



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CAMPUS II - CAMPINA GRANDE

**AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTO ATRAVÉS DE ENSAIO
PRESSIOMÉTRICO, ENSAIO DE PLACA E CBR "IN SITU" EM TRECHO
RODOVIÁRIO NO ESTADO DE ALAGOAS**

JOSÉ MENDES SANTANA

CAMPINA GRANDE

1998

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE**

**AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTO ATRAVÉS DE ENSAIO
PRESSIOMÉTRICO, ENSAIO DE PLACA E CBR "IN SITU" EM TRECHO
RODOVIÁRIO NO ESTADO DE ALAGOAS**

José Mendes Santana

**Campina Grande
Março - 1998**

**AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTO ATRAVÉS DE
ENSAIO PRESSIOMÉTRICO, ENSAIO DE PLACA E CBR "IN SITU"
EM TRECHO RODOVIÁRIO NO ESTADO DE ALAGOAS**

POR

JOSÉ MENDES SANTANA

**DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba –
Campus II – Campina Grande, como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil


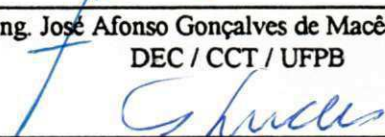
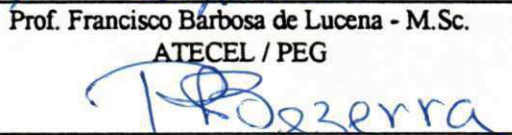
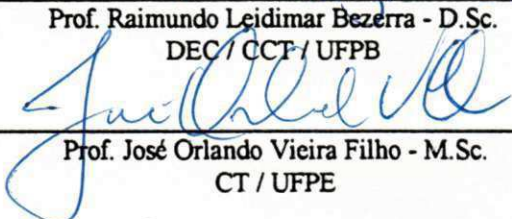
**Campina Grande – Paraíba
Março/98**

**AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTO ATRAVÉS DE
ENSAIO PRESSIOMÉTRICO, ENSAIO DE PLACA E CBR "IN SITU"
EM TRECHO RODOVIÁRIO NO ESTADO DE ALAGOAS**

JOSÉ MENDES SANTANA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – CAMPUS II –
CAMPINA GRANDE, COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM ENGENHARIA CIVIL

Aprovada por:

 _____ Eng. José Afonso Gonçalves de Macêdo - D.Sc. DEC / CCT / UFPB	Orientador
 _____ Prof. Francisco Barbosa de Lucena - M.Sc. ATECEL / PEG	Orientador
 _____ Prof. Raimundo Leidimar Bezerra - D.Sc. DEC / CCT / UFPB	Examinador Interno
 _____ Prof. José Orlando Vieira Filho - M.Sc. CT / UFPE	Examinador Externo

**Campina Grande – Paraíba
Março/98**

SANTANA, JOSÉ MENDES

Avaliação Estrutural de Pavimento através de Ensaio Pressiométrico, Ensaio de Placa e CBR "In Situ" em Trecho Rodoviário no Estado de Alagoas. [Paraíba] 1998.

XVIII, 253 p. 29,7 cm (PÓS-GRADUAÇÃO/UFPB, MSc., Engenharia Civil, 1998).

Dissertação – Universidade Federal da Paraíba – Campus II, Campina Grande, PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL.

1. Avaliação Estrutural de Pavimento / Ensaios "In Situ".

I. PÓS-GRADUAÇÃO/UFPB.

II. Título (série).

Aos meus pais

Manuel Ferreira de Santana
e
Zorilda Mendes Santana
(in memoriam)

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram para a execução das etapas de campo, laboratório e escritório deste trabalho, especialmente:

- Aos professores José Afonso Gonçalves de Macedo e Francisco Barbosa de Lucena, pelo apoio e orientação durante a realização do trabalho;
- Ao Eng. Fiscal de Obra DER/AL, Newton Alves de Alcântara, pela colaboração durante a execução do trabalho;
- Aos Engenheiros José João da Rocha e Osvaldo Espírito Santo Tanajura Júnior, da Construtora e Pavimentadora Sérvia Ltda., pelo apoio na execução dos ensaios;
- Ao Eng. José Orlando Vieira Filho, pela presteza no fornecimento do material didático;
- Ao Eng. Roberes Ramos de Almeida pela contribuição na execução dos ensaios de campo;
- Aos Laboratoristas da Construtora e Pavimentadora Sérvia Ltda., pela colaboração na execução dos ensaios de laboratório;
- Ao Centro de Tecnologia da UFPB – Campus II, através de seus laboratórios de Solos I e II e dos respectivos funcionários, pela dedicada contribuição nos ensaios de laboratório;
- Ao Centro de Tecnologia da UFPB – Campus II, através de seu laboratório de Mecânica, pela valiosa contribuição de seus funcionários no conserto de aparelhos;
- Ao colega Ádney José Duarte de Souza, pela dedicada paciência ao longo da digitação do trabalho;
- Aos desenhistas Dorgival Nunes dos Santos e Maria Lúcia do Nascimento Guedes;
- Aos professores, funcionários e colegas do curso de Mestrado, pelo incentivo acadêmico;
- Ao DER/AL, CNPq e ATECEL, pela indispensável ajuda financeira no desenvolvimento da pesquisa;
- À Construtora e Pavimentadora Sérvia Ltda., pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à UFPB/ CAMPUS II/ CAMPINA GRANDE, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre de Engenharia Civil.

AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTO ATRAVÉS DE ENSAIO PRESSIOMÉTRICO, ENSAIO DE PLACA E CBR "IN SITU" EM TRECHO RODOVIÁRIO NO ESTADO DE ALAGOAS

José Mendes Santana

Março, 1998

Orientadores: Eng. José Afonso Gonçalves de Macêdo - D.Sc./UFPB

Prof. Francisco Barbosa de Lucena - M.Sc./UFPB

Neste trabalho são apresentados os resultados de ensaios efetuados "in situ" utilizando-se o pressiômetro de Briaud, Prova de Carga sobre Placas e CBR, e ensaios de laboratório, objetivando analisar comparativamente os resultados obtidos nos diferentes ensaios para avaliar estruturalmente as camadas constituintes do pavimento.

É apresentada inicialmente uma revisão bibliográfica dando-se ênfase principalmente aos procedimentos teóricos para interpretações dos ensaios, descrição dos equipamentos e metodologia de utilização.

A seguir é dada uma visão geral, envolvendo as características ambientais da região onde se localiza a rodovia, objeto da pesquisa, bem como a sistemática empregada na caracterização e definição dos parâmetros de resistência e deformabilidade dos materiais encontrados nas camadas do pavimento.

Os resultados obtidos "in situ" envolvendo 79 (setenta e nove) ensaios de CBR, 46 (quarenta e seis) provas de carga sobre placas e 56 (cinquenta e seis) ensaios pressiométricos permitiram uma avaliação do comportamento do pavimento sob ponto de vista qualitativo.

Finalmente, foram obtidas significativas correlações entre os parâmetros resultantes do CBR, ensaios de placa e pressiométricos.

Abstract of the Dissertation presented to the Federal University of Paraíba at Campina Grande, as partial fulfillment of the degree of M.Sc. in Civil Engineering.

**STRUCTURAL EVALUATION OF PAVEMENT THROUGH
PRESSUREMETER TESTS, PLATE-LOADING TESTS AND CBR " IN SITU "
IN A HIGHWAY'S SPACE IN THE STATE OF ALAGOAS**

José Mendes Santana

March, 1998

Supervisors: José Afonso Gonçalves de Macêdo - D.Sc./UFPB

Francisco Barbosa de Lucena - M.Sc./UFPB

In this work are presented the results made "in situ" and laboratory essays, using the Pressuremeter of Briaud, Plate-loading tests and CBR, objectifying to analyze the results obtained in the different essays to proceed a structural evaluation of the constituent layers of the pavement.

It is presented a preliminary bibliographical revision being given emphasis mainly to the theoretical procedures for interpretations of the experiments, description of the equipments and use methodology.

Next a general vision was carried out, involving the environmental characteristics of the area where the highway, object of the research, is located as well as the systematic used in the characterization and definition of the resistance and strain parameters of the materials found in the layers of the pavement.

The obtained results "in situ" involving 79 (seventy nine) essays of CBR, 46 (forty six) load tests on plates and 56 (fifty six) pressuremeter tests allowed an evaluation of the behavior of the pavement under qualitative viewpoint.

Finally, they were obtained significant correlations among the resulting parameters of CBR, plate-loading and pressuremeter tests.

SUMÁRIO

Dedicatória	IV
Agradecimentos	V
Resumo	VI
Abstract	VII
Lista de Tabelas	XI
Lista de Figuras	XIII
Simbologia e Nomenclatura	XVI
CAPÍTULO 1 – Introdução e Objetivos	1
1.1 Introdução	1
1.2 Objetivos	2
CAPÍTULO 2 – Revisão Bibliográfica	3
2.1. Introdução	3
2.2. Ensaio CBR “in situ”.....	3
2.2.1. Generalidades	3
2.2.2. O Ensaio do CBR na Pavimentação	3
2.2.2.1. Princípio Básico do Ensaio de CBR	4
2.2.2.2. Fatores que Influenciam nos Resultados	5
2.2.3. Correlações e Limitações do Ensaio CBR	5
2.3. Ensaio de Prova de Carga sobre Placas.....	6
2.3.1. Generalidades	6
2.3.2. O Ensaio de Placa na Pavimentação	7
2.3.2.1. Descrição do Equipamento	7
2.3.2.2. Interpretação dos Resultados Obtidos no Ensaio de Placa	8
2.3.2.3. Correção do Módulo de Reação nas Provas de Carga	10
2.3.2.4. Fatores que Influenciam nos Resultados do Ensaio de Placas	13
2.3.3. A Prova de Carga	14
2.3.4. Correlações e Limitações	16
2.4. O Ensaio Pressiométrico	17
2.4.1. Generalidades	17
2.4.2. O Pressiômetro na Pavimentação	20
2.4.2.1. Descrição do Equipamento	20
2.4.2.2. Execução do Ensaio	22
2.4.2.3. Diferenças entre Engenharia de Pavimento e de Fundações	22
2.4.2.4. Requisitos para o Pressiômetro de Pavimentação.....	23
2.4.3. Fatores que Influenciam no Ensaio Pressiométrico	23
2.4.3.1. Preparação do Furo	23
2.4.3.2. Método de Inserção da Sonda	29
2.4.3.3. Resultados Obtidos no Ensaio Pressiométrico	35
2.4.4. Interpretação do Ensaio Pressiométrico	36
2.4.4.1. Módulo Pressiométrico	36
2.4.4.2. Pressão Limite	40
2.4.5. Ciclo de Carregamento e Descarregamento	41
2.4.6. Vantagens e desvantagens do Ensaio Pressiométrico	42
2.4.7. Correlações e Limitações do Ensaio Pressiométrico	45

CAPÍTULO 3 – O Campo Experimental e a Metodologia Empregada	46
3.1 Introdução	46
3.2 A Rodovia AL-205 União dos Palmares/Santana do Mundaú	45
3.3 Metodologia da Pesquisa	48
3.4 Caracterização da Região	50
3.4.1 Localização da Rodovia	50
3.4.2 Clima	50
3.4.3 Pluviometria	50
3.4.4 Relevo	51
3.4.5 Aspectos Geomorfológicos e Pedológicos	51
3.5 Projeto de Pavimentação	53
3.5.1 Estudo do Tráfego	53
3.5.2 Estudo Geotécnico	53
3.5.3 O Subleito do Projeto	54
3.5.4 As Jazidas do Projeto	54
3.5.5 Dimensionamento do Pavimento	54
3.6 Caracterização Geotécnica das Camadas constituintes do Pavimento	55
3.6.1 Coleta de Amostras	55
3.6.2 Ensaio de Laboratório	56
3.6.3 Ensaio “in situ”	56
3.6.3.1 Umidade Natural	56
3.6.3.2 Massa Específica Aparente Seca “in situ”	56
3.6.3.3 Ensaio de CBR “insitu”	56
3.6.3.4 Prova de Carga sobre Placas	57
3.6.3.5 Ensaio Pressiométrico	60
CAPÍTULO 4 – Apresentação e Discussão dos Resultados	64
4.1 Introdução	64
4.2 Apresentação dos Resultados	64
4.3 Análise do Sub-leito	65
4.3.1. Análise de Correlação no Subleito	69
4.3.2. Relacionamento entre Módulo de Reação e CBR “in situ”	69
4.3.3. Relacionamento entre Módulo de Reação e CBR de Laboratório	72
4.3.4. Relacionamento entre Pressão Limite e CBR “in situ”	75
4.3.5. Outras Comparações	77
4.4. Análise da Sub-base	78
4.4.1 Análise de Correlação na Sub-base	88
4.4.2 Relacionamento entre Pressão Limite e CBR de Laboratório	88
4.4.3 Relacionamento entre Módulo de Reação e CBR “in situ”	89
4.4.4 Relacionamento entre Pressão Limite e CBR “in situ”	91
4.4.5 Outras Comparações	92
4.5 O Sistema Sub-base/Subleito	93
4.5.1 Outras Comparações	95
4.6 Análise da Base	99
4.6.1 Correlações obtidas na Base	105

CAPÍTULO 5 – Conclusões e Sugestões para Novas Pesquisas	107
5.1 Introdução	107
5.2 Conclusões	107
5.3 Sugestões.....	109
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
 ANEXO A – Resultados dos Ensaios "in situ" no Subleito	114
ANEXO B – Resultados dos Ensaios "in situ" na Sub-base	143
ANEXO C – Resultados dos Ensaios "in situ" na Base	216
ANEXO D – Descrição do Ensaio com Pressiômetro de Briaud Modelo 32/35	247

LISTA DE TABELAS

NÚMERO	PÁGINA
01 – Valores de k sugeridos pela PCA (Souza e Thomaz, 1982)	16
02 – Diferenças entre Engenharia de Pavimento e a Engenharia de Fundações	23
03 – Diretrizes para Escolha do Método de Preparação do Furo (Briaud, 1992)	28
04 – Valores Obtidos de Ensaio Pressiométrico Realizado na Universidade de Houston para Argila (Briaud, 1992)	31
05 – Valores Obtidos de Ensaio Pressiométrico Realizado na Universidade de Texas para Argila (Briaud, 1992)	32
06 – Valores Obtidos de Ensaio Pressiométrico Realizado na Universidade de Houston para Areia (Briaud, 1992)	33
07 – Valores Obtidos de Ensaio Pressiométrico Realizado na Universidade de Texas para Areia (Briaud, 1992)	34
08 – Comparação entre Falling Weight Deflectometer (FWD), Pressiômetro e Ensaio Tiaxial Cíclico (Briaud, 1992)	44
09 – Resumo dos Ensaios Realizados	49
10 – Dados Pluviométricos	51
11 – Características das Camadas do Pavimento em Estudo	55
12 – Métodos de Ensaios	56
13 – Resultados do Ensaio Geotécnicos de Laboratório e “in situ” do Subleito	66
14 – Parâmetros Estatísticos Referentes aos Ensaios e Classificação Correspondente às Características Médias dos Materiais Constituintes do Subleito da Rodovia AL-205 (realizados durante o ano de 1995)	67
15 – Resultados Obtidos no Subleito Comparados a Valores Encontrados nas Referências Pesquisadas	68
16 – Valores de CBR “in situ” × Módulo de Reação do Subleito	69
17 – Valores de k Obtidos no Campo e por Correlação em Função do CBR “in situ” do Subleito Analisado	71
18 – Valores de CBR_{LAB} × Módulo de Reação do Subleito	72
19 – Valores de k Obtidos por Correlação em Função do CBR de Laboratório do Subleito Analisado e Comparação dos Resultados Obtidos com Outros Estudos (Silva, 1985; DNER, 1989)	73

NÚMERO	PÁGINA
20 – Valores de $P_L \times CBR_{IN\ SITU}$ do Subleito	75
21 – Valores de CBR “in situ” Obtidos por Correlação em Função da Pressão Limite do Subleito Analisado	76
22 – Resultados do Ensaio Geotécnicos de Laboratório e “in situ” da Sub-base	79
23 – Parâmetros Estatísticos Referentes aos Ensaio e Classificação Correspondente às Características Médias dos Materiais Constituintes da Sub-base da Rodovia AL-205 (realizados durante o ano de 1997)	83
24 – Resultados Obtidos na Sub-base Comparados a Valores Encontrados nas Referências Pesquisadas	85
25 – Valores de $CBR_{LAB} \times P_L$ da Sub-base	88
26 – Valores de $CBR_{IN\ SITU} \times$ Módulo de Reação da Sub-base	90
27 – Valores do Módulo de Reação da Sub-base Obtidos no Campo e por Correlação	90
28 – Valores de $P_L \times CBR_{IN\ SITU}$ da Sub-base	91
29 – Valores de K_{SL} e K_{SB} das Camadas do Subleito e Sub-base	94
30 – Resultados do Ensaio Geotécnicos de Laboratório e “in situ” da Base	100
31 – Parâmetros Estatísticos Referentes aos Ensaio e Classificação Correspondente às Características Médias dos Materiais Constituintes do Base da Rodovia AL-205 (realizados durante o ano de 1997)	103
32 – Resultados Obtidos na Base Comparados a Valores Encontrados nas Referências Pesquisadas	104

LISTA DE FIGURAS

NÚMERO	PÁGINA
01 – Curva Pressão em Função do Recalque (Souza, 1980)	9
02 – Curva Pressão em Função do Recalque (Road Research Laboratory, 1952)	9
03 – Correção de k por meio do Ensaio de Adensamento (Silva, 1985)	10
04 – Relação entre Módulo de Reação do Subleito e o Diâmetro da Placa (Road Research Laboratory, [48])	12
05 – Aumento de k devido à presença de Sub-base de Solo-Cimento (Souza e Thomaz, 1982)	15
06 – Esboço da Sonda Desenvolvida por Kogler (Baguelin et alii, 1978)	18
07 – Esboço do Primeiro Pressiômetro de Ménard (Baguelin et alii, 1978)	19
08 – Representação Esquemática do Pressiômetro de Pavimentação (Pressiômetro de Briaud)	21
09 – Detalhes da Sonda do Pressiômetro de Briaud (Briaud e Shields, 1979)	21
10 – Curva Pressiométrica Resultante de Abertura Adequada do Furo (Briaud et alii, 1983, [15])	25
11 – Curva Pressiométrica Resultante de Furo Muito Largo (Briaud et alii, 1983, [15])	25
12 – Curva Pressiométrica Resultante de Abertura de Furo Muito Estreito (Briaud et alii, 1983, [15])	25
13 – Diversas Configurações de Curvas Pressiométricas (Baguelin et alii, 1978)	26
14 – Representação Esquemática de uma Curva Pressiométrica Típica (Vieira Filho, 1993; Bezerra, 1990)	35
15 – Módulo como Função do Nível de Deformação (Briaud, 1992)	37
16 – Módulo como Função do Nível de Tensão (Briaud, 1992)	38
17 – Módulo como Função do Número de Ciclos (Briaud, 1992)	40
18 – Módulo como Função da Duração da Tensão Aplicada (Briaud, 1992)	40
19 – Localização do Trecho Estudado	47
20 – Mapa Geomorfológico de Alagoas	52
21 – Representação Esquemática do Ensaio CBR “in situ” Realizado nas Camadas do Pavimento da Rodovia AL-205	57
22 – Curva de Aferição do Anel Utilizado no Ensaio de CBR “in situ”	57
23 – Representação Esquemática do Ensaio de Prova de Carga sobre Placas Realizado nas Camadas do Pavimento da Rodovia AL-205	58
24 – Curva de Aferição do Manômetro Utilizado nos Ensaios de Prova de Carga sobre Placas	58

NÚMERO	PÁGINA
25 – Curva Pressão × Recalque e Cálculo do Coeficiente de Recalque nos Ensaio de Placa segundo a STMD-11196/64 (Souza e Thomaz, 1982, p.14)	59
26 – Curva de Calibração da Resistência da Membrana do Pressiômetro de Briaud (1995)	60
27 – Curva de Calibração da Perda de Volume do Pressiômetro de Briaud (1995)	60
28 – Representação Esquemática dos Ensaio Pressiométricos em Furos Verticais	61
29 – Curva Corrigida Típica do Ensaio com o Pressiômetro de Briaud (Briaud, 1979, p.89)	62
30 – Curva Granulométrica Média dos Materiais Constituintes do Subleito da Rodovia AL-205 e Faixa AASHTO Correspondente	67
31 – Correlação entre K e CBR “in situ” Comparada a Resultados Obtidos em Outros Estudos	71
32 – Comparação dos Resultados Obtidos na Pesquisa com Outros Estudos	74
33 – Comparação dos Resultados Obtidos na Pesquisa com o Estudo de Ménard	76
34 – Comparação entre Umidade Ótima Obtida por Compactação em Laboratório e Umidade “in situ” Medida no Subleito do Pavimento Analisado	77
35 – Comparação entre os Valores de CBR em Laboratório e os Valores de CBR “in situ” Medidos no Subleito do Pavimento Analisado	77
36 – Comparação entre Módulo Pressiométrico e Módulo de Recompressão Medidos no Subleito do Pavimento Analisado	78
37 – Curva Granulométrica Média dos Materiais Constituintes da Sub-base da Rodovia AL-205 e Faixa AASHTO Correspondente	83
38 – Pressão Limite da Sub-base Obtida Gráficamente e por Correlação	89
39 – Módulo de Reação da Sub-base Obtido em Laboratório e por Correlação	91
40 – Comparação entre Umidade Ótima Obtida por Compactação em Laboratório e Umidade “in situ” Medida na Sub-base do Pavimento Analisado	92
41 – Comparação entre CBR Obtido em Laboratório e CBR “in situ” Medidos na Sub-base do Pavimento Analisado	93
42 – Comparação entre Módulo Pressiométrico e Módulo de Recompressão Medidos na Sub-base do Pavimento Analisado	93
43 – Influência da Sub-base no Módulo de Reação Obtido por Ensaio de Prova de Carga sobre Placas	95
44 – Comparação entre CBR Obtidos em Laboratório das Camadas do Subleito e Sub-base do Pavimento Analisado	96
45 – Comparação entre CBR Obtidos “in situ” das Camadas do Subleito e Sub-base do Pavimento Analisado	96

NÚMERO	PÁGINA
46 – Comparação entre Módulo de Reação das Camadas do Subleito e Sub-base do Pavimento Analisado	97
47 – Comparação entre Módulo Pressiométricos das Camadas do Subleito e Sub-base do Pavimento Analisado	97
48 – Comparação entre Módulos de Recompressão das Camadas do Subleito e Sub-base do Pavimento Analisado	98
49 – Comparação entre Pressão Limite das Camadas do Subleito e Sub-base do Pavimento Analisado	98
50 – Curva Granulométrica Média dos Materiais Constituintes da Base da Rodovia AL-205 e Faixa AASHTO Correspondente	103
51 – Comparação entre Umidade Ótima Obtida por Compactação em Laboratório e Umidade “in situ” na Base do Pavimento Analisado	105
52 – Comparação entre CBR Obtidos em Laboratório e CBR Medidos “in situ” na Base do Pavimento Analisado	106
53 a 94 – Representação Gráfica dos Ensaios CBR “in situ”, Prova de Carga sobre Placas e Pressiométrico do Subleito (Anexo A)	114
95 a 203 – Representação Gráfica dos Ensaios CBR “in situ”, Prova de Carga sobre Placas e Pressiométrico da Sub-base (Anexo B)	143
204 a 233 – Representação Gráfica dos Ensaios CBR “in situ”, Prova de Carga sobre Placas e Pressiométrico da Base (Anexo C)	216
234 a 236 – Descrição do Ensaio com Pressiômetro de Briaud Modelo 32/35 (Anexo D)	247

SIMBOLOGIA E NOMENCLATURA

SÍMBOLO

- CBR* ou *ISC* — California Bearing Ratio ou Índice de Suporte Califórnia
- E* — Módulo de Elasticidade do Subleito
- K_u* e *K* — Coeficiente de Recalque ou Módulo de Reação do Subleito em sua umidade natural
- P_{0,127}* — Pressão aplicada a uma placa rígida de 76,2 cm de diâmetro necessária para produzir um recalque de 0,127 cm
- d* — Recalque da placa
- K₀* e *K_S* — Coeficiente de Recalque para condições de saturação
- P_b* e *P* — Pressão capaz de produzir um recalque de 1,27 mm para determinar o Módulo de Reação do Subleito em condições naturais de solo ou carga unitária usada na determinação de *K_S*
- P_S* — Pressão correspondente a determinado recalque em solo saturado ou carga unitária necessária, num ensaio de adensamento com amostra saturada
- R* e *a* — Raio da placa de ensaio
- v* — Coeficiente de Poisson do solo
- D_a* — Diâmetro da placa de ensaio
- ψ* — Coeficiente de correção do diâmetro de placa
- K_C* — Valor corrigido de *K*, obtido por prova de carga para placa de diâmetro inferior a 76,2 cm
- γ* — Recalque teórico de placa rígida
- K'* — Módulo de Reação corrigido nos ensaios de prova de carga para diâmetro de placa inferior a 76,2 cm
- F_C* — Fator de correção
- φ_b* — Diâmetro de furo
- φ_p* — Diâmetro do trado
- D₁* — Diâmetro da ferramenta (trado) utilizada na preparação do furo
- D₂* — Diâmetro de sonda deflatada
- D₃* — Diâmetro inicial do furo
- E_p* — Módulo Pressiométrico
- V* — Volume da cavidade

SÍMBOLO

- ΔP — Variação de pressão através das paredes da cavidade
- ΔV — Variação de volume da cavidade
- V_m — Volume da cavidade correspondente ao ponto médio do trecho reto
- V_c — Volume inicial da sonda deflatada
- V_0 — Volume injetado no início da fase pseudo-elástica
- V_f — Volume injetado no final da fase pseudo-elástica
- E — Módulo secante
- ε — Deformação
- a e b — Parâmetros que influenciam a deformação, obtidos graficamente por análise de regressão linear
- E e E_i — Módulo tangente inicial
- θ — Tensão normal efetiva média
- P_a — Pressão atmosférica
- n_s e n_θ — Expoente de tensões
- $\bar{\sigma}_{rr}$ — Média da tensão radial
- $\bar{\sigma}_{\theta\theta}$ — Média da tensão circunferencial
- $\bar{\sigma}_{zz}$ — Média da tensão vertical
- E_{sm} e E_{st} — Módulo secante do ciclo inicial
- E_{cn} e E_{ct} — Módulo cíclico
- N — Número de ciclos de carregamento e descarregamento
- n_s e n_c — Expoente de degradação cíclica
- E_t e E_{t0} — Módulos secantes
- t e t_0 — Tempos determinados após o início da aplicação da tensão
- n_t — Expoente viscoso, obtido graficamente
- P_L — Pressão Limite
- E_r — Módulo de Recompressão
- LL — Limite de Liquidez
- IP — Índice de Plasticidade
- IG — Índice de Grupo
- %h — Teor de umidade
- GC — Grau de compactação

SÍMBOLO

- t — Temperatura na qual foi realizado o ensaio
- N — Número de repetições do eixo padrão
- \bar{X} — Média da amostra
- s — Desvio padrão da amostra

SIGLA

- ABNT — Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABPv — Associação Brasileira de Pavimentação
- DNER — Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
- AASHTO — American Association of State Highway and Transportation Officials
- FAA — Federal Aviation Administration
- HRB — Highway Research Board
- ICAO — Institution of Civil Engineers
- PCA — Portland Cement Association

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 – Introdução

A avaliação de pavimentos através de ensaios "in situ" tem sido cada vez mais empregada nos últimos anos. O uso freqüente de tais ensaios reside nas vantagens apresentadas em relação aos tradicionais ensaios de laboratório. De fato, busca-se a determinação dos parâmetros do solo avaliados em amostras supostamente indeformadas. Além disso, procura-se diminuir a influência do amolgamento das amostras e minimizar as dificuldade para obtenção de amostras para ensaios em laboratório..

