTAURAR - VER ANEXO 4 - FICHA RESUMO DE SOLUÇÕES

FUNÇÃO	NOME	CREA/CAU	ASSINATURA
COORDENAÇÃO GERAL	FÁBIO ARAÚJO NODARI	CREA RS 78091/D	
REVISÃO	THIAGO PEIXOTO NOVAIS	CREA MG 147293/D	
ELABORAÇÃO/REVISÃO	ZÉLIA SILVEIRA D'AZEVEDO	CREA RS 74693/D	
ELABORAÇÃO	JORDAN PAULO MEROS	CAU AS5153-B	

Nº	DISCRIMINAÇÃO DAS REVISÕES	DATA
01	-	-
02	-	-
03	-	-
04	-	-
05	-	-
06	-	-

	TÍTULO/ESPECIFICAÇÃO DO DOCUMENTO		
	ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO DE IMPLANTAÇÃO E DUPLICAÇÃO DA RODOVIA DF-010		
ETAPA DE PROJETO EXECUTIVO	LOCAL: BRASILIA	PROJETO: FÁBIO NODARI	
ESCALA: SEM ESCALA	TRECHO/SUBTRECHO: THIAGO NOVAIS	CÁLCULO: THIAGO NOVAIS	
FOLHA: 02/02	ESPECIALIDADE/SUBESPECIALIDADE: PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	DESENHO: FLÁVIO LOBÃO	
REVISÃO: 00	CÓDIGO: 2103-PAV-EX-002-R00	DATA: JUNHO/2022	