Por outro lado, os resultados dos ensaios "in situ" refletem melhor a realidade, uma vez que são realizados diretamente no local mantendo intactas todas as propriedades do solo.

Deste modo, a evolução tecnológica decorrente dos vários aspectos mencionados anteriormente, tem motivado a pesquisa, no sentido de proporcionar o desenvolvimento e aprimoramento de novos equipamentos capazes de avaliar o solo no próprio local. -

No que diz respeito a avaliação estrutural de pavimentos, consta na literatura específica, vários métodos e equipamentos destinados a tal tarefa. Todos eles são baseados em critérios teóricos e de fácil interpretação, versatilidade dos equipamentos, utilização e experiência comprovada no âmbito nacional e internacional, rapidez e economia.

O ensaio de CBR, desenvolvido em 1929 por Stanton e Porter no Departamento de Estradas da Califórnia, foi executado inicialmente em laboratório e posteriormente no campo pelo U.S.Corps of Engineers. O ensaio de laboratório consiste basicamente na medida da pressão exercida por um pistão padronizado penetre em uma amostra de solo previamente preparada de acordo com a norma após quatro dias de imersão em água. Ainda é um ensaio bastante utilizado

em dimensionamento e restauração de pavimentos. No campo, o procedimento é semelhante ao de laboratório, com exceção da saturação e da carga de reação. de custo relativamente baixo.

O ensaio de **prova de carga sobre placas**, o mais antigo ensaio de compressão segundo Barata (1984), foi utilizado na pavimentação por Mcleod em 1948, com o intuito de avaliar o desempenho dos pavimentos das pistas dos aeroportos de Sarnia e Ottawa, no Canadá. Este ensaio tem por objetivo determinar o módulo de reação do subleito ou das demais camadas constituintes do pavimento, mediante a aplicação de uma tensão sobre a placa capaz de produzir uma deformação previamente fixada. Embora tenha aplicação no dimensionamento de pavimentos rígidos, é bastante trabalhoso e de custo relativamente elevado.

O ensaio **pressiométrico**, introduzido por Kogler (1930) e posteriormente desenvolvido por Ménard (1954), consiste na expansão radial de uma cavidade cilíndrica no maciço de solo, com o objetivo de avaliar o comportamento tensão versus deformação do material. O pressiómetro para pavimentação desenvolvido por Briaud (1976), na Universidade de Ottawa, no Canadá, para avaliar pavimentos flexíveis de pistas de aeroportos e dimensionamento de novos projetos, como também, com intuito de substituir o ensaio de placa, trata-se de um equipamento bastante simples, portátil e de custo relativamente baixo.

Os ensaios supra citados já foram realizados e consagrados a nível internacional e nacional, conforme publicações e dissertações de mestrado que versam sobre o referido assunto: Briaud (1979), Briaud e Shields (1979), Briaud et alii (1982), Diniz e Demartinecourt (1985), Lucena et alii (1988), Lucena, Bezerra e Costa (1988), Bezerra e Lucena (1989), Alcântara e Lucena (1991), Vieira Filho e Lucena (1992), e Vieira Filho (1993).

1.2 – Objetivos

O presente trabalho de pesquisa tem como objetivo avaliar comparativamente o comportamento estrutural das camadas de um trecho de pavimento na rodovia AL-205, União dos Palmares–Santana de Mundaú, através dos ensaios *CBR “in situ”*, *prova de carga sobre placas* e *pressiométrico*, considerando as peculiaridades inerentes a cada um. Busca-se também estabelecer possíveis relações entre os resultados obtidos nos diversos ensaios.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Introdução

Este capítulo apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre os assuntos pertinentes a este trabalho, baseada em artigos de pesquisa realizadas por diversos autores

2.2 – Ensaio CBR “in situ”

2.2.1 – Generalidades

O ensaio CBR (“California Bearing Ratio”) ou ISC (Índice de Suporte Califórnia) foi proposto em 1929 pelos engenheiros Stanton e Porter do Departamento de Estradas da Califórnia (EUA) para avaliar a resistência dos subleitos sob a ação das cargas de veículos e daí dimensionar pavimentos flexíveis. Medina (1988), referindo-se ao ensaio desenvolvido por Stanton e Porter e sua importância para o estudo estrutural dos pavimentos, enfatiza: *o conhecimento empírico do desempenho de pavimentos flexíveis nas estradas da Califórnia traduzia-se por duas curvas de cálculo da espessura. Estas correspondiam a dois níveis de tráfego e forneciam a espessura para determinado valor de CBR. Digamos que o empirismo do dimensionamento estava codificado.*

2.2.2 – O Ensaio do CBR na Pavimentação

O ensaio de CBR, utilizado inicialmente na Califórnia para comparar o comportamento de diferentes materiais locais reforçando o subleito de pavimentos flexíveis, foi adaptado durante a 2ª Guerra Mundial pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano para dimensionamento de pistas de aeródromos a partir da extrapolação das curvas estabelecidas por Porter (espessura de pavimento versus CBR_{subleito}) com base no conceito de carga de roda equivalente. A adaptação

adotada pelo Exército Americano considerou que a curva A do método desenvolvido por Porter representava uma carga de roda simples com 12.000 libras e área circular de contato com pressão igual a 60 libras/polegadas². De acordo com a teoria de Boussinesq (meio elástico, homogêneo e semi-infinito) foram calculadas as tensões máximas de cisalhamento devido a tal carregamento. Associando-se o CBR correspondente a cada tensão cisalhante com as espessuras de pavimento fornecidas pela referida curva, obtiveram-se curvas relacionando tensão cisalhante com profundidades e CBR, correspondentes às espessuras obtidas pela curva A. Para uma dada carga, associou-se um valor de CBR compatível com a tensão cisalhante calculada numa profundidade adequada ao critério de resistência adotado por Porter. Este procedimento levou ao traçado de famílias de curvas que, após validadas experimentalmente, serviram para o dimensionamento de pavimentos flexíveis em aeródromos e posteriormente para o dimensionamento de estradas de rodagem. Entretanto, várias dificuldades foram encontradas, especialmente na escolha da carga de projeto a adotar, porque as curvas desenvolvidas eram específicas para as condições de tráfego verificadas em aeroportos. No caso de rodovias, todavia, há que se considerar não somente a carga máxima legal, mas também a composição do tráfego e o período de projeto.

O ensaio de CBR pode ser executado em laboratório (amostras deformadas ou indeformadas) ou “in situ”. Os ensaios “in situ” são mais apropriados para a avaliação de pavimentos, uma vez que são executados nas condições reais de compactação e umidade em que se encontram os materiais no campo por ocasião da execução do ensaio. Badillo e Rodriguez (1979) justificam a realização do ensaio de CBR no campo, quando o material permaneceu há vários anos no local e seu teor de umidade varia dentro de um intervalo reduzido.

O equipamento empregado no ensaio “in situ” é idêntico ao utilizado originalmente no laboratório, diferenciando apenas na carga de reação (caminhão carregado) e a não saturação do solo. É um ensaio rápido e de custo relativamente pequeno.

2.2.2.1 – Princípio Básico do Ensaio de CBR

O ensaio consiste na medida da carga necessária para que um pistão padronizado com área de 19,40 cm² (3 pol.²), penetre à velocidade de 0,127 mm/min (0,05 pol./min) em uma amostra de

solo preparada, de modo padronizado por norma, antes e após a sua imersão em água por 4 dias. Faz-se determinações das pressões para penetrações padronizadas.

A partir da curva pressão \times penetração, o valor do CBR é determinado como sendo a relação em percentagem, entre o maior valor das pressões correspondentes às penetrações de 2,54 mm (0,1 pol.) e 5,08 mm (0,2 pol.), respectivamente, em relação à pressão padrão obtida em um CBR considerado padrão, no caso, CBR=100 (brita graduada de boa qualidade). Geralmente o valor a uma penetração de 2,54 mm (0,1 pol.) é superior ao valor da penetração de 5,08 mm (0,2 pol.), sendo adotado o primeiro e tomado como o valor de CBR para fins de projeto. Entretanto, se o valor da penetração de 5,08 mm (0,2 pol.) for superior, repete-se o ensaio; caso persista o mesmo resultado o valor da penetração de 5,08 mm (0,2 pol.) será então considerado para fins de projeto (Road Research Laboratory, 1952).

2.2.2.2 – Fatores que Influenciam nos Resultados

Dentre os fatores que influenciam nos resultados de ensaio destacam-se: a textura do solo, o teor de umidade e a massa específica aparente seca (Badillo e Rodrigues, 1979; Yoder, 1975).

2.2.3- Correlações e Limitações do Ensaio CBR

Várias são as correlações estabelecidas entre o ensaio de CBR “in situ” e os demais. Silva (1985) faz referências sobre as correlações entre o módulo de reação do subleito (k) e CBR proposto pela AASHTO; Ménard (1968) e Briaud (1992) relacionam CBR e pressão limite (P_L).

Os métodos de dimensionamento de pavimentos rígidos propostos pela AASHTO/86 e PCA/84 admitem o uso da correlação entre coeficiente de recalque e CBR. Lucena e Vieira Filho (1992 e 1995) correlacionam módulo de recompressão e CBR.

Com relação às limitações, vários autores tecem os comentários:

- embora o método de ensaio seja padronizado, sua natureza empírica obriga a obedecer o procedimento estabelecido, pois variações na velocidade de penetração, tamanho de pistão e da amostra, podem invalidar o ensaio (Souza, 1980);
- os resultados fornecem um número empírico para resistência, número esse que não pode ser relacionado diretamente com propriedades mais fundamentais que governam

a resistência de solos, como a coesão, por exemplo (Road Research Laboratory, 1952);

- os resultados somente tem aplicação direta nos métodos de dimensionamento para os quais o ensaio foi idealizado (Road Research Laboratory, 1952);
- o ensaio CBR pode ser executado tanto em laboratório quanto “in situ”. Quando o ensaio é executado no pavimento, é necessário abrir uma cavidade para ensaiar cada camada. Por outro lado, quando executado em laboratório, necessita-se de coleta de amostras, que de alguma forma são afetadas pelo amolgamento. Portanto, em ambos os casos, dificuldades existem para avaliar a validade deste ensaio para estimar a capacidade de carga do pavimento. Além do que, deve-se também levar em consideração que o ensaio de CBR (laboratório e campo) na verdade é um ensaio de placa com pequeno diâmetro, agravando o problema do efeito escala (Briaud, 1979).

2.3 – Ensaio de Prova de Carga sobre Placas

2.3.1 – Generalidades

O emprego do ensaio de placas remonta de longos anos. No entanto, por volta dos anos 30, na Alemanha houve um intensivo desenvolvimento da Mecânica dos Solos, onde um dos pontos a serem pesquisados foi o da distribuição de pressões aplicadas ao solo. Coube tal tarefa aos professores Koegler e Scheidig da Universidade de Freiburg, que realizaram experiências com carregamentos de placas sobre substrato de areia artificialmente compactados em camadas, nas quais haviam sido instalados instrumentos para medir pressões verticais a diferentes profundidades e distâncias (Vargas, 1977).

Por outro lado, Barata (1984) refere-se ao ensaio de placa como sendo o mais antigo ensaio “in situ” de compressão, na história da engenharia. Este ensaio, quando utilizado para pavimentação, tem como finalidade a obtenção do módulo de reação do subleito; já com relação ao uso de tal ensaio para a geotecnia de fundações seu principal objetivo é estimar as taxas admissíveis para o terreno no local ensaiado. Pode-se distinguir os ensaios de placa quanto à localização no terreno:

- na superfície;
- em cavas;
- em valas de fundações.

Quanto ao tipo de placa, têm-se:

- placa convencional;
- placa tipo parafuso ("screw plate").

Quanto ao modo de carregamento, o ensaio pode ser executado tanto à tensão controlada quanto à deformação controlada. No caso da tensão controlada, pode-se optar ainda pela aplicação de incrementos de carga constantes (até estabilização da deformação) ou a aplicação de cargas cíclicas.

A interpretação dos resultados depende dos objetivos do ensaio. Mais comumente emprega-se o ensaio de placa para:

- obter parâmetros de deformação (E);
- obter parâmetros de resistência (S_u ou ρ');
- obter coeficiente de recalque ou módulo de reação do subleito (k).

2.3.2 – O Ensaio de Placa na Pavimentação

Com referência ao emprego na pavimentação para se obter o módulo de reação do subleito, faz-se registro no exterior as publicações do U.S. Corps of Engineers – Road Research Laboratory (1952) –, os trabalhos de Mcleod (1948) e Briaud(1979) em trabalho experimental no Aeroporto de Ottawa no Canadá. No Brasil destacam-se os trabalhos publicados pela ABCP (1951) e Souza e Thomaz (1982), e especificamente a nível regional (Nordeste) temos os trabalhos de Lucena e Costa (1987), Bezerra e Lucena (1989), Vieira Filho e Lucena (1992 e 1995), e Vieira Filho (1993).

2.3.2.1 – Descrição do Equipamento

O equipamento consiste de uma placa de suporte, equipamento para aplicar carga à placa e instrumentos para medir as cargas e os recalques da placa.

A placa padrão possui diâmetro de 76,2 cm (30 pol.), podendo também ser empregadas placas de diâmetros menores, desde que o coeficiente de recalque obtido seja corrigido em função do valor que seria obtido com a placa padrão. No caso específico de pavimentos de concreto, usa-se a placa circular de diâmetro aproximadamente de 80 cm. No Road Research Laboratory a placa com diâmetro de 76,2 cm (30 pol.) espessura de 1,60 cm (5/8 de pol.) é de aço doce. Para dar maior rigidez ao conjunto são colocadas placas de diâmetro inferior sobre ela (Road Research Laboratory, 1952).

Quanto a aplicação e a medida da carga, uma vez que é desejável maior mobilidade do equipamento, a melhor carga estática é um caminhão ou reboque, que ofereça uma reação de 8 a 10 t. No caso de pavimentos rígidos de placa de concreto, pode-se utilizar como reação, cavaletes carregados com ferro fundido, blocos de concreto ou outra carga estática que ofereça a reação desejada. É importante que a distância entre os apoios da carga e a placa seja de no mínimo 2,40 m (Souza e Thomaz, 1982).

Com relação a transmissão da carga à placa esta é feita por meio de um macaco de rosca ou hidráulico de 10 a 20 t de capacidade atuando sob caminhão ou reboque carregado, que permita a aplicação de pequenos incrementos de carga, provido de um manômetro, cujas leituras tenham precisão da ordem de $0,1 \text{ kgf/cm}^2$ (Souza e Thomaz, 1982).

A medida do recalque é fornecido pela média das leituras de vários extensômetros (deflectômetros), três no mínimo, graduados em 0,01 mm, permitindo medir deflexão total até 10 mm no mínimo, fixados a uma estrutura cujos suportes repousam no terreno, em pontos não afetados pelo recalque da placa ou pelas rodas dos veículos que fornece a carga estática e distanciados das rodas e da placa, de pelo menos 2,40 m.

2.3.2.2 - Interpretação dos Resultados Obtidos no Ensaio de Placa

O ensaio consiste basicamente no carregamento do solo com uma placa rígida circular, por meio de macaco hidráulico, atuando contra o sistema de reação, registrando-se os valores das tensões através de um manômetro e dos respectivos recalques por meio de um conjunto de deflectômetros apoiados sobre a placa e instalados por meio de uma viga que repousa sobre o terreno em pontos não afetados pelo recalque (Vieira Filho, 1993).

Com os resultados obtidos no ensaio traça-se a curva pressão versus recalque como mostram as Figuras 01 e 02.

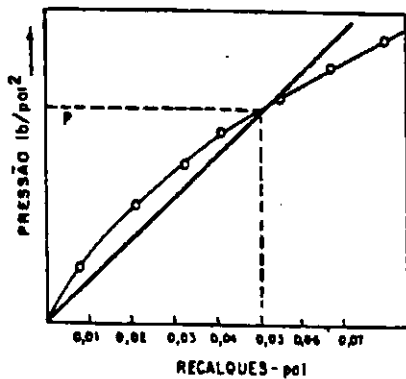


FIGURA 01- CURVA PRESSÃO EM FUNÇÃO DO RECALHE (SOUZA, 1980)

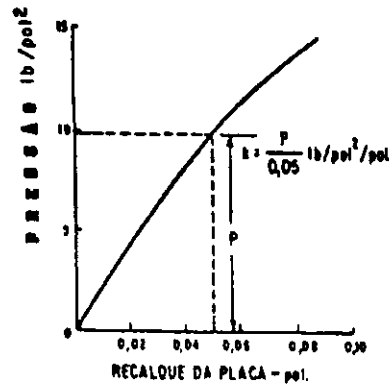


FIGURA 02- CURVA PRESSÃO EM FUNÇÃO DO RECALQUE (ROAD RESEARCH LABORATORY, 1952)

No entanto, se a premissa de Westergaard, de que a reação do subleito é proporcional à deflexão, fosse inteiramente correta, as referidas curvas seriam uma linha reta e a inclinação dessa reta seria o módulo de reação do subleito (k), em ($\text{kgf}/\text{cm}^2/\text{cm}$) ou (MPa/m). Os resultados, entretanto, apresentam uma curva convexa ascendente, determinando-se k como sendo a inclinação da linha passando na origem e no ponto na curva correspondente ao recalque de 0,127 cm (0,05 pol.), aplicado por meio de uma placa de 76,2 cm (30 pol.) de diâmetro, isto é:

$$k = P/0,05 \quad (\text{lb}/\text{pol.}^2 / \text{pol.}) \quad (1)$$

ou

$$k = P_{0,127}/0,127 \quad (\text{kgf}/\text{cm}^2/\text{cm}) \text{ ou } (\text{MPa}/\text{m}) \quad (2)$$

onde: k = módulo de reação do subleito;

$P_{0,127}$ = pressão em (kgf/cm^2) ou (MPa), aplicada a uma placa circular rígida de 76,2 cm de diâmetro, necessária para produzir um recalque de 0,127 cm.

Caso seja usado o processo revisto do U.S. Corps of Engineers, determina-se somente o recalque correspondente a uma pressão de $10 \text{ lb}/\text{pol.}^2$, de maneira que é impossível traçar uma curva de pressão versus recalque e k é dado simplesmente por:

$$k = 10/d \quad (\text{lb}/\text{pol.}^2 / \text{pol.}) \quad (3)$$

onde d = recalque (em polegada).

Os dois processos dão resultados idênticos quando $k=200 \text{ lb}/\text{pol.}^2$ ($5,5 \text{ kgf}/\text{cm}^2$) que é o valor médio para subleitos rodoviários (Road Research Laboratory, 1952).

2.3.2.3 – Correção do Módulo de Reação (k) nas Provas de Carga

O valor do módulo k deverá sofrer correções dos resultados dos ensaios efetuados na superfície do subleito e no topo da sub-base.

Na superfície do subleito:

- correção, por ensaio de adensamento do material do subleito, em laboratório, simultaneamente com a prova de carga;
- correção devido à variação de diâmetro (D_A) da placa de ensaio;
- correção para compensar o efeito da flexão de borda da placa de ensaio.

No topo da sub-base:

- correção pelos gráficos da PCA, para sub-base estabilizada granulometricamente e sub-base estabilizada com cimento.

a) Correção por Ensaio de Adensamento

A área de ensaio é geralmente grande. O volume do solo solicitado durante a prova de carga é também, conseqüentemente, grande. A saturação desse volume torna-se muitas vezes impossível de ser obtida durante todo tempo de execução. Para evitar este inconveniente, efetuam-se simultaneamente dois ensaios de adensamento em laboratório:

- em amostra indeformada, retirada do local da prova;
- em amostra retirada do mesmo local, previamente saturado.

Os resultados obtidos são registrados em gráfico mono-log conforme **Figura 03**.

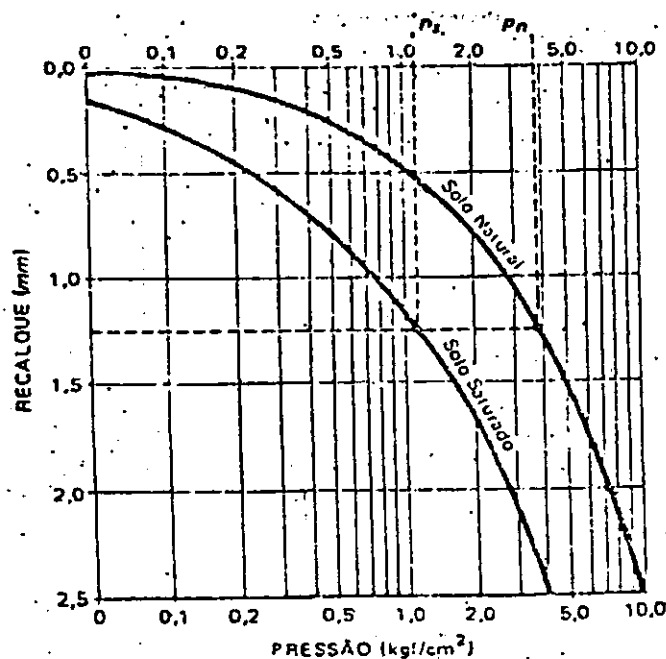


FIGURA 03 - CORREÇÃO DE k POR MEIO DO ENSAIO DE ADENSAMENTO

A pressão p_h capaz de produzir um recalque de 1,27 mm permite determinar o módulo de reação do subleito (k) em condições naturais do solo.

Para obter a pressão p_s correspondente a determinado recalque em solo saturado, procede-se do seguinte modo: do ponto correspondente a p_h é baixada uma perpendicular até um ponto da curva correspondente ao resultado do ensaio da amostra do solo em seu estado natural. Desse ponto, é traçada uma horizontal até encontrar o ponto da curva correspondente ao ensaio do material saturado. A vertical levantada neste ponto indica, na escala horizontal do gráfico, a pressão de saturação p_s . O valor corrigido de k é dado por:

$$k_0 = k (P_s / P_h) \quad (4)$$

b) Correção devido à Variação de Diâmetro das Placas de Ensaio

Quando o ensaio for realizado com placas de diâmetro inferior a 76,2 cm (30 pol.) faz-se necessária a correção devido à variação de diâmetro das placas de ensaio.

Partindo-se da equação do módulo de deformabilidade do solo (E_s), obtém-se o valor de k (Silva, 1985):

$$k = (E_s) / \{1,57R(1 - \nu^2)\} = (1,27 E_s) / \{D_A (1 - \nu^2)\} \quad (5)$$

onde:

R = raio da placa de ensaio ($D_A/2$);

ν = coeficiente de Poisson do solo;

D_A = diâmetro da placa de ensaio.

Considerando a variação de k em função do diâmetro da placa de ensaio, Stratton (1945) obteve uma curva experimental através de ensaios em três locais diferentes e admitida aplicável a todos os tipos de solo, permitindo assim a determinação de um fator de correção para o valor de k , quando este for determinado por ensaio com placa de diâmetro inferior a 76,2 cm. Para placa de diâmetro superior a 76,2 cm, a curva mostra que, salvo para solos muito fracos, a variação de k é consideravelmente reduzida.

Admitindo-se que o subleito seja um meio elástico uniforme, pode-se estabelecer uma relação teórica entre o módulo de reação do subleito e o diâmetro da placa de ensaio. Este relacionamento é indicado pela linha tracejada no gráfico da **Figura 04**, na qual o módulo k , determinado por ensaio com placa de diâmetro qualquer (expresso como porcentagem do valor equivalente para uma placa de 76,2 cm de diâmetro), é plotado em relação ao diâmetro da placa.

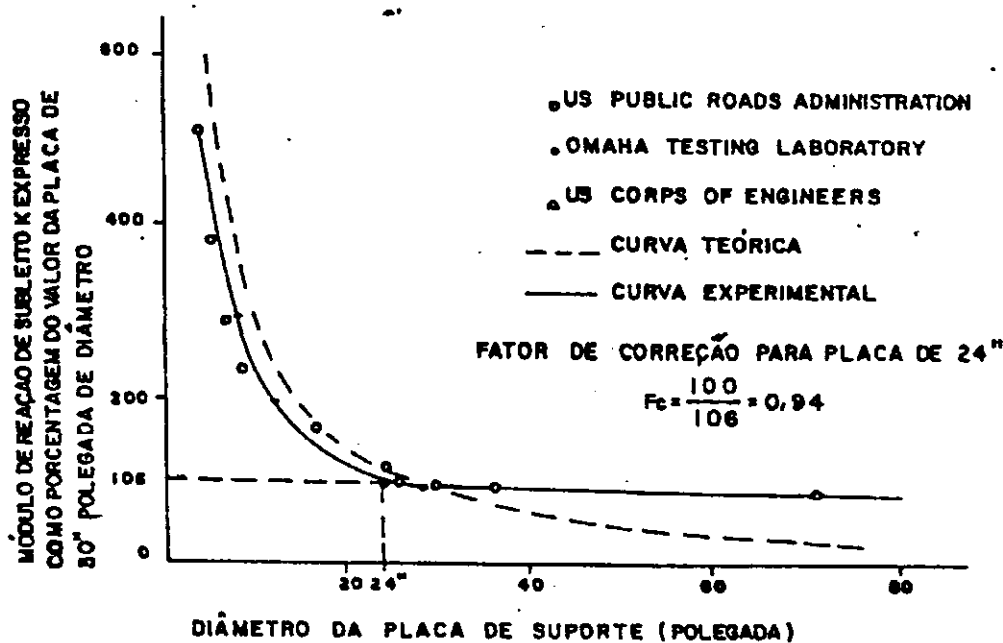


FIGURA 04 - RELAÇÃO ENTRE MÓDULO DE REAÇÃO DO SUBLEITO E O DIÂMETRO DA PLACA

Na prática, nem sempre o subleito é uniforme e, muitas vezes, aumenta em resistência e rigidez com a profundidade, já que quanto maior for o diâmetro da placa de ensaio, maior será a profundidade a que o solo será solicitado. Este aumento de rigidez torna na prática o solo mais resistente à deformação do que na teoria. Esta é, segundo a ICAO (1977), a provável explicação da diferença entre a curva empírica de Stratton (1945), indicada na linha cheia do gráfico da Figura 04, e a curva teórica para as placas de diâmetro inferior a 76,2 cm, indicada na linha tracejada do mesmo gráfico. A curva decresce para valores de D_A inferiores a 76,2 cm e permanece constante ao atingir este valor.

As abscissas do gráfico indicam o diâmetro da placa de ensaio e as ordenadas o fator de correção de k expresso em percentagem do valor básico $D_A = 76,2$ cm.

Tomando como base as coordenadas da curva experimental de Stratton (1945), chega-se, por processo de regressão, ao coeficiente:

$$\psi = 76,2/D_A \quad (r^2 = 0,998) \quad (6)$$

O valor corrigido de k, quando obtido por prova de carga com placa de diâmetro inferior a 76,2 cm, será dividido por ψ :

$$k_c = k/\psi \quad (7)$$

2.3.2.4 – Fatores que Influenciam nos Resultados do Ensaio de Placa

Quanto aos fatores que influenciam nos resultados dos ensaios, segundo o Road Research Laboratory (1952), temos: preparo da área do ensaio, o assentamento da placa e o processo de carregamento.

Quanto ao preparo da área, para fins de projeto, as condições de teor de umidade e massa específica aparente seca, da área de ensaio, precisam ser as mesmas que deverão existir quando o subleito tiver atingido um estado de equilíbrio relativo, após a construção do pavimento. Quando tais ensaios não sejam possíveis, o ensaio deverá ser executado em uma área onde o grau de compactação exigido é obtido por compactação manual, em camadas finas.

Com referência ao assentamento da placa, esta deve ser assente sobre o terreno bem nivelado. Em solos de granulação fina, a placa com sua superfície inferior lubrificada com óleo, é colocada sobre a área e girada. Quando a placa é removida, as irregularidades da superfície, que ficam marcadas com óleo, são raspadas. Esse processo é repetido até que a placa esteja em contato com o solo e toda a área de ensaio. No caso de solos de granulação grossa, que são mais difíceis de nivelamento, ou quando se deseja um processo de ensaio mais rápido, a placa poderá ser assentada sobre uma camada fina de areia seca, que não seja, em qualquer ponto, mais espessa que 0,635 cm (¼ de pol.). E em outros casos com solos pedregulhosos usa-se uma camada de gesso.

Com relação ao processo de carregamento, inicialmente assenta-se a placa aplicando-se uma carga equivalente à pressão de $0,070 \text{ kgf/cm}^2$, descarregando a mesma após segundos. Aplica-se em seguida uma carga suficiente para causar um recalque de aproximadamente 0,0254 cm e, quando não há aumento perceptível de recalque ou, no caso de solos argilosos, quando a velocidade de aumento de recalque é inferior a 0,00254 cm/min, anotam-se as leituras médias dos extensômetros de recalque. A carga dada pelo manômetro ligada ao macaco ou pelo anel de deformação é anotada imediatamente antes e depois da leitura de recalque. A carga é aumentada até que haja um recalque adicional de aproximadamente 0,0254 cm e anota-se novamente a carga de recalque até que não ocorra aumento perceptível do recalque. Este processo é repetido até que um recalque total de não menos que 0,1778 cm tenha sido atingido.

Além dos fatores já mencionados, outros intervêm nos resultados tais como: as variações das propriedades do solo dentro do limite de profundidade do bulbo de tensões, as condições de confinamento da placa, as dimensões, forma e rigidez da placa, tipo de carregamento e o número de repetições. No entanto, o fator de maior relevância segundo Badillo e Rodrigues (1979), Stratton (1944), Road Research Laboratory (1952), é a dimensão da placa, uma vez que o módulo de reação do subleito k varia inversamente com o diâmetro da placa. Esta é a razão pela qual se considera a placa de 76,2 cm (30 pol.) de diâmetro, como padrão para execução do ensaio.

2.3.3 – A Prova de Carga

A prova de carga ocorre, geralmente, sobre o solo compactado na umidade ótima ou em sua umidade natural, tornando-se necessária uma correção para obter o valor de k no teor de umidade de equilíbrio do solo. Admitindo-se que esse teor de equilíbrio é o correspondente à saturação, tem sido usada a seguinte expressão recomendada pelo U.S. Corps of Engineers (Road Research Laboratory, 1952):

$$k_s = k_u (P_s/P) \quad (8)$$

onde:

- k_s = coeficiente de recalque para as condições de saturação;
- k_u = coeficiente de recalque com o solo na sua umidade natural;
- P = carga unitária usada na determinação de k_u ;
- P_s = carga unitária necessária, num ensaio de adensamento com amostra saturada, mas no mesmo estado de compactação (umidade ótima e densidade equivalente), para produzir a mesma deformação que a carga P produziria no mesmo tipo de ensaio com a amostra na umidade natural.

Segundo Souza e Thomaz (1982), a correção é muito pequena quando há preparo de sub-base. Com relação ao valor de k , este varia entre amplos limites, dependendo do tipo de solo, de sua densidade de campo e de seu teor de umidade. Os solos muito plásticos podem apresentar um valor da ordem de 1,4 kg/cm² enquanto que em pedregulhos e solos arenosos bem graduados

tal valor pode atingir $14,0 \text{ kg/cm}^2$ ou mais. Para sub-bases de solo e cimento, a PCA sugere os valores de k no topo do sistema sub-base-subleito em função da espessura da sub-base, para um subleito com coeficiente de recalque variando entre $2,0$ a $7,0 \text{ kg/cm}^2$ e para sub-base com resistência à compressão simples a 7 dias igual ou superior a 21 kg/cm^2 conforme a **Figura 05**. No caso de sub-bases granulares, a PCA sugere os valores de k ilustrados na **Tabela 01**, no topo do sistema subleito-sub-base, em função da espessura da sub-base e do coeficiente de recalque do subleito (sub-base compactada na umidade ótima do proctor modificado).

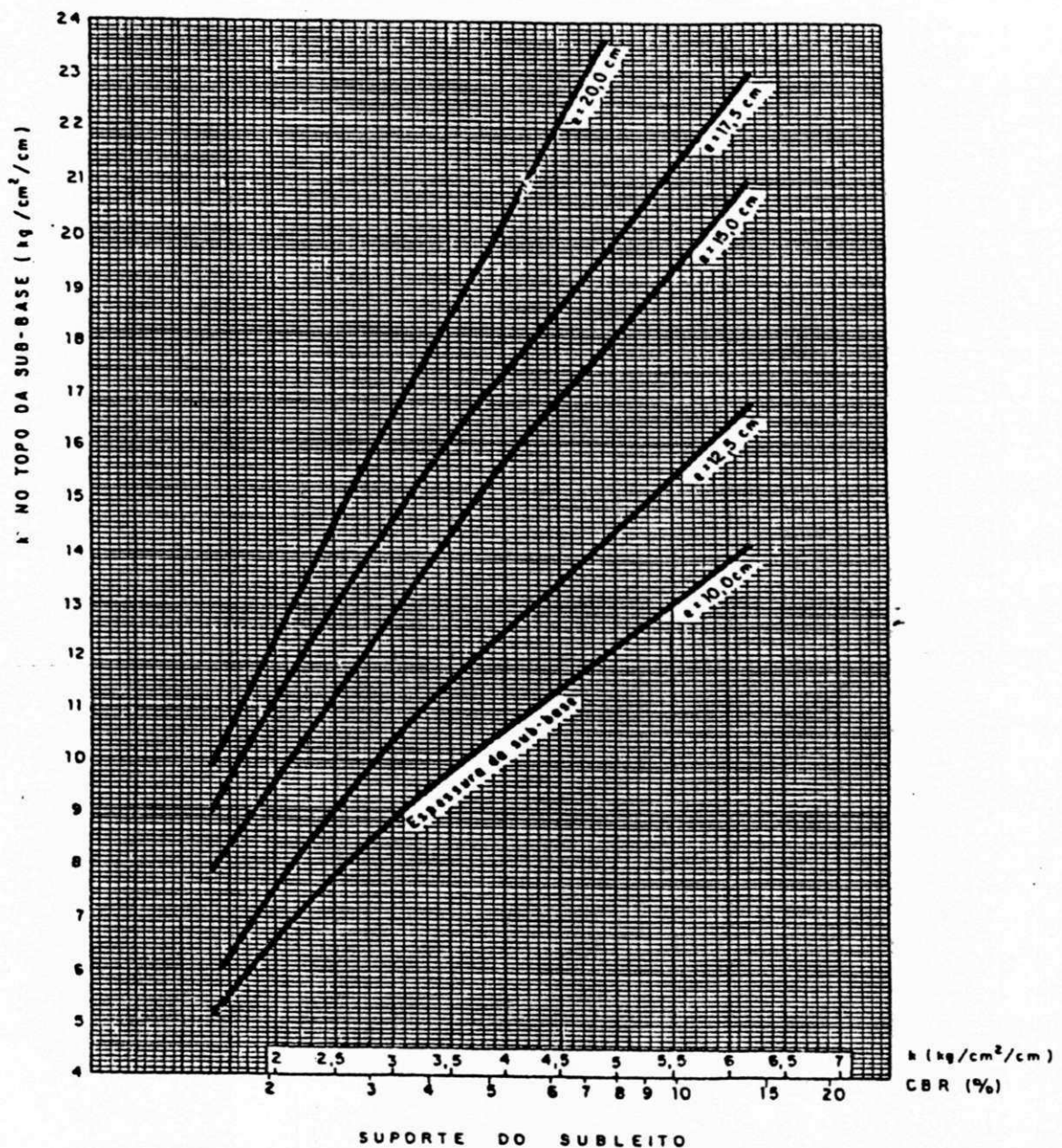


FIGURA 05 - AUMENTO DE k DEVIDO À PRESENÇA DE SUB-BASE DE SOLO-CIMENTO.
(SOUZA E THOMAZ, 1982)

Tabela 01 – Valores de k sugeridos pela PCA (Souza e Thomaz, 1982)

k (kg/cm ² /cm no subleito)	Coeficiente k no topo da sub-base Espessura da sub-base (cm)			
	10	15	23	30,5
1,33	1,4	2,1	2,4	3,1
2,77	3,6	3,7	4,5	5,3
5,54	6,2	6,4	7,6	9,0
8,31	9,0	9,2	10,4	12,0

2.3.4 – Correlações e Limitações

Várias são as correlações estabelecidas entre o valor do módulo de reação k com os demais ensaios de CBR, SPT e módulo pressiométrico E_p conforme pode-se observar nos trabalhos de Mcleod (1948), Briaud (1979), Briaud e Shields (1979), Souza e Thomaz (1982), Lucena e Costa (1987), Bezerra e Lucena (1989), Vieira Filho e Lucena (1992 e 1995), e Vieira Filho (1993).

Por outro lado, Souza e Thomaz (1982) comentam que seria interessante examinar a possibilidade de estabelecer relações entre k e o módulo de elasticidade E , definido pela teoria de Boussinesq (espaço elástico semi--infinito), a qual permite escrever as relações:

$$k = \frac{p}{\gamma}, \text{ sendo } \gamma = \frac{1,18pa}{E}, \text{ ou seja, } k = \frac{E}{1,18a} \quad (9)$$

onde:

- γ = recalque teórico da placa rígida;
- p = pressão aplicada (kgf/cm²);
- a = raio da placa (cm);
- E = módulo de elasticidade do subleito (kg/cm²);
- k = módulo de reação do subleito (kg/cm²/cm).

Quanto às limitações do ensaio, pode-se observar que, como se trata de um ensaio de carregamento rápido, apresenta limitações para análise das camadas compressíveis, carecendo de ensaios complementares.

Outro aspecto diz respeito às dificuldades de execução, que podem ocorrer quando da avaliação de pavimentos existentes face a dificuldade de instalação e leituras em cavas mais profundas.

O ensaio é de custo relativamente elevado, demanda um grande intervalo de tempo para sua realização e é de execução complicada devido às dificuldades operacionais. Para correta interpretação do ensaio é fundamental que se conheça o perfil geotécnico do terreno.

Do ponto de vista prático, o ensaio de prova de carga sobre placas representa a ação de carga de roda simples ; além do que, mede-se apenas o deslocamento num ponto na superfície, inviabilizando a análise individual de cada camada do pavimento avaliado.

E, finalmente, como o ensaio para determinação específica de k não é normatizado no Brasil — apenas a ABNT (NR 6489) normatiza a Prova de Carga direta sobre Terreno de Fundação, voltada para estudos de fundações rasas — o ensaio para determinação do módulo de reação é normatizado pelo método ASTM - D - 1196/64 e pela AASHTO TT- 222/66

2.4 – O Ensaio Pressiométrico

2.4.1 – Generalidades

O termo pressiómetro (“pressuremeter”) refere-se à sonda nele contida capaz de aplicar pressão uniforme por meio de uma membrana flexível e expansível nas paredes de uma cavidade cilíndrica no solo.

A origem do pressiómetro remonta aos anos 30, e pode ser atribuída ao engenheiro alemão Kogler, que por volta de 1933, escreveu sobre um aparelho por ele inventado em 1930, para medir as propriedades de deformação do solo, mediante aplicação de pressão. O aparelho consistia de uma sonda cilíndrica de 1,25 m de comprimento e 0,10 m de diâmetro (Figura 06), presa nas extremidades por um disco de metal. A sonda era inflada injetando gás sob pressão.

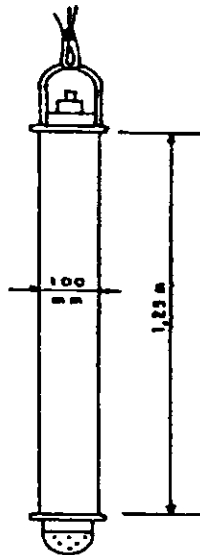


FIGURA 06 - ESBOÇO DA SONDA DESENVOLVIDA POR KOGLER (BAGUELIN ET ALII, 1978)

No entanto, Kogler teve dificuldade de medir a variação de volume da sonda, com o aumento da pressão. Aichorn (1957), realizando ensaios com o aparelho inventado por Kogler enfatizou: “é muito difícil interpretar os resultados deste teste” (Baguelin et alii, 1978).

Todavia, o primeiro equipamento difundido e conhecido internacionalmente como pressiômetro foi desenvolvido em 1954, pelo engenheiro francês Louis Ménard, e colocado na prática de engenharia desde 1957 na França. Desde então, várias gerações de pressiômetros mais sofisticados têm sido empregadas com frequência em projetos de fundações, pavimentação etc. (Baguelin et alii, 1978).

No momento atual podemos agrupá-los em quatro categorias distintas: pressiômetro de Ménard (versão original ou dele adaptado); pressiômetro de pavimentação (ou de Briaud); pressiômetro auto-perfurante e pressiômetro de penetração (Alcântara, 1992).

O pressiômetro de Briaud é usado para projetos e avaliação de pavimentos, podendo ser utilizado em todos tipos de solos. Os demais são utilizados em projetos de fundações superficiais e profundas. O pressiômetro de Ménard pode ser utilizado em todos os tipos de solos e em rochas brandas. Convém salientar que, nos pressiômetros tipo Ménard e Briaud, a sonda pressiométrica é introduzida no solo segundo um furo previamente executado.

Os pressiômetros tipo Ménard (PM), segundo Baguelin et alii (1978), desde a sua versão original (Figura 07), até os mais sofisticados, apresentam em comum as seguintes características:

- todas as sondas tem três células: uma célula central de medição e duas células guardas;
- qualquer deformação na célula de medição é assumida como consequência de deformação do solo;
- utiliza-se água para medir a deformação da célula de medição, uma vez que a água é relativamente incompressível e seu uso é simples e conveniente;
- os diâmetros da sonda são baseados nos padrões da Diamond Core Drill Manufacturer's Association (DCDMA) (Baguelin, 1978).

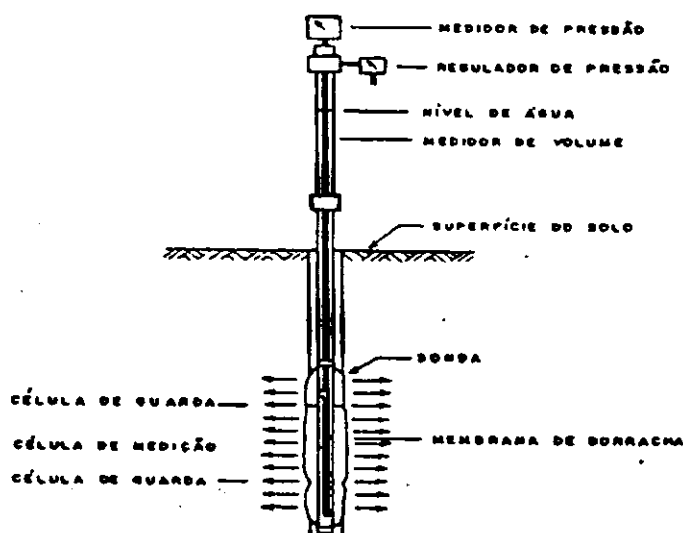


FIGURA 07 - ESBOÇO DO PRIMEIRO PRESSIÔMETRO DE MÉNARD (BAGUELIN ET ALII, 1978).

Os pressiômetros auto perfurantes e de penetração são aparelhos cujas sondas são introduzidas no solo sem abertura prévia do furo. No caso dos auto-perfurantes, a sonda é introduzida simultaneamente com a abertura do furo, enquanto que os de penetração, as próprias sondas são penetradas no solo.

Na categoria dos auto-perfurantes destacam-se o pressiômetro (SBPMT) conhecido por (PAF) desenvolvido por Jeseguel em 1965, no Laboratório des Ponts e Chaussées, na França, o desenvolvido por Wroth e Hughes em 1971 conhecido como Camkometer, o (PAM)

desenvolvido pela French Petroleum Institute (IPF) em 1978, outras versões do (PAF, PAM e PAFSOR) desenvolvidos na França por Clarke e Allen em 1987, o (SBPMT) por Briaud em 1988. Os de penetração incluem o Lateral Load Tester (LLT) e Elastmeter100 desenvolvidos por Suyama, Imai e Olya da Oyo Corporation em 1966, o (PSPMT) desenvolvido em 1975, pelo Building Research Establishment, o Stressprobe desenvolvido por Herderson et alii (1979), o (PBPM) desenvolvido por Briaud em 1988 (Toledo Filho, 1991; Briaud, 1992).

2.4.2 – O Pressiômetro na Pavimentação

A idéia do uso do pressiômetro na pavimentação data do ano 1955, podendo ser atribuída a Louis Ménard. Na realidade, a utilização do pressiômetro para fins rodoviários foi adotada a partir de 1976 por Briaud, na Universidade de Ottawa, no Canadá, quando um órgão do governo canadense (Transport Canada) decidiu investigar a possibilidade de substituir o ensaio de placa por outro mais prático e econômico, capaz de fornecer parâmetros para avaliação de pavimentos de pistas de aeroportos e de novos projetos. A pesquisa foi conduzida por Briaud & Shields (1979) e teve continuidade na Universidade de College Station (Texas, EE.UU), quando o Departamento de Rodovia e Transporte Público do Texas decidiu investigar a possibilidade de utilizar em projetos rodoviários o método de multicamada elástico, e desenvolver o método apropriado para determinação dos fatores de equivalência das camadas de base e sub-base dos pavimentos (Briaud, Hung & Litton, 1982).

2.4.2.1 - Descrição do Equipamento

O pressiômetro utilizado na pavimentação, também conhecido como pressiômetro de Briaud, é um equipamento simples e portátil, de fácil manuseio, podendo ser facilmente transportado por duas pessoas e, como os demais, é constituído de três partes: uma sonda cilíndrica monocelular, uma unidade de controle e um tubo ligando simultaneamente a sonda à unidade de controle (Figura 08).

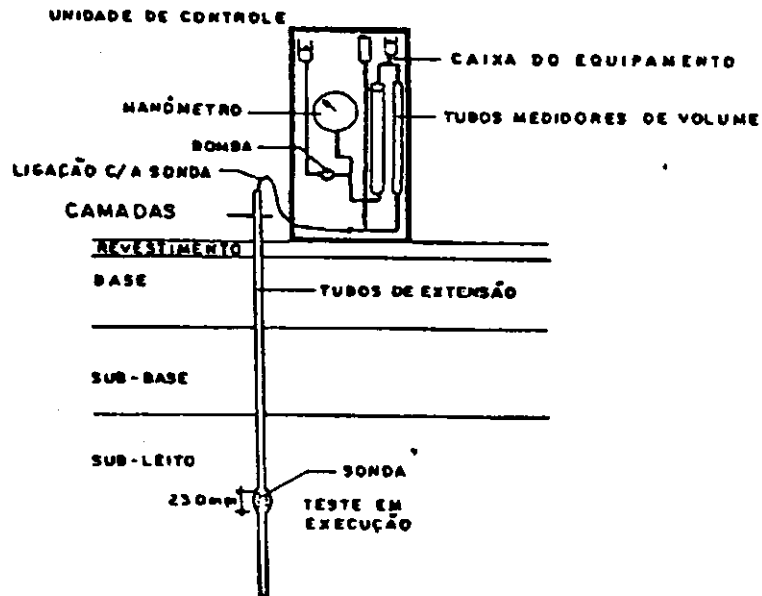


FIGURA 08 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PRESSIÔMETRO DE PAVIMENTAÇÃO (PRESSIÔMETRO DE BRIAUD), APLICADO A UM PAVIMENTO GENÉRICO.

A sonda pressiométrica é composta por três partes: o corpo, a membrana e as camisas (Figura 09).

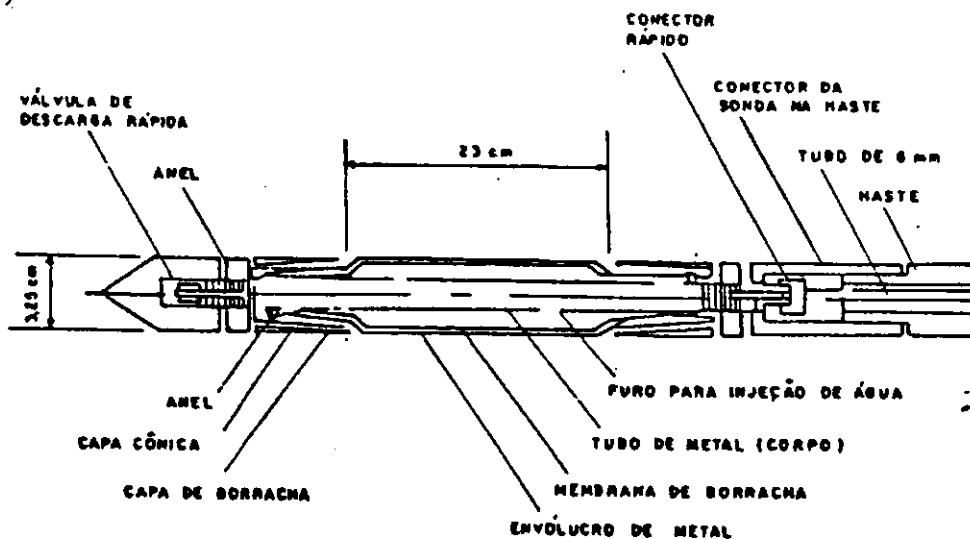


FIGURA 09 - DETALHES DA SONDA DO PRESSIÔMETRO DE BRIAUD. (BRIAUD E SHIELDS, 1979)

O corpo é um tubo de metal com 500 mm de comprimento e 25 mm de diâmetro. A membrana é um tubo de borracha de 430 mm de comprimento e 31 mm de diâmetro externo. As camisas de borracha e as camisas cônicas de metal são forçadas sobre as extremidades do revestimento, onde são parafusados dois anéis metálicos sobre as extremidades do corpo para forçar as camisas metálicas a se aproximarem, limitando assim o comprimento inflável da sonda em 230 mm.

A unidade de controle consiste de uma bomba manual, um manômetro e dois tubos acrílicos (volumímetros), três recipientes acrílicos (para água e querosene), tubos de cobre, acessórios de latão e válvulas de alta pressão. A bomba manual é uma bomba padrão usada no ensaio triaxial com capacidade de 100 ml. O manômetro tem variação de 0 a 2000 KPa. Os dois tubos acrílicos que compõem o medidor de volume tem diâmetros internos e externos de 16 mm e 38 mm, respectivamente, e comprimento de 550 mm.

2.4.2.2 – Execução do Ensaio

O ensaio pressiométrico é de procedimento relativamente simples. Seu princípio básico consiste na expansão radial de uma sonda cilíndrica introduzida numa cavidade cilíndrica no maciço de solo (furo previamente executado no terreno com auxílio de um trado padrão), com o objetivo de avaliar o comportamento tensão versus deformação do material. Na prática, a realização do ensaio baseia-se na execução de um furo no terreno até a profundidade desejada, onde é inserida a sonda pressiométrica que é inflada para expandir a cavidade, através de injeção de água por meio de uma bomba manual numa velocidade de $330 \text{ mm}^3/\text{s}$. São registradas as variações de pressão a cada variação de 5 cm^3 , os resultados obtidos sendo plotados em um gráfico cartesiano pressão versus volume. O procedimento detalhado para calibração do equipamento e execução do ensaio encontra-se detalhado no Anexo D.

2.4.2.3 – Diferenças entre Engenharia de Pavimento e a Engenharia de Fundações

Analisando-se a Tabela 02 a seguir, observa-se que o projeto e a avaliação de pavimento possuem particularidades que exigem critérios adequados para uma interpretação coerente com o tipo de solicitação atuante. No caso de pavimentos, a influência do carregamento é mais próxima à superfície do que na análise do comportamento de fundações.

Tabela 02 – Diferenças entre Engenharia de Pavimento e a Engenharia de Fundações

	FUNDAÇÃO	PAVIMENTO
PRESSÃO DE CONTATO	$\leq 7 \text{ kgf/cm}^2$	$5,6 \text{ kgf/cm}^2 - 15 \text{ kgf/cm}^2$ (aeronave)
DIMENSÕES DA ÁREA DE CONTATO	desde 0,30 m (estaca) até > 100 m (barragem)	< 0,45 m
CRITÉRIO DE PROJETO	critério de resistência – é importante a pressão limite	critério de deformabilidade limitação de deformação permanente ou ruptura por fadiga – é importante o módulo de deformação

2.4.2.4– Requisitos para o Pressiômetro de Pavimentação segundo Briaud (1979)

- precisão nas medidas e facilidade para execução do ensaio;
- ser de baixo custo, robusto e simples;
- devido ao fato que deve ser pesquisada a influência do carregamento a pequenas profundidades, a sonda deve ser curta, visto que as camadas do pavimento são de espessura limitada;
- o ensaio deve ser executado à deformação controlada para assegurar a acurácia na medida do módulo de deformação. O controle da deformação facilita a expansão e contração da sonda na execução do ensaio cíclico.

2.4.3 – Fatores que Influenciam no Ensaio Pressiométrico

Embora o ensaio seja relativamente simples, dois fatores são fundamentais para o êxito do mesmo: a preparação do furo e o método de inserção da sonda.

2.4.3.1 – Preparação do Furo

A preparação e a qualidade do furo são requisitos fundamentais para se obter resultados satisfatórios em um ensaio pressiométrico. Segundo Briaud, Tucker e Félio (1983) e Briaud(1992), duas condições são necessárias para obtenção de um furo adequado para execução do ensaio pressiométrico:

- 1ª – o diâmetro do furo deve obedecer a um pequeno intervalo de tolerância;
- 2ª – o equipamento e o método para execução do furo, deve causar o mínimo possível de perturbação para o solo e para as paredes do furo. Caso contrário, a presença de material amolgado entre a sonda e o solo pode afetar a configuração da curva pressiométrica e, em consequência, a interpretação do ensaio.

Jesequel et alii (1968), recomendam a seguinte relação $\frac{\phi_h}{\phi_p} = 1,07$, onde ϕ_h indica o

diâmetro do furo e ϕ_p o diâmetro da sonda.

Por outro lado, Briaud (1992) propõe que o diâmetro do furo deve satisfazer às seguintes condições:

$$D_2 \leq D_1 \leq 1,03 \cdot D_2$$

$$1,03 \cdot D_2 \leq D_3 \leq 1,20 \cdot D_2$$

onde: D_1 = diâmetro da ferramenta (trado) utilizada na preparação do furo;
 D_2 = diâmetro da sonda deflatada;
 D_3 = diâmetro inicial do furo.

A seguir alguns comentários e configurações de curvas pressiométricas ilustram este item.

Briaud e Shields (1979) comentam que, no caso dos solos moles e fofos, a abertura do furo pode provocar alteração no valor do módulo pressiométrico em torno de 30%, em relação a solo em seu estado natural (indeformado).

Briaud (1992) enfatiza que o furo não deve ser pequeno demais nem também muito largo. O primeiro caso dificulta a penetração da sonda e em consequência os resultados obtidos são parcialmente prejudicados. No segundo caso, a pressão limite pode não ser determinada.

As Figuras 10, 11 e 12, conforme Briaud et alii (1983), ilustram três situações distintas com relação à abertura do furo. A Figura 10 representa uma curva ideal de um ensaio pressiométrico, correspondente a um furo adequadamente aberto. A Figura 11 ilustra uma curva

obtida quando o furo é muito largo e, finalmente, a Figura 12 apresenta uma curva pressiométrica resultante de um furo muito estreito.

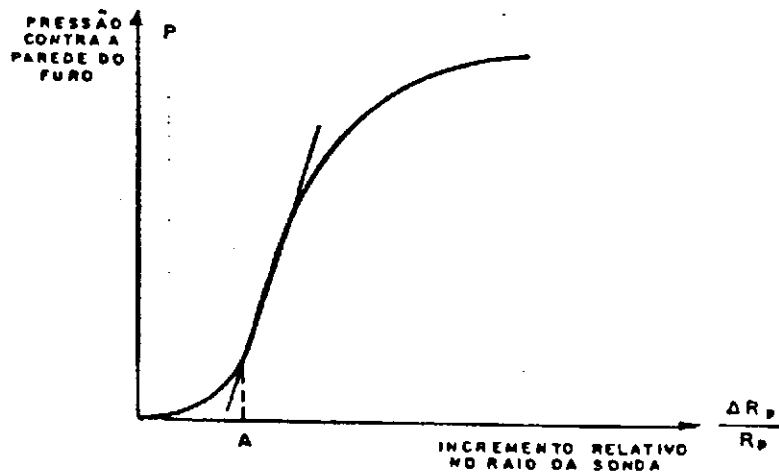


FIGURA 10 - CURVA PRESSIOMÉTRICA RESULTANTE DE ABERTURA ADEQUADA DO FURO. (BRIAUD, TUCKER E FÉLIO, 1983).

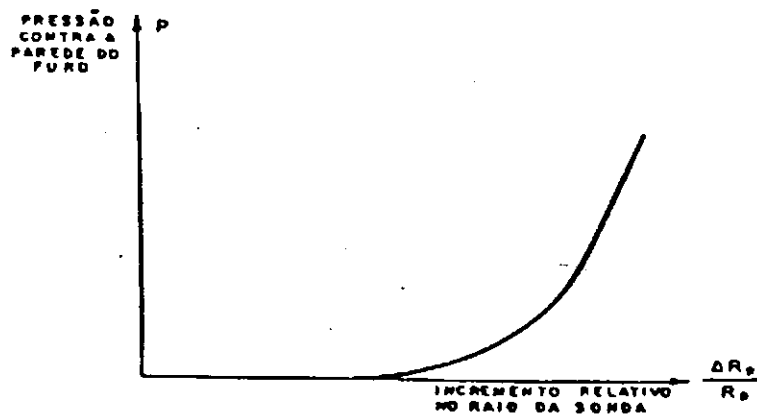


FIGURA 11 - CURVA PRESSIOMÉTRICA RESULTANTE DO FURO MUITO LARGO. (BRIAUD, TUCKER E FÉLIO, 1983).

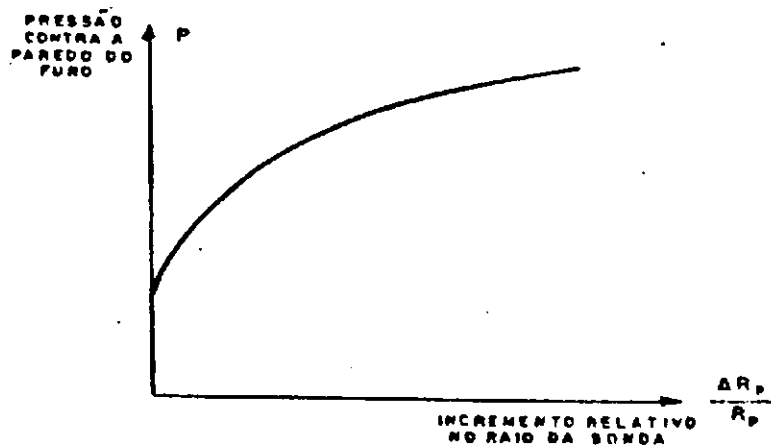


FIGURA 12 - CURVA PRESSIOMÉTRICA RESULTANTE DO FURO MUITO ESTREITO. (BRIAUD, TUCKER E FÉLIO, 1983).

Em ensaios realizados por Ménard, Baguelin et alii (1978) comentam a respeito das configurações das curvas apresentadas na Figura 13.

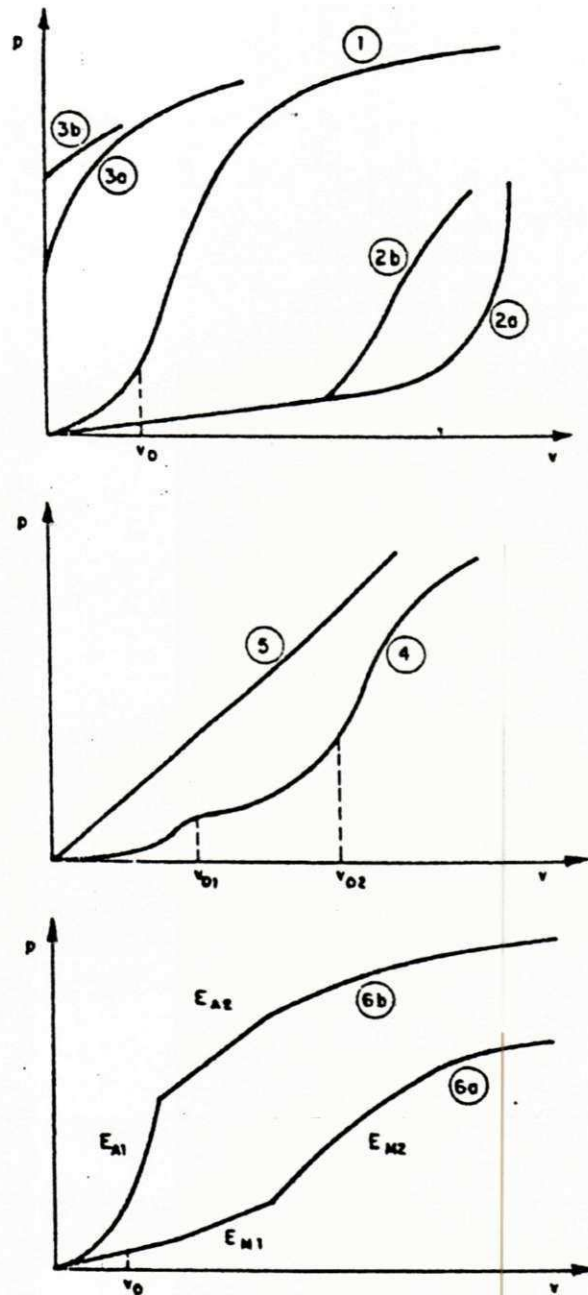


FIGURA 13 - DIVERSAS CONFIGURAÇÕES DE CURVAS PRESSIOMÉTRICAS. (BAGUELIN ET ALII, 1978).

Curva 1 – Representa uma configuração ideal;

Curva 2 – Caracteriza um furo muito aberto onde o volume inicial (V_0) é muito grande.

No caso da curva 2a, representativa de um solo rijo, o modulo pressiométrico é usualmente representativo mas a pressão limite provavelmente terá de ser

estimada por relações estatísticas; em se tratando de solo mole, a má calibração do furo, em geral, resulta das cavidades nas paredes, o que provoca uma subestimação do módulo pressiométrico;

Curva 3 – Caracteriza o furo muito estreito, onde o volume inicial (V_0) é aproximadamente nulo. Ocorre normalmente em solos expansivos. A curva inicia-se tangente ao eixo das pressões; neste caso o módulo de deformação não tem significado real, mas a pressão limite pode ser avaliada;

Curva 4 – Curva com dois volumes iniciais (V_{01} , V_{02}). Indica a presença de material estranho entre a sonda e o solo. Neste caso apenas os resultados acima de V_{02} são usualmente aceitos;

Curva 5 – Curva aproximadamente linear. Indica extrema perturbação do solo ensaiado. Os resultados obtidos não podem ser explorados;

Curva 6 – Curva com dupla inclinação. Ocorre nas situações em que o material ensaiado é heterogêneo.

A Tabela 03 relaciona os métodos empregados na preparação do furo em consonância com a classificação e o tipo de solo.

Tabela 03 – Diretrizes para a Escolha do Método de Preparação do Furo (ASTM Standard D4719-87) (Briaud, 1992)

Solo	Tipo	Sondagem rotativa com descarga de lama	Pressionando a parede do amostrador	Furo guia de sondagem e subsequente pressionamento do amostrado	Furo guia de sondagem e limpeza simultâneas	Perfuração contínua com trado	Perfuração manual com trado a seco	Perfuração manual com trado com descarga de lama no fundo	Perfuração ou vibro percussão do amostrador	Sondagem com tubo extrator	Percussão rotativa	Abertura com tubo pressionado
Solos argilosos	mole	2 ^a	2 ^a	2	2	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR
	médio-rijo	1 ^a	1	2	2	1 ^a	1	1	NR	NR	NR	NR
	rijo-duro	1	2	1	1	1 ^a	NA	NA	NA	1 ^a	2 ^a	NR
Solos siltosos	acima do N.A.	1 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	1	1	2	2	NR	NR	NR
	abaixo do N.A.	1 ^a	NR	NR	2 ^a	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR
Solos arenosos	solta e acima do N.A.	1 ^a	NR	NR	2	2	2	1	2	NA	NR	NR
	solta e abaixo do N.A.	1 ^a	NR	NR	2	NR	NR	1	NR	NA	NR	NR
	médio e denso	1 ^a	NR	NR	2	1	1	1	2	NR	2 ^a	NR
Areia Pedregulho	solta	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NR	NA	2	2
	Areia Pedregulhosa	NR	NA	NA	NA	NR	NR	NA	NR	NA	2	1 ^a
Rocha decomposta		1	NA	2 ^a	NA	1	NA	NA	1	2	2	NR

1 – Primeira escolha
 2 – Segunda escolha
 NR – Não recomendado

NA – Não aplicável
 B – Método aplicável sob certas condições
 N.A. – Nível da água

D – Furo guia de sondagem anteriormente definido

2.4.3.2 – Método de Inserção da Sonda

A sonda pressiométrica pode ser introduzida no furo de três maneiras em função do tipo de pressiômetro e do solo.

- 1ª – Inserção através do furo previamente executado, característica dos pressiômetros de Ménard e Briaud. Neste caso o diâmetro do furo deve ser corretamente calibrado de tal sorte que as paredes do furo não sofram nenhuma perturbação;
- 2ª – Inserção direta, inserindo diretamente no maciço de solo por meio de cravação, vibração ou simplesmente pressionando sobre o terreno;
- 3ª – Auto-inserção, inserindo simultaneamente com a execução do furo, característica dos pressiômetros auto-perfurantes. A vantagem desta técnica reside na eliminação de alguns fatores que venham alterar o solo: a) perturbação devida à introdução da sonda; b) variação do teor de umidade; c) deslocamento lateral das paredes do furo (alívio de tensão).

Tal como a execução do furo, a introdução da sonda pode afetar a curva pressiométrica e alterar o valor do módulo pressiométrico, conforme observações de alguns autores.

Jesequel et alii (1968), citados por Briaud (1979), comentam que a introdução inadequada da sonda, por meio de inserção direta em alguns tipos de solo (areia solta, argila média e solos sensíveis), pode provocar o decréscimo no módulo pressiométrico entre 20 a 30%.

Roy et alii (1975), citados por Briaud (1979), enfatizam que a cravação da sonda em argila sensível ($S_y > 16$), através do método de inserção direta, resulta num aumento de 30% do módulo pressiométrico.

Laier (1973), citado por Briaud (1979), realizando ensaio pressiométrico em depósito de areia, comparando o método de inserção direta com o processo de perturbação, chegou a conclusão que ocorreu uma redução do valor do módulo.

Baguelin et alii (1978), estudando a influência do método de inserção direta da sonda em diferentes tipos de solos, concluíram que o referido método induz a um decréscimo do módulo pressiométrico: no caso de solos moles e coesivos pode chegar a 50%.

Hartman (1974), citado por Briaud (1979), constatou que o furo descarregado (aliviado) pela retirada do equipamento de sondagem e quando recarregado pela sonda pressiométrica, acarretou um aumento no valor do módulo de 50% acima do valor do solo intacto.

As Tabelas 04, 05, 06 e 07 comparam os valores obtidos do módulo pressiométrico (E_0), módulo de recompressão (E_r), pressão limite (P_1) e pressão inicial (P_i) de amostras de argilas e areia, utilizando alguns tipos de pressiômetros: Cone Pressiométrico de Penetração (PCPMT e DCPMT), Pressiômetro de Penetração (PBPM) e Auto-Perfurante (SBPM).

Tabela 04 – Valores Obtidos de Ensaio Pressiométrico Realizado na Universidade de Houston para Argila (Briaud, 1992)

Profundidade (m)	P_1 (KPa)				P_i (KPa)				E_0 (KPa)				E_r (KPa)			
	PCPMT	DCPMT	PBMT	SBPMT pm a	PCPMT	DCPMT	PBPMT ^b	SBPMT	PCPMT ^c	DCPMT ^c	PBPMT	SBPMT	PCPMT	DCPMT	PBPMT	SBPMT
1,1	387	282	324		124	46	40		8790	10160	3450		17940	16900	28290	
1,2			334				35				5740				15240	
1,5			545	350			45	89			4470	9760			18900	22610
1,8	606	334	386		221	91	35		13140	7810	7520		30310	15490	16390	
2,4			553				80				5430				13510	
3,0			665				95				5980				42270	
3,4	960		710		180		110		16310		7830		67360		42270	

a = estimado
b = leitura no ponto de curvatura máxima
c = módulo secante para $\frac{dR}{R_0} = 1 \%$

Tabela 05 – Valores Obtidos de Ensaio Pressiométrico Realizado na Universidade do Texas para Argila (Briaud, 1992)

Profundidade (m)	P_i (KPa)			P_i (KPa)			E_o (KPa)			E_r (KPa)		
	DCPMT	PBMT	SBPMT pm b	DCPMT	PBPMT ^a	SBPMT	DCPMT ^a	PBPMT	SBPMT ^a	DCPMT	PBPMT	SBPMT
1,2	600	407		150	28		16700	7520	3450	37500	58400	
1,5		525	460		50	62		4150	14000		14900	20800
1,8	757	539		219	28		21600	13500		26900	144400	
2,4	914	626		146	33		20200	14200		34900	144400	
3,0		809	700		85	70		11800	33900		56800	40200
3,4		750	1050		70	218 ^c		10500	60200		37900	122500

a = módulo secante para $\frac{dR}{R_0} = 1 \%$
b = estimado
c = volume zero da sonda excessivamente larga

Tabela 06 – Valores Obtidos de Ensaio Pressiométrico Realizado na Universidade de Houston para Areia (Briaud, 1992)

Profundidade (m)	P_1 (KPa)			P_i (KPa)			E_o (KPa)			E_r (KPa)		
	PCPMT	DCPMT	PBPMT	PCPMT	DCPMT	PBPMT	PCPMT	DCPMT	PBPMT	PCPMT	DCPMT	PBPMT
0,6	533	733	295	0	30	25	7650 ^a	8430 ^a	4910	24940	31870	21940
0,8		695	496		0	40	8740 ^a	6610			25930	46210
1,4	800	1380	800	30	100	35	9960 ^a	19960 ^a	7150	28680	54320	27270
2,3		1620	700			60		19830 ^a	4030		69680	20570
2,6	485			60			4720 ^a			17020		

a = apresenta um trecho em linha reta como no PBPMT.

Tabela 07 – Valores Obtidos de Ensaio Pressiométrico Realizado na Universidade do Texas para Areia (Briaud, 1992)

Profundidade (m)	P_1 (KPa)		P_i (KPa)		E_0 (KPa)		E_r (KPa)	
	DCPMT	PBPMT	DCPMT	PBPMT	DCPMT*	PBPMT	DCPMT	PBPMT
2,7	1680	710	80	20	24080	18590	100100	174400
		903		35				164400
3,4	2300	940	115	35	33620	25270	131700	174400
		1096		42				
4,0	2110	835	47	30	28470	16080	138100	205000
		1159		35				

a = módulo secante para $\frac{dR}{R_0} = 1 \%$

2.4.3.3 – Resultados Obtidos no Ensaio Pressiométrico

Os valores obtidos no ensaio resultam em uma curva pressão versus volume, chamada de curva pressiométrica, cuja configuração ideal é apresentada na Figura 14 (Vieira Filho, 1993; Bezerra, 1990).

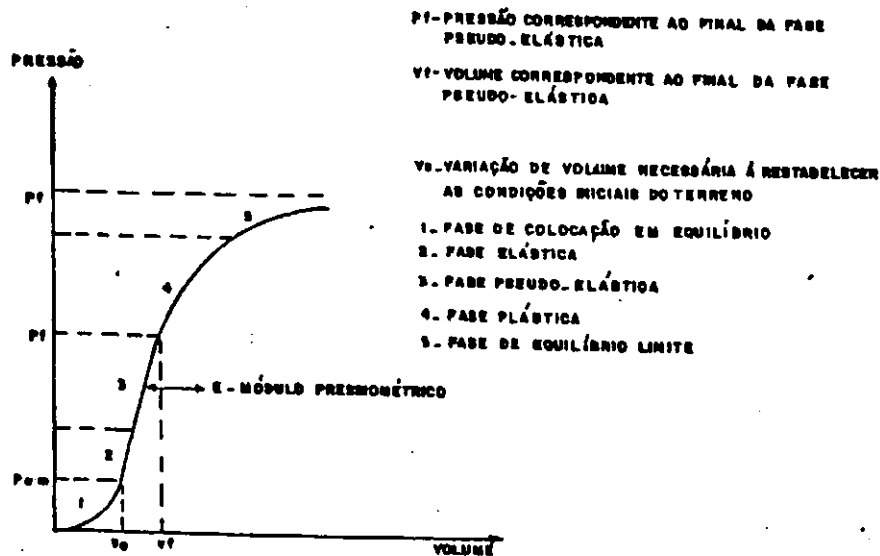


FIGURA 14 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA CURVA PRESSIOMÉTRICA TÍPICA (VIEIRA FILHO, 1993; BEZERRA, 1990).

Observando a referida curva pode-se visualizar cinco trechos distintos assim definidos: o trecho 1 corresponde ao início do ensaio onde é atingido o equilíbrio, restabelecendo o nível original de tensões no terreno em repouso; o trecho 2 caracteriza o início da fase elástica sob baixas tensões; o trecho 3 representa a fase pseudo-elástica caracterizada por apresentar uma proporcionalidade, onde é definido o módulo pressiométrico; o trecho 4 corresponde à fase plástica, onde as deformações são mais acentuadas, ultrapassando o limite de elasticidade, e finalmente o trecho 5 resultante de deformações contínuas que tendem a um valor assintótico de pressão ou seja, o valor da pressão limite.

2.4.4 – Interpretação do Ensaio Pressiométrico

A interpretação do ensaio pressiométrico é fundamentada na teoria elastoplástica da expansão de uma cavidade cilíndrica, onde a partir da curva pressiométrica podemos definir três importantes parâmetros (Cassan, 1978):

- módulo pressiométrico;
- pressão limite;
- pressão de fluência.

2.4.4.1 – Módulo Pressiométrico

O módulo pressiométrico (E_p) é calculado na fase pseudo-elástica, no trecho 3 da Figura 14, através da equação desenvolvida por Lamé em 1852, (cf. Briaud, 1979), com base na teoria da elasticidade, para expansão de uma cavidade cilíndrica.

$$E_p = 2(1 + \nu)V \frac{\Delta P}{\Delta V} \quad (10)$$

onde: E_p = módulo pressiométrico;
 ν = coeficiente de Poisson;
 V = volume da cavidade;
 ΔP = variação de pressão através das paredes da cavidade
 ΔV = variação de volume da cavidade.

A inclinação neste trecho é constante, mas o volume não é; como resultado, E_p sofrerá uma variação, como também o coeficiente de Poisson, que varia de solo para solo e depende das condições de drenagem durante o ensaio. Segundo Briaud (1979), Ménard sugeriu as seguintes regras de simplificação para facilitar o cálculo do módulo pressiométrico (E_p).

- 1 – Tomar V igual a V_m , sendo V_m , o volume da cavidade correspondente ao ponto médio do trecho reto.
- 2 – Tomar 0,33 como valor do coeficiente de Poisson (ν), já que o mesmo varia entre 0,2 e 0,5, uma vez que seu valor exerce uma influência relativamente pequena no resultado.

Sendo V_m dado pela seguinte equação:

$$V_m = V_c + \frac{V_0 + V_f}{2} \quad (11)$$

onde: V_0 = volume injetado no início da fase pseudo-elástica;
 V_f = volume injetado no final da fase pseudo-elástica;
 V_c = volume inicial da sonda não inflada;

segue que o módulo pressiométrico é determinado pela expressão:

$$E_p = 2,66 V_m \frac{\Delta P}{\Delta V} \quad (12)$$

Face a versatilidade do equipamento, o módulo pressiométrico pode ser obtido como uma função de outras variáveis (Briaud, 1992).

1ª – Módulo como uma função do nível de deformação.

Através do modelo hiperbólico de Kondner (1963), temos

$$\frac{1}{E} = a + b \varepsilon \quad (13)$$

onde E = módulo secante;

ε = deformação;

a e b = parâmetros que influenciam a deformação, obtidos graficamente na Figura 15, ou por análise de regressão linear.

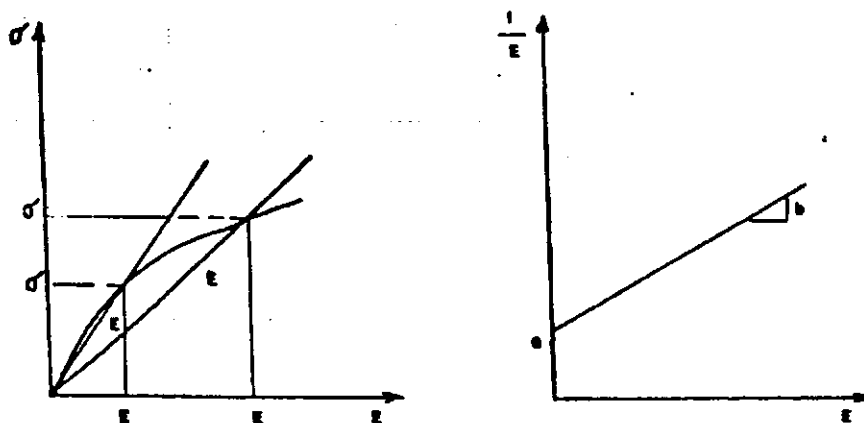


FIGURA 15 - MÓDULO COMO FUNÇÃO DO NÍVEL DE DEFORMAÇÃO (BRIAUD, 1992).

2ª – Módulo como uma função do nível de tensão.

Inicialmente baseado nos estudos de Janbu (1963), e posteriormente pelos trabalhos de Duncan e Chang (1970), temos os seguintes modelos matemáticos:

Modelo de Janbu

$$E = K \left(\frac{\theta}{P_a} \right)^{n_\theta} \quad (14)$$

onde:

E = módulo tangente inicial;

θ = tensão normal efetiva média;

P_a = pressão atmosférica;

K = constante;

n_θ = expoente de tensões.

Os parâmetros K e n_θ , são obtidos diretamente no gráfico da Figura 16, ou calculados

por análise de regressão linear.

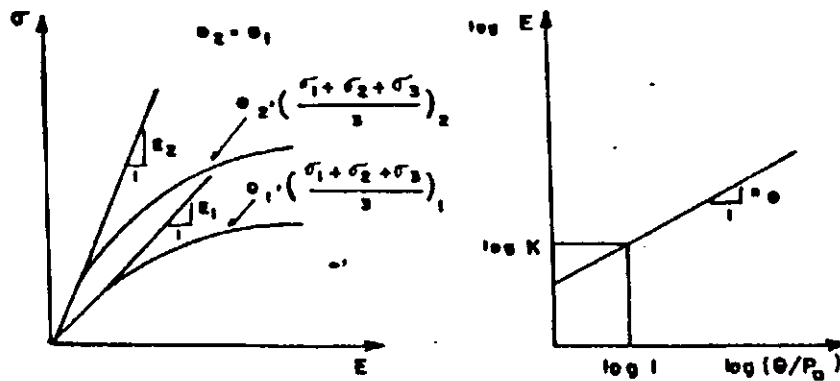


FIGURA 16 - MÓDULO COMO FUNÇÃO DO NÍVEL DE TENSÃO (BRIAUD, 1992).

O valor de θ pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$\theta = \frac{1}{3} (\bar{\sigma}_{rr} + \bar{\sigma}_{\theta\theta} + \bar{\sigma}_{zz}) \quad (15)$$

onde $\bar{\sigma}_{rr}$ = média da tensão radial;

$\bar{\sigma}_{\theta\theta}$ = média da tensão circunferencial;;

$\bar{\sigma}_{zz}$ = média da tensão vertical.

Modelo de Duncan e Chang

$$E_i = K \left(\frac{\theta}{P_a} \right)^{n_s} \quad (16)$$

onde E_i = módulo tangente inicial;
 θ = tensão normal efetiva média;
 P_a = pressão atmosférica;
 K = constante;
 n_s = expoente das tensões.

Os valores de K e n_s são determinados graficamente ou por análise de regressão linear.

Neste caso o valor de θ é calculado com razoável aproximação na zona plástica nas proximidades do pressiômetro, pela expressão proposta por (Jamolkovsky, 1986; Briaud et alii, 1987).

$$\theta = \frac{1}{3} (0,8\sigma_{rr} + \sigma_{ov}) \quad (17)$$

onde σ_{rr} = tensão radial aplicada nas paredes do furo;
 σ_{ov} = tensão vertical cuja profundidade corresponde ao ponto médio da sonda.

3ª - Módulo em função do número de ciclos.

Segundo Briaud, Idriss et alii (1978) consideram que o módulo pode ser avaliado a partir do número de ciclos de carregamento e recarregamento:

$$E_{sn} = E_{sl} \cdot N^{-n_s} \quad (18)$$

$$E_{cn} = E_{cl} \cdot N^{n_c} \quad (19)$$

onde E_{sn} e E_{sl} = módulo secante do ciclo inicial;
 E_{cn} e E_{cl} = módulo cíclico;
 N = número de ciclos de carregamento e recarregamento;
 n_s e n_c = expoente de degradação cíclica determinados graficamente como mostra a
Figura 17.

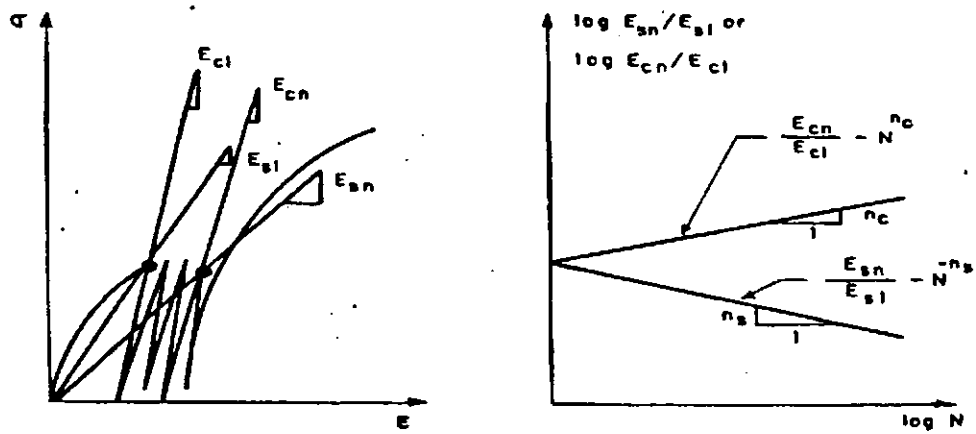


FIGURA 17 - MÓDULO COMO FUNÇÃO DO NÚMERO DE CICLOS (BRIAUD, 1982).

4ª - Módulo como uma função da duração da tensão aplicada.

Avaliado a partir do tempo de duração da tensão aplicada e da intensidade da tensão, por meio do modelo de Riggins (1981), segundo Briaud (1992).

$$E_t = E_{t0} \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-n_t} \quad (20)$$

onde: E_t e E_{t0} = módulos secantes;

t e t_0 = tempos determinados após o início da aplicação da tensão;

n_t = expoente viscoso, obtido graficamente conforme a Figura 18.

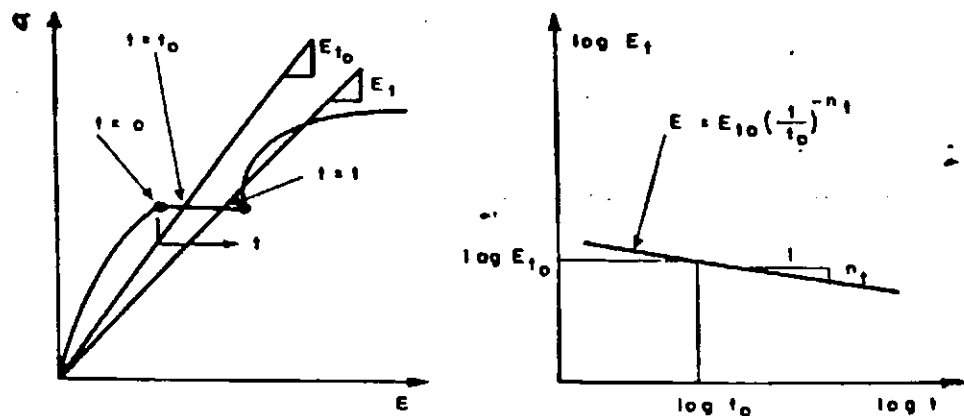


FIGURA 18 - MÓDULO COMO FUNÇÃO DA DURAÇÃO DA TENSÃO APLICADA (BRIAUD, 1982).

2.4.4.2 - Pressão Limite

A partir do final da fase pseudo-elástica (trecho 3 da Fig. 14), dá-se início à fase plástica caracterizada por apresentar acentuadas deformações na cavidade cilíndrica onde a teoria da elasticidade já não é mais aplicável. No final desta fase, teoricamente, a expansão da cavidade

tende a ser constante mesmo sem incremento de pressão e a curva pressiométrica tende a um valor assintótico de pressão, onde é definido o valor da pressão limite.

De outro modo, quando não for possível determinar o valor da pressão limite diretamente, define-se teoricamente pressão limite, com sendo a pressão na qual o volume inicial da cavidade é duplicado, ou seja, $2V_0 + V_c$, sendo o valor da pressão limite um indicador da capacidade de carga do solo.

Por outro lado, Ménard (1957), chegou à equação teórica da pressão limite, considerando o caso geral de um solo com coesão (c) e ângulo de atrito (ϕ), admitindo solo incompressível e com deformação a volume constante; posteriormente Salençon (1966) através de diferentes considerações chegou a outra expressão (Cassan, 1978), ambas indicadas abaixo.

Equação de Ménard

$$P_l = (1 + \text{sen } \phi)(P_0 + c \cotg \phi) \left[\frac{E}{2(1 + \nu)(P_0 \text{ sen } \phi + c \cos \phi)} \right]^{\frac{\text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi}} - c \cotg \phi \quad (21)$$

Equação de Salençon

$$P_l = (1 + \text{sen } \phi)(P_0 + c \cotg \phi) \left[\frac{E}{4(1 + \nu)(P_0 \text{ sen } \phi + c \cos \phi)} \right]^{\frac{\text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi}} - c \cotg \phi \quad (22)$$

2.4.5 – Ciclo de Carregamento e Descarregamento

Objetivando a determinação do módulo pressiométrico cíclico (E_c) que é menos susceptível aos efeitos da perturbação no solo durante a abertura do furo, como mostram os trabalhos de Hartman (1974), em seus estudos paramétricos com elementos finitos, procede-se o descarregamento até atingir o final da fase elástica (Figura 14), dando seqüência a um novo ciclo de carregamento e descarregamento, repetindo sucessivamente o mesmo procedimento para tantos quantos forem os ciclos desejados. A fim de padronizar a determinação de (E_c), em relação ao ponto de descarregamento, Briaud e Shields (1979) recomendam iniciá-lo quando o último

incremento de pressão (ΔP_m) obtido pela terceira vez consecutiva for menor ou igual ao maior incremento de pressão verificado, ou caso isto não se verifique, quando o volume atingir 90 cm^3 . Ou seja, a expansão plena da sonda do pressiômetro de Briaud, reduzindo-se o volume de 20 cm^3 ou até atingir o valor estimado para pressão horizontal no repouso. Obtidos assim os valores das pressões e dos volumes, traçam-se as curvas referentes aos ciclos já mencionados, obtendo-se desta maneira E_p e E_c (Vieira Filho, 1993; Briaud e Shields, 1979).

2.4.6- Vantagens e Desvantagens do Ensaio Pressiométrico na Pavimentação.

Com relação ao uso do pressiômetro na pavimentação Briaud (1979), Briaud e Shields (1979) e Briaud et alii (1982) relacionam as seguintes vantagens:

- trata-se de um aparelho portátil de custo relativamente baixo e disponível comercialmente;
- o ensaio é relativamente rápido de duração, entre 6 a 7 min (podendo uma equipe bem treinada realizar até 48 ensaios em 8 h de trabalho);
- o aparelho pode ser retirado da pista em caso de emergência em apenas 5 min;
- com os resultados obtidos podemos definir a curva tensão versus deformação do solo em seu estado natural e obter o módulo e a resistência final do solo;
- a qualidade do ensaio pode ser avaliada através da curva pressão versus volume, e o engenheiro pode constatar o nível de veracidade dos resultados;
- pode ser aplicado antes, durante e depois da execução do pavimento, em avaliação de pavimentos existentes e controle de novos pavimentos;
- possibilita a obtenção da variação dos módulos com a profundidade em cada estação;
- os módulos podem ser considerados como parâmetros do solo, para utilização da teoria da elasticidade;

– o pressiômetro na pavimentação pode ser usado para determinação de fatores de equivalência;

– a pressão limite obtida durante o ensaio pode ser usada para avaliar a máxima capacidade de carga que o pavimento pode suportar;

– através do ensaio pressiométrico, podemos avaliar a capacidade de suporte do subleito para uso de projeto de pavimento rígido.

Quanto às desvantagens, segundo alguns autores:

– o ensaio requer um furo de 35 mm de diâmetro no pavimento. Todavia esta não é a maior desvantagem, visto que pode ser facilmente fechado (Briaud e Shields, 1979);

– com relação às cargas que solicitam o pavimento, a pressão é exercida horizontalmente e não verticalmente como fazem as rodas dos veículos. Entretanto, apesar das críticas, os resultados dos módulos (horizontal e vertical) não diferem 5% (Briaud e Shields, 1979; Briaud, 1979);

– a medida de pressão não pode ser avaliada na superfície (Briaud, 1979);

– o ensaio somente pode ser realizado em camadas do pavimento com espessura superior a 23 cm (comprimento da sonda), portanto é mais adequado para ensaiar camadas de pavimentos robustos, como é o caso de pavimentos de aeródromos e até mesmo pavimentos rodoviários comumente encontrados na Europa e nos EUA.

A **Tabela 08** mostra a comparação entre o pressiômetro e outros equipamentos empregados em projetos e avaliação de pavimentos.

Tabela 08 – Comparação entre o Falling Weight Deflectometer (FWD), Pressiômetro e Ensaio Triaxial Cíclico (Briaud, 1992).

Itens	FWD	Pressiômetro	Triaxial
Preço do equipamento	\$100,000	\$6,000	\$50,000
Custo do ensaio	baixo	médio	alto
Durabilidade do equipamento	médio	médio	médio
Complexidade do uso do equipamento	médio	médio	muito complexo
Tempo de duração do ensaio	3 minutos	20 minutos	480 minutos
Tempo requerido para retirar o equipamento da pista em caso de emergência	Imediatamente	2 minutos	15 minutos
Dados obtidos	Deflexão na superfície através de propagação de ondas	curva tensão/deformação in situ	curva tensão/deformação no laboratório
Tensão horizontal no repouso	Não	Sim	Difícil
Transformação de dados	Difícil	Difícil	Difícil
Dados reduzidos para	Módulo da camada como função do nível de carga e repetição cíclica de testes	Módulo da camada como função da tensão, deformação e ciclos de carregamentos	Módulo da camada como função da tensão, deformação e ciclos de carregamentos
Taxas de carregamento do pavimento	Tráfego leve	Sim	Sim
Verificação da espessura do pavimento	Não	Sim	Sim
Coleta de amostra	Não	Deformada (somente para identificação e teor de umidade)	Indeformada
Projetos de pavimentos novos e pavimentos existentes	Sim	Sim	Sim
Avaliação de pavimentos existentes	Sim	Sim	Sim
Projeto de restauração (revestimento)	Sim	Sim	Sim

2.4.7 – Correlações e Limitações do Ensaio Pressiométrico

Várias são as correlações conhecidas entre resultados de ensaios pressiométricos e Ensaio de Placa, CBR, SPT, Triaxial. A nível internacional destacam-se os estudos experimentais realizados por Briaud (1979), Briaud e Shields (1979 e 1981), Briaud (1992), e no âmbito nacional, especificamente na região nordeste destacam-se os trabalhos de Diniz e Demartinecourt (1985), Lucena et alii (1988), Bezerra e Lucena (1989), Bezerra (1990), Lucena, Bezerra e Costa (1988), Alcântara e Lucena (1991), Vieira Filho e Lucena (1992 e 1995).

Com relação às limitações dos ensaios, pode-se destacar o seguinte aspecto:

- a sonda monocelular do pressiômetro de Briaud não desenvolve uma expansão cilíndrica perfeita, o que ocasiona a superestimação no valor do módulo na ordem de 5%, em relação à sonda com expansão cilíndrica perfeita (Briaud, 1979).

CAPÍTULO 3

O CAMPO EXPERIMENTAL E A METODOLOGIA EMPREGADA

3.1 – Introdução

Neste capítulo, apresenta-se uma visão geral do desenvolvimento do trabalho, desde as características da região onde localiza-se o trecho rodoviário, objeto da pesquisa, bem como a metodologia empregada na caracterização geotécnica dos materiais e os métodos de ensaios empregados.

3.2 – A Rodovia AL-205 União dos Palmares/Santana do Mundaú

O Campo Experimental desenvolveu-se na rodovia AL-205, trecho União dos Palmares-Santana do Mundaú, integrante da malha rodoviária estadual, localizada na Zona da Mata Alagoana, a 80 km da capital Maceió (Figura 19), de grande importância para a região, devido à vocação eminentemente agropecuária, destacando-se a criação de gado e a fruticultura.

A razão da escolha de tal rodovia, dentre outras, levou em consideração o fato de atender perfeitamente aos propósitos da pesquisa, visto que encontrava-se em fase de construção.

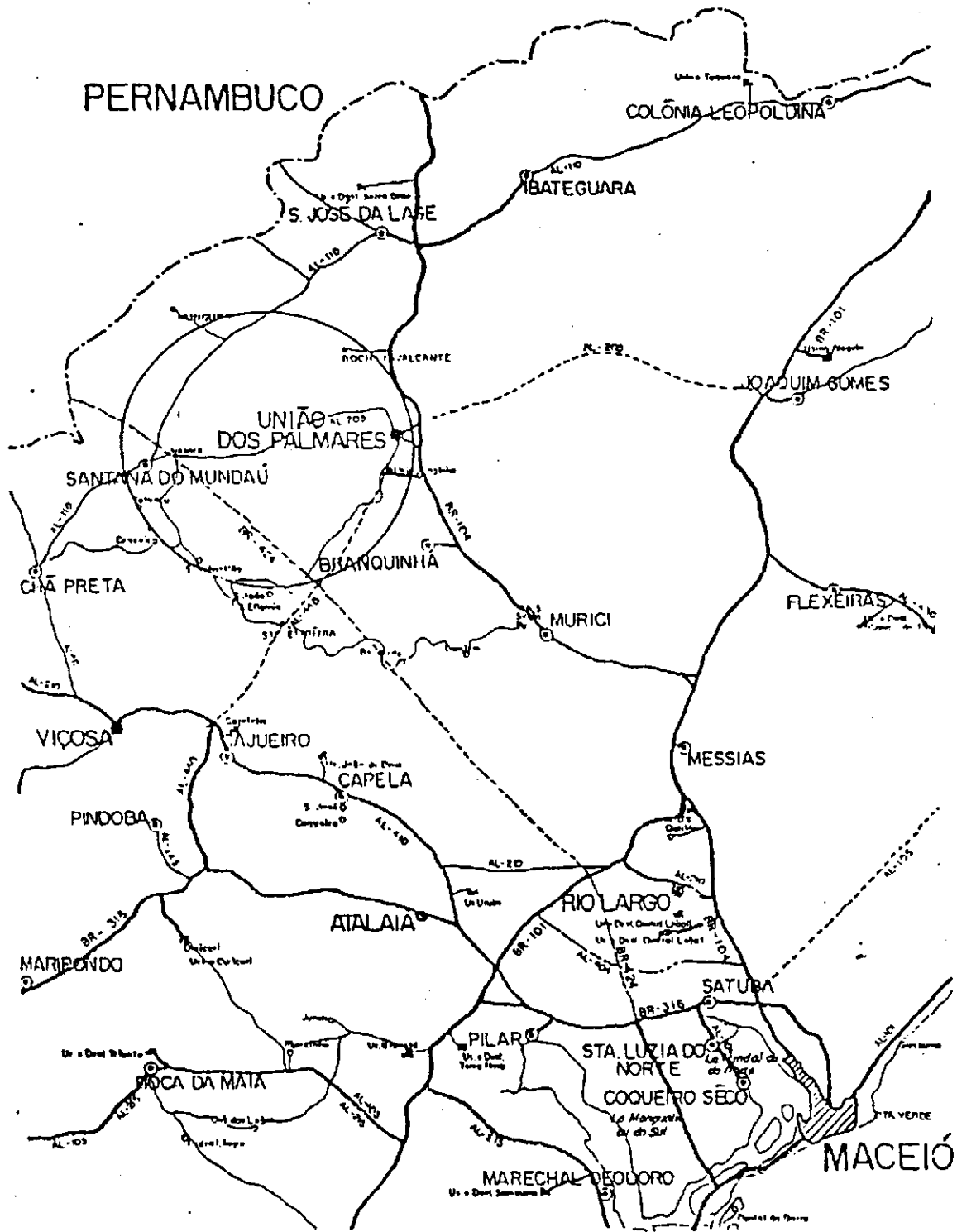


FIGURA 19 - LOCALIZAÇÃO DO TRECHO ESTUDADO.

3.3 – Metodologia da Pesquisa

Em virtude da pesquisa ser basicamente de natureza prática com o objetivo de avaliar as camadas do pavimento durante sua execução, a metodologia adotada foi a seguinte:

- a) caracterização da região onde encontra-se localizada a rodovia;
- b) caracterização geotécnica dos materiais utilizados no pavimento através de ensaios de laboratório e "in situ" assim definidos;
 - coleta de amostras utilizando pá e picareta para ensaios de laboratório;
 - ensaios de granulometria, limites de liquidez e plasticidade, massa específica real dos grãos, compactação e Índice de Suporte Califórnia;
 - determinação "in situ " de massa específica aparente seca do solo, umidade natural e grau de compactação;
 - determinação da capacidade de suporte das camadas do pavimento através de ensaio de CBR "in situ";
 - determinação do módulo de reação das camadas do pavimento por meio de prova de carga sobre placas;
 - determinação do módulo pressiométrico das camadas do pavimento por meio do ensaio pressiométrico com o pressiômetro de Briaud.

A Tabela 09 abaixo apresenta o total de ensaios realizados para o desenvolvimento da pesquisa.

Tabela 09 – Resumo dos Ensaaios Realizados

ITEM	ENSAIOS DE LABORATÓRIO	MÉTODO	TERRAPLE-NAGEM	SUB-BASE	BASE	SUBTOTAL
01	Granulometria	DNER - ME - 80 - 64	14	50	30	94
02	Limite de Liquidez	DNER - ME - 44 - 71	14	50	30	94
03	Limite de Plasticidade	DNER - ME - 82 - 63	14	50	30	94
04	Massa Especifica Real dos Grãos	NBR-6508-84	14	31	18	63
05	Compactação	DNER - ME - 47 - 64	14	50	30	94
06	CBR	DNER - ME - 48 - 64 DNER - ME - 50 - 64	14	50	30	94
				SUBTOTAL		523
ITEM	ENSAIOS IN SITU	MÉTODO	TERRAPLE-NAGEM	SUB-BASE	BASE	SUBTOTAL
01	Umidade	DNER - ME - 52 - 64	14	50	30	94
02	Massa Especifica Aparente	DNER - ME - 92 - 64	14	50	30	94
03	CBR	DNER - ME - 50 - 64	14	35	30	79
04	Prova de Carga sobre Placas	ASTM-D-1196/64	14	32		46
05	Pressiométrico		14	42		56
				SUBTOTAL		369
				TOTAL		892

3.4 – Caracterização da Região

Baseados nos levantamentos realizados pela Embrapa (1975) e pela Consultoria Allconsult Engenharia Ltda (1992) a região apresenta as seguintes características.

3.4.1. – Localização da Rodovia

A rodovia AL-205 encontra-se localizada na região da Mata do Estado de Alagoas, abrangendo uma área de 4.925 km². Seu posicionamento está entre os paralelos 9° 00'00" e 9° 30'00" de latitude sul e os meridianos 36° 00'00" e 36° 30'00" de longitude oeste de Greenwich. O trecho da rodovia ligando União dos Palmares a Santana do Mundaú fica entre os km 0 e 24, que corresponde, respectivamente, no projeto, às estacas 0 e 1200.

3.4.2. – Clima

O clima predominante da região é o AS', tropical chuvoso, verão seco e precipitações elevadas, cujo total anual varia, em média, entre 1200 mm e 1400 mm, sendo registradas as maiores precipitações durante os meses de maio e junho ou seja do outono ao inverno, e a estação mais seca ocorre na primavera e estende-se até o verão.

As temperaturas médias são elevadas, com variações em torno de 22°C a 34°C, com as maiores sendo registradas nos meses de janeiro e fevereiro e as mais baixas ocorrendo geralmente entre junho e julho.

O grau de umidade relativa é muito elevado, com médias anuais em torno de 80%, apresentando valores mais altos durante o período de maio e junho, com médias mensais atingindo 85%. No período mais seco, novembro e janeiro, chega a atingir médias de 75%.

3.4.3 – Pluviometria

Os dados pluviométricos registrados pelas estações de União dos Palmares e Santana do Mundaú observados pela SUDENE revelam o seguinte:

Tabela 10 – Dados Pluviométricos

POSTO	UNIÃO DOS PALMARES	SANTANA DO MUNDAÚ
PERÍODO DE OBSERVAÇÃO	77	28
ANOS	1912 - 1989	1963 - 1991
MÉDIA ANUAL (mm)	1200	1400
MÉDIA MENSAL MAIS ALTA	MAIO - 200 mm	MAIO - 230 mm
MÉDIA MENSAL MAIS BAIXA	NOVEMBRO - 20 mm	NOVEMBRO - 28 mm

3.4.4. Relevo

O relevo da região está situado dentro da unidade geomorfológica denominada Modelado Cristalino como mostra a **Figura 20**, e especificamente dentro da faixa norte.

A faixa norte, compreende superfícies do pré-cambriano (CD) situado entre tabuleiros a leste e as escarpas dos contrafortes da Borborema a oeste. Seu relevo apresenta uma configuração geral ondulada e fortemente ondulada, muito embora, figurem também alguns trechos de relevo montanhoso e mesmo plano e suave ondulado dos topos de restos do capeamento terciário; surgem também amplas várzeas, como as dos rios Mundaú e Paraíba, entre outros, com relevo plano.

3.4.5. Aspectos Geomorfológicos e Pedológicos

O modelado desta faixa caracteriza-se pelas superfícies do embasamento cristalino dominado por granitos e gnaises, que antecedem os Contrafortes da Borborema.

A faixa desses níveis cristalinos inicia-se nos limites com o Estado de Pernambuco onde se apresenta com uma largura de 70 km entre os tabuleiros, estendendo-se a seguir, para depois penetrar profundamente pelo vale do Mundaú até o município de São José da Laje, e pelo vale do Paraíba até o município de Chá Preta.

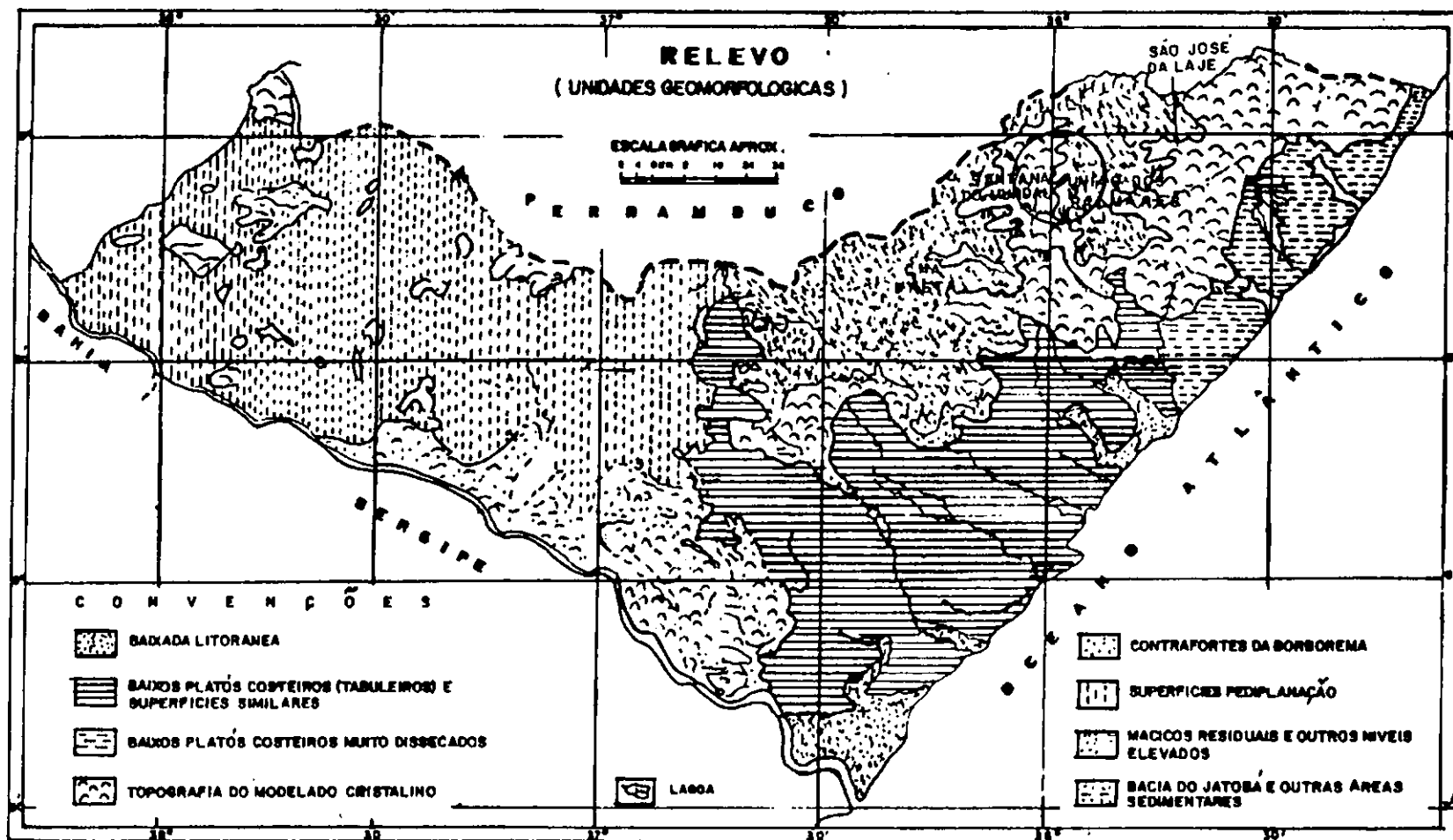


FIGURA 20 - MAPA GEOMORFOLÓGICO DE ALAGOAS

Quanto aos solos mais freqüentes encontrados nesta faixa do modelo cristalino, são das classes Podzólico Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico, ambos de textura argilosa.

Com relação às áreas dos Contrafortes da Borborema de relevo forte ondulado e montanhoso, destacam-se as seguintes classes de solo: Podzólico Vermelho Amarelo, Podzólico Vermelho Latossólico, Latossol Vermelho, Distrófico Coeso e Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrótico, todos de textura argilosa.

3.5 – Projeto de Pavimentação

A memória justificativa do projeto de pavimentação (volume 3) da rodovia AL-205, desenvolvido em 1993 pela Allconsult Ltda. para o trecho em estudo, apresentou os seguintes elementos básicos.

3.5.1. – Estudo de Tráfego

Em virtude do tráfego não ser significativo na região, o valor adotado para o número de repetições (N) do eixo padrão, para um período de projeto de 10 anos, foi de $1,0 \times 10^5$.

3.5.2 – Estudo Geotécnico

O estudo geotécnico objetivou conhecer e caracterizar os materiais que compõem o pavimento. Para tanto, utilizou-se da seguinte metodologia.

- coleta de amostras do subleito através de sondagem com profundidade de 1m abaixo do greide da terraplanagem existente;
- coleta de amostras de empréstimos em número de nove (9);
- coleta de amostras de jazidas para sub-base e base em número de nove (9);

- ensaios das amostras coletadas em laboratório de acordo com a metodologia adotada pelo DNER. No ensaio de compactação empregou-se a energia correspondente ao Proctor Normal para materiais de subleito e reforço, e a energia intermediária para materiais de sub-base e base.

3.5.3.– O subleito do Projeto

Os resultados de laboratório revelaram baixos valores de CBR do subleito quando ensaiadas amostras retiradas do terreno natural. Em decorrência, tomou-se para CBR do projeto valores obtidos com material empregado para reforço do subleito, onde obteve-se CBR mínimo estatístico de 8%.

3.5.4 – As jazidas do Projeto

A jazida de sub-base indicada no projeto e localizada à margem da rodovia na estaca 803, denominada Ponte Nova, apesar de apresentar um CBR médio de 30%, não foi utilizada face à presença de material micáceo; foi substituída pela jazida denominada Sementeira, distante 1 km da rodovia, apresentando boas características físicas e mecânicas, com classificação A-2-4.

A base indicada no projeto seria a mistura de 40% de brita e 60% de solo proveniente da jazida Serra Verde; todavia, pela presença de mica, também não foi empregada. Foi adotada uma base de solo-brita com a seguinte composição: 30% de brita, 10% de areia e 60% top-soil em peso da jazida Sementeira.

3.5.5 – Dimensionamento do Pavimento

O método empregado para o dimensionamento do pavimento foi o do DNER, de autoria do Engenheiro Murilo Lopes de Souza, para pavimentos flexíveis, apresentando as seguintes espessuras:

Tabela 11 – Características das Camadas do Pavimento em Estudo

Camadas	Projeto	Executado
revestimento	TSD – 2,5 cm	CBUQ – 4,0 cm
base solo-brita	20 cm	15 cm
sub-base sem mistura	20 cm	20 cm

3.6 – Caracterização Geotécnica das Camadas do Pavimento

Objetivando caracterizar geotecnicamente as camadas do pavimento, foram coletadas em campo amostras para ensaios de laboratório e efetuados ensaios “in situ”.

3.6.1 – Coleta de Amostras

A coleta de amostras no subleito foi efetuada no trecho compreendido entre o km 7 e o km 14, em bordos alternados, espaçados a cada 500m, no sentido União dos Palmares/Santana do Mundaú, utilizando pá e picareta, a uma profundidade de 0,50m a partir de 0,28m de profundidade de cava.

Na sub-base, as amostras foram coletadas na própria pista, durante a execução, entre os km 0 e km 12, em bordos alternados, espaçados a cada 200m, no mesmo sentido considerado no estudo do subleito.

Assim como no subleito e na sub-base, as amostras de material na base foram coletadas na pista durante a execução, entre o km 0 e o km 8,5 , em bordos alternados, espaçados a cada 200m.

3.6.2. – Ensaio de Laboratório

Os ensaios de laboratório foram realizados de acordo com os métodos adotados pelo DNER, agora normatizados pela ABNT.

Tabela 12 – Métodos de Ensaio

ENSAIO	MÉTODO DE ENSAIO	OBSERVAÇÕES
Análise Granulométrica	DNER -ME- 80-64	
Limite de Liquidez	DNER -ME- 44-71	
Limite de Plasticidade	DNER -ME- 82-63	
Massa Específica dos Grãos	NBR-6508-84	
Compactação	DNER -ME- 47-64 DNER -ME- 48-64	Proctor Normal Proctor Intermediário
CBR	DNER -ME- 50-64	

3.6.3 – Ensaio "in situ"

Em cada local da coleta das amostras e em cada camada do pavimento foram realizados os seguintes ensaios "in situ".

3.6.3.1 - Umidade Natural

Foram verificadas as umidades naturais dos materiais empregados na pavimentação de acordo, com o método DNER-ME-52-64, com o emprego do Speedy.

3.6.3.2 - Massa Específica Aparente Seca "in situ"

A massa específica aparente seca "in situ" para determinação do grau de compactação foi determinada através do método do Frasco de Areia (DNER-ME-92-64).

3.6.6.3 - Ensaio de CBR "in situ"

Para avaliar a resistência in situ dos materiais empregados no pavimento, foram realizados ensaios de CBR com metodologia usualmente empregada em laboratório (DNER-ME-50-64) para corpos de prova moldados, com exceção da saturação e da carga de reação.

O equipamento utilizado é apresentado de forma esquemática na Figura 21, composto de um pistão padronizado, anel dinamométrico e extensômetros previamente aferidos, conforme mostra a Figura 22.

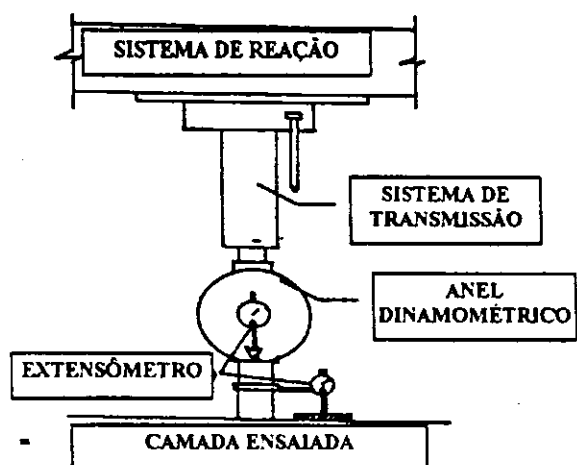


FIGURA 21 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ENSAIO CBR "IN SITU" REALIZADO NAS CAMADAS DO PAVIMENTO NA RODOVIA AL-205.

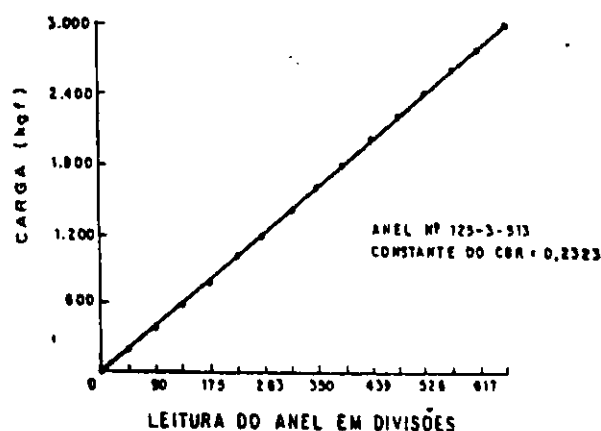


FIGURA 22 - CURVA DE AFERIÇÃO DO ANEL UTILIZADO NO ENSAIO DE CBR "IN SITU"

Como sistema de reação foi utilizado um caminhão dotado de uma caçamba tipo basculante carregado de solo, de forma a provocar uma carga no eixo traseiro superior a 10 t. As leituras das penetrações foram feitas através de um extensômetro com sensibilidade de 0,01 mm e capacidade de medir deslocamentos até 10 mm de extensão.

Antes do início do ensaio, procedeu-se o nivelamento e regularização da superfície ensaiada, para viabilizar a obtenção de resultados confiáveis.

O ensaio foi realizado em uma cava de 0,28 m de profundidade.

A execução propriamente dita do ensaio, como mencionado anteriormente, obedeceu ao método DNER 50-64, onde foram registradas as pressões correspondentes às respectivas penetrações. Após a conclusão do ensaio determinou-se a umidade do material do local ensaiado. Os resultados obtidos estão apresentados nos Anexos A, B e C.

3.6.6.4 Prova de Carga sobre Placas

Este ensaio foi realizado empregando o mesmo sistema de reação utilizado no ensaio de CBR "in situ".

O equipamento utilizado é apresentado de forma esquemática na **Figura 23**, empregando-se inicialmente placas com diâmetro de 25,4 cm (10 pol.), 30,45 cm (12 pol.), 60,46 cm (24 pol.) e 76,2 cm (30 pol.), e espessuras aproximadas de 2,54 cm (1 pol.), sobrepostas, dando ao conjunto a rigidez desejada, sendo a última placa assente sobre o terreno previamente regularizado e nivelado com um colchão de areia.

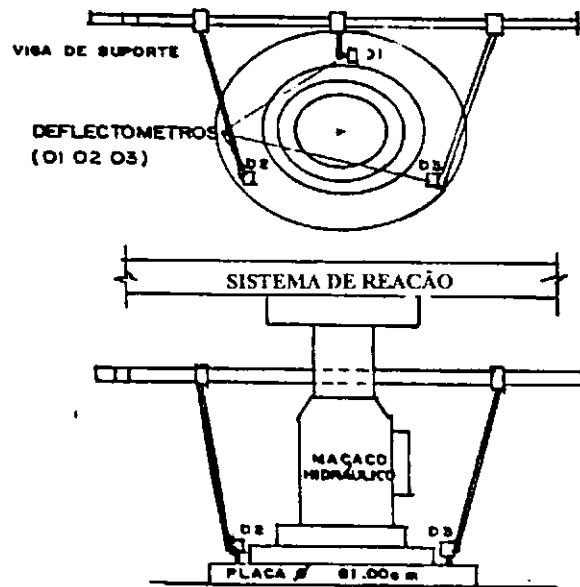


FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS REALIZADO NAS CAMADAS DO PAVIMENTO DA RODOVIA AL-205

Sobre o conjunto de placas foi colocado um macaco hidráulico com manômetro previamente aferido, conforme **Figura 24** e como sistema de reação a mesma caçamba utilizada no ensaio de CBR.

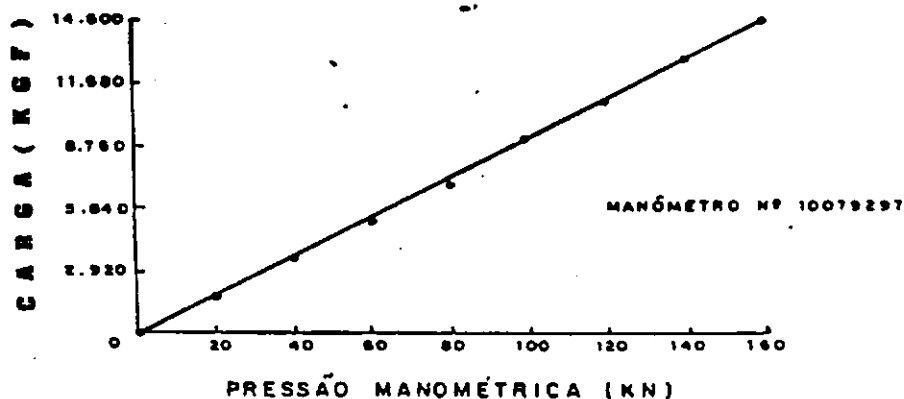


FIGURA 24 - CURVA DE AFERIÇÃO DO MANÔMETRO UTILIZADO NOS ENSAIOS DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS.

O sistema de leitura das deformações foi constituído de uma viga apoiada no terreno, dotado de três suportes móveis para fixação dos deflectômetros, em número de três, com precisão de 0,01 mm/10 mm, instalados em três pontos adequadamente posicionados sobre a placa assente no terreno.

Os ensaios foram executados de acordo com o método ASTM-D-1196/64, com atenção especial para a regularização da superfície da camada, nivelamento e apoio total de placa assente sobre o terreno ensaiado.

Para cada acréscimo de pressão foram lidos os deslocamentos registrados nos três extensômetros até atingir a pressão correspondente à ruptura do solo; em seguida procedeu-se o descarregamento, registrando-se as pressões e as leituras dos recalques correspondentes.

Com os resultados obtidos, foram traçadas curvas tensão-deformação, englobando carregamento e descarregamento de configuração semelhante à curva hipotética mostrada na Figura 25. Em seguida, foram determinados os módulos de reação (k). Os resultados estão apresentados nos Anexos A e B.

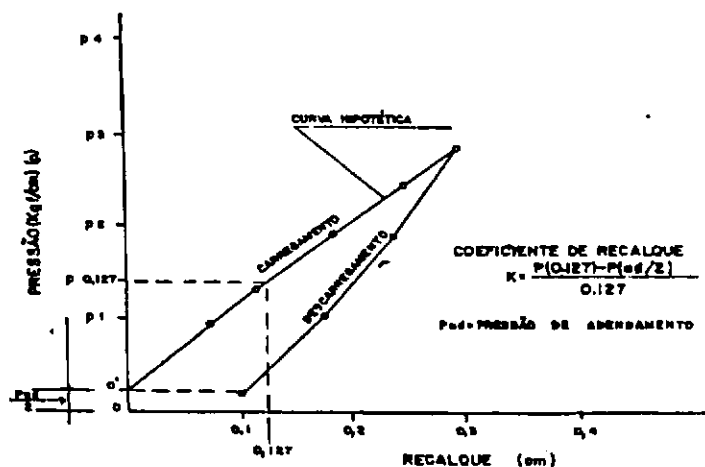


FIGURA 25 - CURVA PRESSÃO X RECALQUE E CÁLCULO DO COEFICIENTE DE RECALQUE (k) (SOUZA, E THOMAZ, 1982, P. 14.)

A seguir são apresentadas algumas providências que foram tomadas durante a execução dos ensaios e consideradas importantes para a interpretação dos resultados:

- na terraplanagem o ensaio foi realizado em uma cava de 0,28m de profundidade;
- na sub-base os ensaios foram realizados na superfície;

- apenas nos dois ensaios iniciais no km 07, foram utilizadas cinco placas. No restante dos ensaios, por questões operacionais do sistema de transmissão, foram utilizadas quatro placas, sendo substituída a placa padrão de 76,20 cm pela de 61,0 cm;
- em decorrência da observação anterior, para determinação do coeficiente de recalque (k) foi necessário usar o fator de correção, $F_c = 0,94$, determinado no gráfico da Figura 04;
- na base, o ensaio não foi executado, devido ao fato de que os locais a ser ensaiados encontravam-se revestidos com CBUQ;
- um pequeno número de ensaios foi realizado nos mesmos locais ensaiados no subleito.

3.6.6.5 Ensaio Pressiométrico

Com o intuito de verificar o comportamento tensão-deformação do solo, determinação do módulo pressiométrico e o estudo de correlações com outros ensaios, foram executados ensaios pressiométricos nos mesmos locais dos ensaios de CBR e Placas, obedecendo à metodologia proposta por Briaud e Shields (1979).

O equipamento utilizado foi o pressiômetro para pavimentação, modelo 32/35, fabricado pela Roctest (Montreal, Canadá).

Previamente à execução dos ensaios foram feitas as devidas calibrações de resistência da membrana (ver Figura 26), devido à inércia da membrana de borracha e seu sistema protetor; calibração da perda de volume (ver Figura 27), pelo fato do volume ser menor que o volume real de inflação da sonda, em virtude da expansibilidade da tubulação, perdas nas conexões e

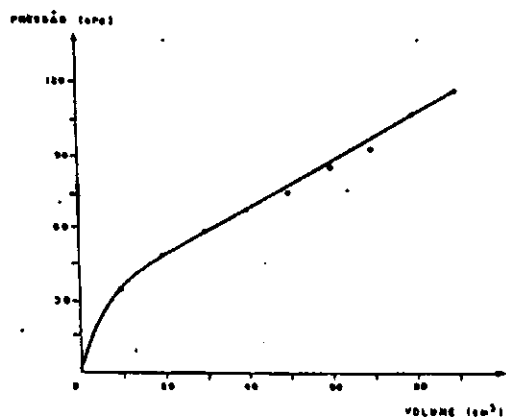


FIGURA-26 - CURVA DE CALIBRAÇÃO DA RESISTÊNCIA DA MEMBRANA DO PRESSIÔMETRO DE BRIAUD (1995).

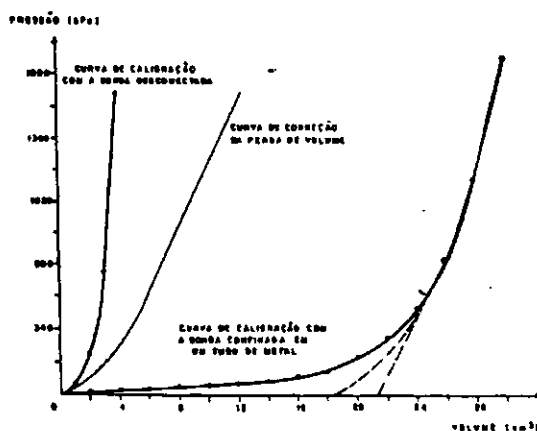
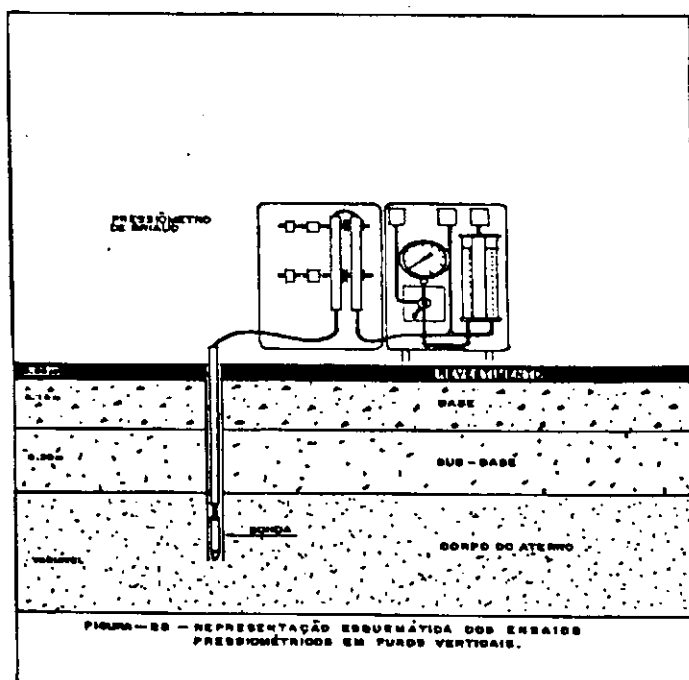


FIGURA-27 - CURVA DE CALIBRAÇÃO DA PERDA DE VOLUME DO PRESSIÔMETRO DE BRIAUD (1995).

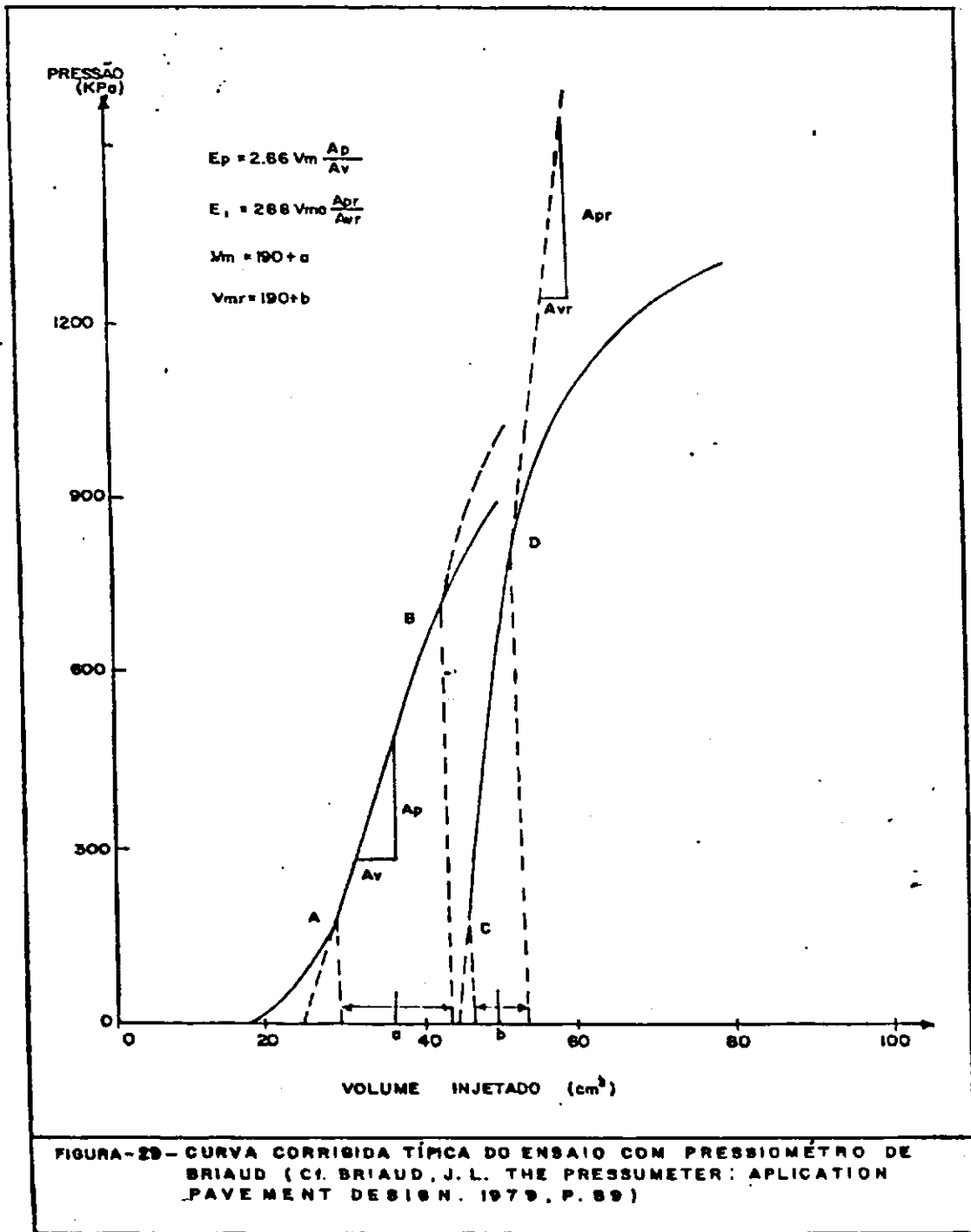
compressibilidade da água. Para o cálculo da pressão real, foi considerado o acréscimo da pressão hidrostática decorrente do desnível entre o manômetro e a sonda.

Os ensaios foram realizados com a sonda na posição vertical como mostra a **Figura 28**, com abertura prévia dos furos, por meio de um trado padrão, com diâmetro de aproximadamente 3,25 cm, satisfazendo a condição proposta por Briaud (1992), ou seja, 1,03 vezes o diâmetro da sonda.



No tocante a realização dos ensaios, estes foram realizados segundo procedimento proposto por Briaud e Shields (1979), onde a cada 5 cm³ de variação (acrécimo) de volume, foram registradas as correspondentes pressões, até atingir o limite máximo do medidor (90 cm³), no último carregamento.

Com os dados obtidos (pressão-volume) e suas respectivas correções, foram traçadas as curvas pressiométricas corrigidas de cada ensaio, de configuração semelhante à curva típica corrigida do ensaio pressiométrico de Briaud, **Figura 29**.



A seguir determinou-se os módulos pressiométricos (E_p) e de recompressão (E_c), nas fases pseudo-elásticas de cada curva; os respectivos valores, expressos em kPa, foram transformados em kgf/cm^2 ou em MPa, visando uniformizar as unidades.

Destacam-se as seguintes observações:

- na base, não foi possível a execução de ensaio, pelo fato do comprimento da sonda pressiométrica ser superior à espessura da base;
- na sub-base, apenas um pequeno número de ensaios coincidiu com os locais dos ensaios realizados no subleito;
- no subleito, o ensaio foi realizado a uma profundidade média de 0,34 m.

CAPÍTULO 4

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 - Introdução

Neste capítulo são apresentados os resultados dos ensaios de laboratório e "in situ" das camadas do pavimento analisado, através de tabelas e gráficos. Em seguida, são analisados e comparados com resultados obtidos nas referências pesquisadas. Procura-se, também, estabelecer possíveis correlações entre as variáveis e, através de análise qualitativa, fazer inferências sobre o comportamento estrutural do pavimento no trecho analisado.

4.2 – Apresentação dos Resultados

Os resultados dos ensaios de laboratório e "in situ", realizados de acordo com a metodologia descrita no Capítulo III, das camadas do pavimento, encontram-se nas **Tabelas 13, 22 e 30**, com as respectivas classificações individuais de cada amostra ensaiada.

As **Tabelas 14, 23 e 31** referem-se aos parâmetros estatísticos correspondentes às características médias de cada camada, como também suas respectivas classificações do HBR. Nas **Tabelas 15, 24 e 32**, são mostrados resultados obtidos na pesquisa, bem como valores prováveis recomendados por referências pesquisadas sobre o assunto.

Nos **Anexos A, B e C**, estão apresentados os resultados individuais de cada ensaio "in situ", a saber: CBR, Prova de Carga sobre Placas e Pressiométrico, com os respectivos valores de CBR, módulos de reação (k), módulos pressiométricos (E_p) e recompressão (E_R), e pressões limite (P_L) do subleito e sub-base. Constam, também nesses anexos, o teor de umidade ($\%h$), a temperatura ($^{\circ}C$) e a profundidade na qual os ensaios foram realizados.

4.3 – Análise do Subleito

O subleito estudado apresenta material diversificado com classificações HRB tipos A-1-B, A-2-4, A-6, A-7-6, como mostra a Tabela 13. Todavia, o resultado da granulometria média apresentado na Tabela 14 revela que o material pertence ao grupo A-4 da classificação HRB, com índice de Grupo (IG) de 2, limite de liquidez (LL) 34% e índice de plasticidade médio de 7%. Sua curva granulométrica média (Figura 30) não se enquadra em nenhuma faixa adotada pela AASHTO. Possui percentagem passando na peneira 0,075mm de 36%, CBR médio de 9% e expansão média 0,39%, atendendo as condições para uso na pavimentação, conforme especificações gerais de obras rodoviárias adotadas pelo DNER.

Com relação aos ensaios “in situ”, pode-se afirmar que os resultados dos valores médios são satisfatórios, com valor de CBR de 29%, módulo de reação médio (k) de 43,90 MPa/m (4,39 kgf/cm²/cm) inteiramente compatível com os valores da AASHTO-M-145 (DNER, 1994), cujos valores variam entre 25 MPa/m (2,5 kgf/cm²/cm) e 80 MPa/m (8,0 kgf/cm²/cm).

Os valores médios do módulo pressiométrico (E_p) de 22,16 MPa (221,60 kgf/m²) e de pressão limite (P_L) foram superiores aos valores encontrados por Ménard (1975) para os tipos de solo analisado. Entretanto há que se levar em consideração que a formação dos solos estudados pelo referido autor é bastante diferente das nossas condições.

Ao mesmo tempo, analisando os valores individuais dos ensaios de laboratório e “in situ” da Tabela 15, observamos que os valores de CBR obtidos no laboratório não foram compatíveis com os da classificação HRB – o que não inviabiliza sua aplicação na pavimentação, enquanto que os resultados “in situ” apresentaram valores coerentes com o da classificação, exceto os valores determinados nas estacas 350 e 475. Quanto aos módulos de reação (k), apenas os solos pertencentes aos grupos A-6 e A-7-6 se enquadraram dentro dos valores propostos pela AASHTO-M-145, ao passo que os valores dos módulos pressiométricos e das pressões limites superaram os valores apresentados por Ménard (1975).

Com relação aos demais parâmetros médios medidos “in situ”, têm-se a umidade de 9,1%, massa específica aparente de 1.859 kg/m³ e grau de compactação de 100%.

Tabela 13 – Resultados dos Ensaios Geotécnicos de Laboratório e “In Situ” do Subleito.

ESTACA	350	375	400	425	450	475	500	525	575	600	625	650	675	700
LADO	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
PROFUNDIDADE (cm)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
GRANULOMETRIA														
PENEIRA % passando	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	3/8"	96	100	99	100	99	99	100	99	99	100	100	100	99
	Nº 4	92	99	98	98	98	98	99	93	95	97	97	98	99
	Nº 10	75	95	97	83	85	89	95	76	80	87	85	87	91
	Nº 40	39	68	74	45	49	56	70	41	47	58	55	56	65
	Nº 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nº 200	19	52	51	23	27	32	53	21	26	41	38	38	51
LL (%)	27	40	32	31	31	31	43	26	31	37	38	35	42	
IP (%)	NP	14	12	NP	NP	NP	17	NP	NP	16	12	12	17	
IG	0	3	3	0	0	0	7	0	0	3	2	2	4	
Classificação H.R.B.	A-2-4	A-6	A-6	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-7-6	A-1-B	A-2-4	A-6	A-6	A-6	A-7-6	
Massa Específica Grãos (kg/cm³)	2,66	2,59	2,57	2,67	2,69	2,67	2,56	2,67	2,66	2,69	2,64	2,62	2,60	
COMPACTAÇÃO E CBR – 12 GOLPES														
Densidade Max. (kg/m³)	2.040	1.730	1.695	1.940	1.955	1.845	1.710	1.985	1.945	1.875	1.860	1.880	1.785	
Umidade Ótima (%)	8,4	15,6	17,2	10,5	10,4	11,9	18,3	9,7	11,4	12,4	12,4	11,5	15,7	
CBR (%)	20	6	3	13	9	11	6	12	14	7	6	8	5	
Expansão (%)	0,2	0,6	0,9	0,3	0,2	0,2	0,6	0,1	0,2	0,5	0,4	0,3	0,7	
ENSAIOS “IN SITU”														
Umidade (%)	6,9	11,7	11,7	4,7	8,1	7,5	11,1	8,1	8,7	8,7	10,0	9,3	11,7	
Massa Esp. Ap. (kg/m³)	2.100	1.666	1.604	2.050	2.141	2.122	1.540	2.107	1.735	1.729	1.861	1.766	1.663	
GC (%)	103	96	95	106	109	115	90	106	89	92	100	94	93	
Mod. Press. E _p (MPa)	18,33	29,56	11,51	20,15	49,91	24,80	9,17	16,38	20,47	17,97	13,46	23,53	24,21	
CBR (%)	20	31	15	39	48	23	38	26	25	21	34	29	33	
Mod. Reação k (MPa/m)	13,80	35,40	62,90	29,61	46,25	60,25	43,71	46,25	40,70	48,13	33,28	77,74	39,60	
Pressão Limite (MPa)	1,29	1,18	0,80	1,37	1,48	0,93	0,72	0,98	0,94	1,02	0,98	1,17	1,35	
Mod. Recomp. E _r (MPa)	57,09	73,55	45,19	161,71	43,78	51,83	33,72	45,28	28,58	54,60	42,07	38,72	67,60	

Tabela 14 – Parâmetros Estatísticos referentes aos ensaios e classificação correspondente às características médias dos materiais constituintes do Subleito da Rodovia AL-205 (realizados durante o ano de 1995)

Camada: SUBLEITO													
E N S A I O S D E L A B O R A T Ó R I O													
Parâmetros Estatísticos	Granulometria : % Passando						Índices Físicos, Compactação e CBR						
	1"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	LL (%)	IP (%)	Dens. Real (g/cm³)	M.Esp.Ap. (kg/m³)	Umidade Ótima(%)	CBR (%)	Exp. (%)
Amostra (n)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Média (\bar{X})	100	99	97	86	55	36	34	7,00	2,64	1.870	12,6	9	0,39
D. Padrão (s)	0,0	1,07	2,33	6,92	10,93	12,22	5,51	7,58	0,046	106,94	2,95	4,45	0,23
E N S A I O S " I N S I T U "													
Parâmetros Estatísticos	Gran de Compactação			Mod. Pressiom.	Pressão Limite	Mod. Reação	CBR						
	Umidade (%)	Mas. Esp. Apar. (kg/m³)	GC(%)	E _p (MPa)	P _L (MPa)	k (MPa/m)	(%)						
Amostra (n)	14	14	14	14	14	14	14						
Média (\bar{X})	9,1	1.859	100	22,16	1,099	43,90	29						
D. Padrão (s)	2,05	213,88	8,00	10,16	0,22	15,62	8,71						
C L A S S I F I C A Ç Ã O													
HRB		IG			Faixa AASHTO								
A - 4		2,0			FORA DE FAIXA								

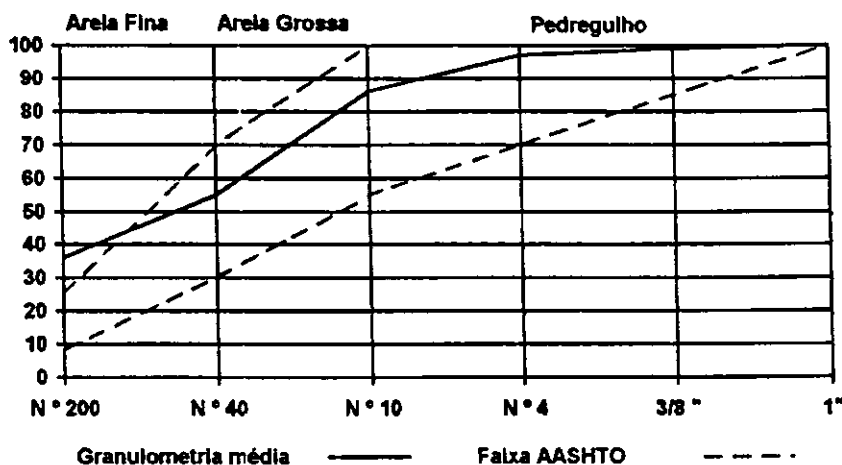


Figura 30 – Curva Granulométrica média dos materiais constituintes do Subleito da Rodovia AL-205 e Faixa AASHTO correspondente

Tabela 15 – Resultados Obtidos no Subleito Comparados a Valores Encontrados nas Referências Pesquisadas

Localização	Classificação HRB	CBR Laborat. (%)	CBR "in situ" (%)	Val. Prováveis de CBR (HRB)	Módulo Reação K (MPa/m)	(a) Valores da AASHTO-M.145 (MPa/m)	Mod. Presiom. E_p (MPa)	Pressão Limite P_L (MPa)	(b) Valores de E_p (MPa)	(b) Valores de P_L (MPa)
EST. 350	A-2-4	20	20	25 a mais de 80	13,80	≥ 80	18,33	1,29	4,0 – 15,0	0,04 – 1,06
EST. 375	A-6	6	31	menos 2 a 15	35,40	≤ 60	29,56	1,18	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 400	A-6	3	15	menos 2 a 15	62,40	≤ 60	11,91	0,80	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 425	A-2-4	13	39	25 a mais de 80	29,61	≥ 80	20,15	1,37	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 450	A-2-4	9	48	25 a mais de 80	46,25	≥ 80	49,91	1,48	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 475	A-2-4	11	23	25 a mais de 80	60,25	≥ 80	24,80	0,93	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 500	A-7-6	6	38	menos 2 a 15	43,71	≤ 60	9,17	0,72	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 525	A-1-B	12	26	20 a mais de 80	46,25	70 – 165	16,85	0,98	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 575	A-2-4	14	25	25 a mais de 80	40,70	≥ 80	20,47	0,91	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 600	A-6	7	21	menos 2 a 15	48,13	≤ 60	17,97	1,02	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 625	A-6	6	34	menos 2 a 15	33,28	≤ 60	13,46	0,98	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 650	A-6	8	29	menos 2 a 15	77,4	≤ 60	23,53	1,17	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 675	A-7-6	5	33	menos 2 a 15	39,60	≤ 60	24,01	1,35	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00
EST. 700	A-2-4	9	30	25 a mais de 80	37,04	≥ 80	30,77	1,18	4,0 – 15,0	0,04 – 1,00

(a) Estimativa de valores do módulo de reação do subleito estabelecidos pela AASHTO.

(b) Estimativa de valores para módulo pressiométrico e pressão limite indicados por Ménard (1975).

Em síntese, através da análise apresentada, têm-se um subleito heterogêneo, apresentando um bom suporte, com valores médios de CBR, módulo de reação (k), módulo pressiométrico (Ep), pressão limite (P_L) satisfatórios e grau de compactação (GC) adequados para a camada analisada.

4.3.1 – Análise de Correlação no Subleito

A seguir, analisa-se os resultados obtidos procurando-se estabelecer correlações entre parâmetros obtidos nos diferentes ensaios com o emprego do programa STATGRAPHICS.

4.3.2 – Relacionamento entre Módulo de Reação do Subleito (k) e CBR “in situ”

Os valores empregados para análise de correlação estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Valores de CBR “in situ” × Módulo de Reação do subleito

Localização	CBR “in situ” (%)	Módulo de Reação(k) (kgf/cm ² /cm)
Est. 350	20	1,38
Est. 375	31	3,54
Est. 425	39	2,96
Est. 450	48	4,62
Est. 500	38	4,37
Est. 625	34	3,33
Est. 675	33	3,96
Est. 700	30	3,70

A melhor correlação foi obtida quando os pontos foram ajustados através do modelo multiplicativo, onde conseguiu-se um coeficiente de correlação $r = 0,84$ e $S.E.E=0,22$ a um nível de significância $\alpha=5\%$, resultando na seguinte expressão:

$$k = 0,04CBR_{in\ situ}^{1,26} \quad (23)$$

onde k é expresso em kgf/cm²/cm e CBR em %.

Como pode-se observar, trata-se de uma boa correlação apresentando as seguintes vantagens:

- economia de tempo e de custos pelo uso do parâmetro CBR cujo custo é bastante inferior ao da prova de carga convencional;
- segundo Silva (1985), os valores do módulo de reação do subleito a partir de um significativo número de ensaios CBR, garantem uma boa estimativa das condições do subleito, principalmente em áreas de futuros aeroportos;
- para efeito de dimensionamento de pavimento rígido, o método adotado pela AASHTO/86 e PCA/84 admite o uso de correlação com certa cautela.

Ainda com relação a esta correlação, convém observar as diferenças entre os valores dos coeficientes quando comparados aos das correlações encontrados por Silva (1985) – baseados nos dados fornecidos pelo PCA (1973); Eisenmann e Wilson-Williams (1951) –, provavelmente influenciados pelos seguintes fatores:

- heterogeneidade do solo, pois os valores do CBR e do módulo de reação estão associados a cada tipo de solo;
- a prova de carga é geralmente feita sobre a camada compactada no seu estado natural; caso exista a possibilidade de saturação do local ensaiado é necessária uma correção para obter o valor de k na situação prevista; o que pode ser feito com o auxílio de ensaio de adensamento em laboratório;
- o diâmetro da placa, visto que o coeficiente é sensível ao diâmetro utilizado, mostrando a experiência que o coeficiente de recalque deve ser determinado com placas de 76cm de diâmetro, ou mais (Souza e Thomaz, 1982);
- altos valores de CBR, pois os coeficientes determinados nas correlações encontradas por Silva foram para $CBR \leq 30$.

A Tabela 17 a seguir mostra os valores dos módulos de reação do subleito k determinados no campo e através de correlação, para valores de CBR superiores a 30%, e sua respectiva representação gráfica na figura 31.

TABELA 17 – Valores de k obtidos no campo e por correlação em função do CBR “in situ” no subleito analisado.

Localização	k_{CAMPO} kgf/cm ² /cm	k_{ESTUDO} $k=0,04 CBR^{1,26}$	$k_{AASHTO (*)}$ $k=26,6 \log CBR - 31,34$	$k_{AASHTO/86 (**)}$ $k=4,51+0,89(\log CBR)^{4,34}$
Est. 375	3,54	3,03	8,30	9,55
Est. 425	2,96	4,04	10,95	11,19
Est. 450	4,62	5,25	13,35	13,00
Est. 500	4,37	3,91	10,65	10,98
Est. 625	3,33	3,40	9,36	10,17
Est. 675	3,96	3,28	9,01	9,96
Est. 700	3,70	2,90	7,91	9,35

(*) Silva (1985)

(**) DNER (1989)

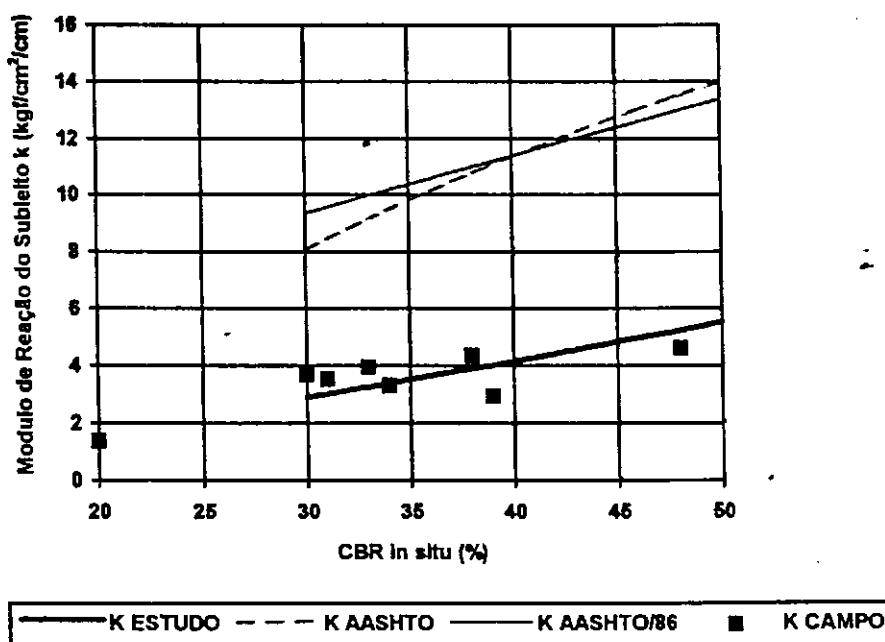


Figura 31 – Correlação entre k e CBR “in situ” Comparada a Resultados Obtidos em outros Estudos

4.3.3 – Relacionamento entre Módulo de Reação do Subleito (k) e CBR de Laboratório.

Os valores empregados para análise de correlação estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Valores de CBR_{LAB} × Módulo de Reação do Subleito (k)

Localização	CBR _{LAB} (%)	Módulo de Reação k (kgf/cm ² /cm)
Est. 375	6	3,54
Est. 450	9	4,62
Est. 475	11	6,02
Est. 500	6	4,37
Est. 600	7	4,81
Est. 625	6	3,33
Est. 650	8	7,77
Est. 675	5	3,96
Est. 700	9	3,70

Assim como no item anterior, o melhor ajuste foi obtido com modelo multiplicativo, resultando num coeficiente de correlação $r=0,52$ e $S.S.E=0,25$ para um nível de significância $\alpha = 5\%$, definida pela seguinte expressão:

$$k = 1,50CBR_{LAB}^{0,56} \quad (24)$$

onde k é expresso em kgf/cm²/cm e CBR expresso em %.

Mesmo não sendo uma boa correlação, apresenta as seguintes vantagens:

- economia de custo;
- bom estimador das condições de subleito;
- indicador para dimensionamento de pavimentos rígidos e flexíveis de aeroportos, face à heterogeneidade dos solos de fundação e das grandes extensões das áreas a serem pavimentadas;
- sua representação gráfica, Figura 32 a seguir, aproxima-se das curvas obtidas por Silva (1985), como mostra a Tabela 19, levando a supor que o valor do módulo de reação estimado através da correlação está mais associado ao CBR de laboratório para valores de $CBR \leq 30$

Tabela 19 – Valores de k (kgf/cm²/cm) obtidos por correlação, em função do CBR de laboratório do Subleito analisado, e comparação dos resultados obtidos com outros estudos.

CBR	k ESTUDO 1,50 CBR ^{0,56}	(*)k JEFFROY 1 1,25 CBR ^{0,65}	(*)k JEFFROY 2 1,44 CBR ^{0,68}	(*) k PCA 1,60 CBR ^{0,525}	(*) k EISENMANN 1,55 CBR ^{0,566}	(*) k WILSON-WILLIAMS 0,725 CBR ^{0,779}	(*) k AASHTO 0,41+5,13 logCBR	(**) k AASHTO/86 0,25+5,15 logCBR
5	3,69	3,56	4,30	3,72	3,85	2,54	4,00	3,85
6	4,09	4,01	4,87	4,10	4,27	2,93	4,40	4,26
7	4,46	4,43	5,41	4,44	4,66	3,30	4,75	4,60
8	4,81	4,83	5,92	4,77	5,03	3,66	5,04	4,90
9	5,13	5,21	6,42	5,07	5,38	4,02	5,31	5,16
11	5,74	5,94	7,35	5,63	6,02	4,69	5,75	5,61

(*) Silva(1989)

(**) DNER (1989)

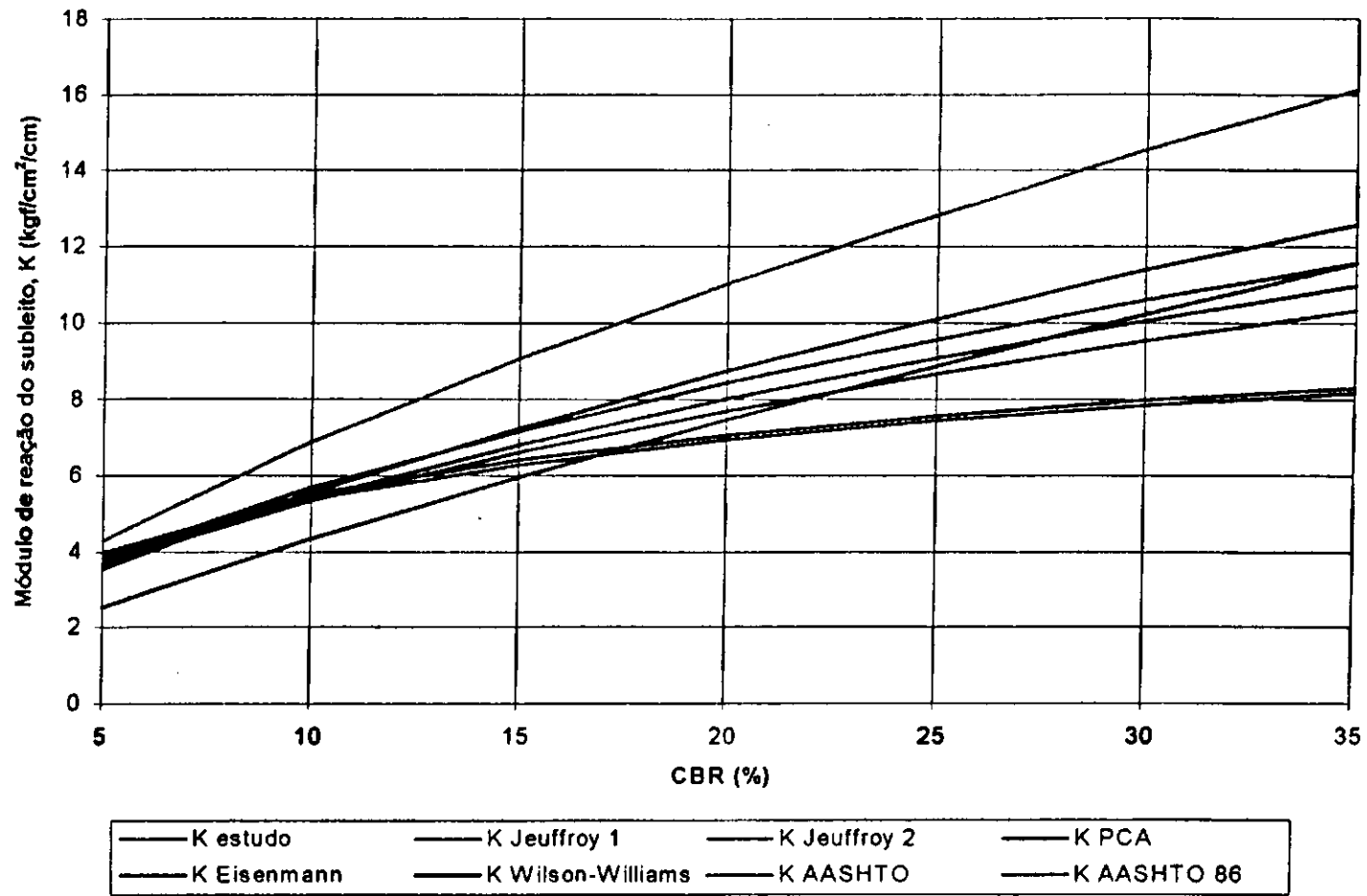


Figura 32 – Comparação dos resultados obtidos na pesquisa com outros estudos

4.3.4 - Relacionamento entre Pressão Limite (P_L) e CBR "in situ".

Os valores empregados para análise de correlação estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Valores de $P_L \times CBR_{IN\ SITU}$ do Subleito

Localização	P_L (kgf/cm ²)	$CBR_{IN\ SITU}$ (%)
Est. 375	11,80	31
Est. 400	8,00	15
Est. 425	13,70	39
Est. 475	9,30	23
Est. 525	9,80	26
Est. 575	9,10	25
Est. 625	9,80	34
Est. 650	11,70	29
Est. 675	13,50	33
Est. 700	11,80	30

O melhor ajuste dos pares de valores constantes na tabela acima foi obtido com modelo linear, resultando num coeficiente de correlação $r = 0,83$ e S.E.E. = 3,95 ao nível de significância $\alpha = 5\%$, expressa pela seguinte equação:

$$CBR_{IN\ SITU} = -2,64 + 2,87 P_L \quad (25)$$

onde P_L é expressa em kgf/cm² e CBR expresso em %.

Observando-se o valor do coeficiente de correlação podemos dizer que trata-se de uma boa correlação e apresenta as seguintes vantagens:

- economia de tempo, principalmente em avaliação de pavimento existente, onde o ensaio pressiométrico não necessita de abertura de cava;
- indicador para efeito de dimensionamento de pavimentos;
- avaliar as condições das camadas de subleito e sub-base durante a execução de rodovias e de pavimentos já existentes, para efeito de restauração;
- estimar valores de pressão limite teórica, módulo pressiométrico e CBR para cada tipo de solo.

A Tabela 21 e a Figura 33 apresentam a comparação dos resultados obtidos nesta pesquisa com a correlação proposta por Ménard (1968). Observa-se que os valores resultantes desta pesquisa foram superiores aos conseguidos por aquele pesquisador. Entretanto, há que salientar-se que os valores obtidos por Ménard referem-se a ensaios em solos naturais estudados para projeto de fundações, razão pela qual sempre apresentam valores inferiores ao obtidos quando o ensaio é executado sobre solos compactados.

Tabela 21 – Valores de CBR “in situ” e obtidos por correlação em função da Pressão Limite (P_L) do Subleito analisado.

Localização	CBR IN SITU	Estudo $CBR = -2,64 + 2,87 P_L$	Ménard $CBR = 1,7 P_L$
Est. 375	31	31	20
Est. 400	15	20	14
Est. 425	39	37	23
Est. 435	23	24	16
Est. 525	26	25	17
Est. 575	25	23	15
Est. 625	34	25	17
Est. 650	29	31	20
Est. 675	33	36	23
Est. 700	30	31	20

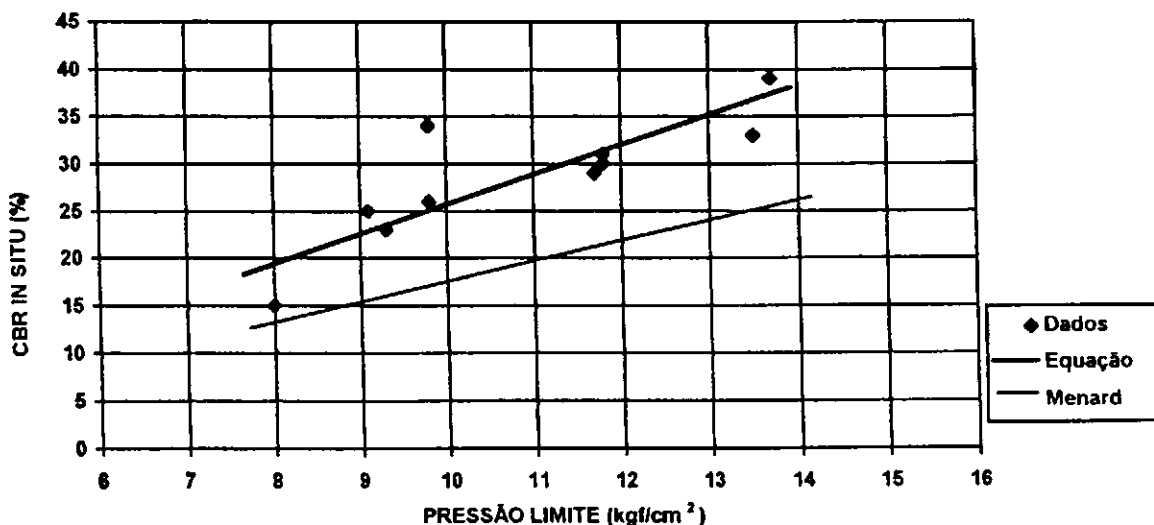


Figura 33 – Comparação dos resultados obtidos na pesquisa com o estudo de Ménard.

4.3.5 – Outras comparações

As correlações obtidas envolvendo CBR de laboratório e “in situ” e Módulo Pressiométrico, Módulo de Reação e Módulo Pressiométrico, não foram satisfatórias. Assim sendo, não são apresentadas neste trabalho. Com o intuito de complementar o estudo do subleito, foram feitas algumas comparações, já evidenciadas por Medina e outros (1988), como $h_{OT} \times h_{IN\text{SITU}}$ e $CBR_{LAB} \times CBR_{IN\text{SITU}}$, onde, de modo geral, as umidades de campo são sempre inferiores às ótimas, e os valores de CBR de campo superiores aos obtidos em laboratório com saturação, conforme mostram as Figuras 34 e 35.

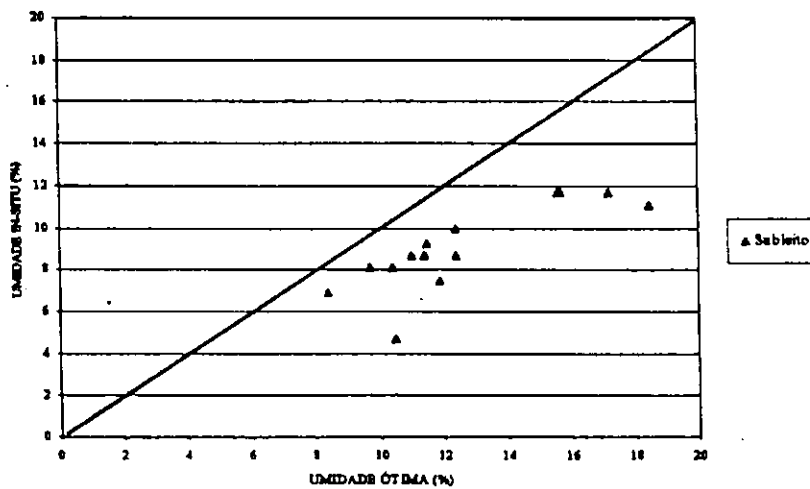


FIGURA 34 - COMPARAÇÃO ENTRE UMIDADE ÓTIMA OBTIDA POR COMPACTAÇÃO EM LABORATÓRIO E UMIDADE “IN SITU” MEDIDA NO SUBLEITO DO PAVIMENTO ANALISADO.

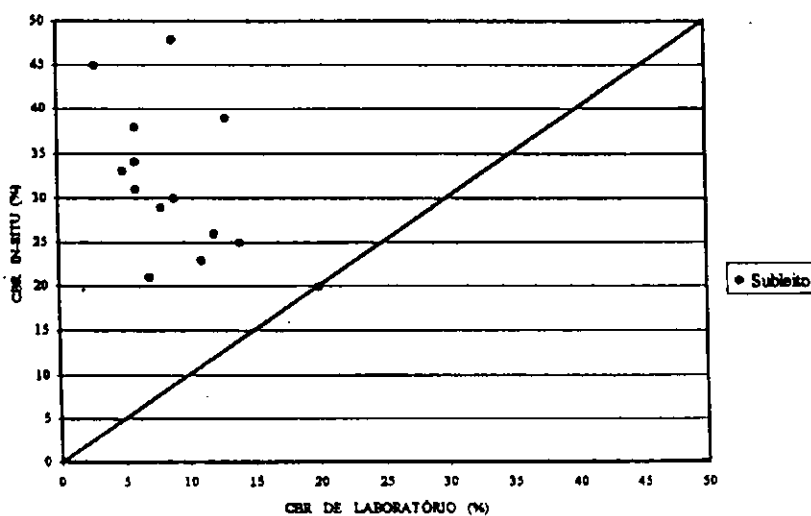


FIGURA 35 - COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES DE CBR EM LABORATÓRIO E OS VALORES DE CBR “IN SITU” MEDIDOS NO SUBLEITO DO PAVIMENTO ANALISADO.

Na Figura 36, observa-se que o módulo pressiométrico, em geral, é inferior ao módulo de recompressão em ensaio de carregamento cíclico.

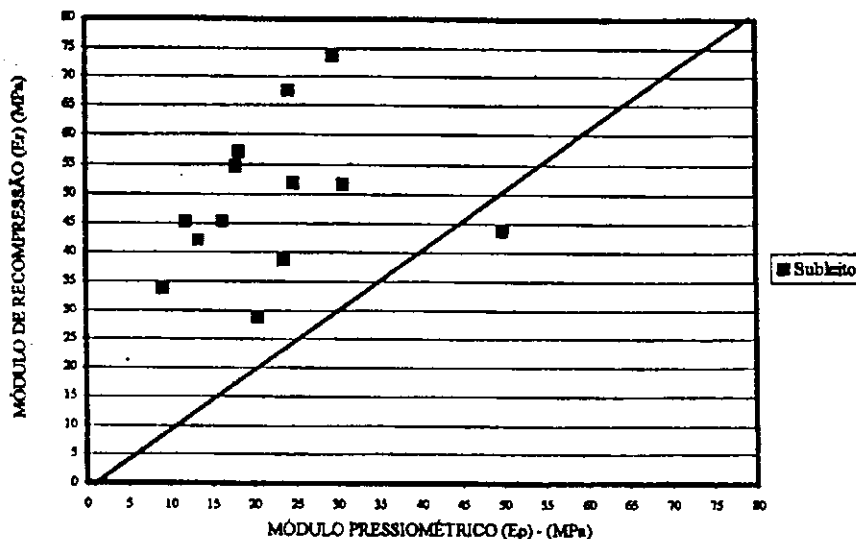


FIGURA 36 - COMPARAÇÃO ENTRE MÓDULO PRESSIOMÉTRICO (E_p) E MÓDULO DE RECOMPRESSÃO (E_r) MEDIDOS NO SUBLEITO DO PAVIMENTO ANALISADO.

4.4 – Análise da Sub-base

Os resultados dos ensaios de laboratório revelam a ocorrência de material predominantemente areno-siltoso não plástico, com classificação HRB A-2-4, como mostra a Tabela 22. Sua granulometria média, apresentada na Figura 37, não se enquadra em nenhuma faixa da AASHTO, apesar de suas características físicas e mecânicas indicarem um bom material para uso na pavimentação.

Os valores médios dos ensaios de laboratório constantes na Tabela 23 apresentam CBR médio de 37% com expansão nula, umidade ótima de 9,8% e massa específica de 1893 kg/m^3 .

Os valores médios dos ensaios “in situ” apresentados na mesma tabela apresentam CBR médio de 75%, compatível com os valores indicados na classificação HRB, o módulo de reação (k) de $17,12 \text{ kgf/cm}^2/\text{cm}$ ($171,23 \text{ MPa/m}$) é superior ao estimado pelo DNER (1989) para projeto de pavimentos de concreto. O módulo pressiométrico (E_p) de $113,00 \text{ kgf/cm}^2$ ($11,30 \text{ MPa}$) e pressão limite (P_L) de $8,30 \text{ kgf/cm}^2$ ($0,83 \text{ MPa}$), umidade média de 8%, grau de compactação de 101% e massa específica aparente de 1923 kgf/cm^3 , são adequados ao tipo de solo analisado.

Tabela 22 – Resultados dos Ensaio Geotécnicos de Laboratório e “In Situ” da Sub-base

ESTACA	0	15	40	50	60	70	80	90	110	120	130	140	150	160
LADO	E	D	D	E	D	E	D	E	E	D	E	D	E	D
PROFUNDIDADE (cm)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
GRANULOMETRIA														
PENEIRA % passando	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	3/8"	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Nº 4	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Nº 10	74	76	63	64	70	76	65	88	74	70	71	97	88
	Nº 40	39	68	74	45	49	56	70	41	47	58	55	56	65
	Nº 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nº 200	27	11	13	13	11	17	14	19	15	18	16	20	27
LL (%)	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL
IP (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
IG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Classificação H.R.B.	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4
Massa Específica Grãos (kg/cm³)	-	-	2,61	2,62	2,62	2,61	2,64	2,62	2,61	2,62	2,61	2,64	2,64	2,61
COMPACTAÇÃO E CBR – 26 GOLPES														
Densidade Max. (kg/m³)	1.845	1.825	1.953	1.890	1.850	1.835	1.885	1.871	1.850	1.860	1.850	1.915	1.925	1.925
Umidade Ótima (%)	9,2	8,7	9,0	9,0	9,2	10,7	10,2	9,6	10,3	11,2	9,0	10,6	13,2	10,2
CBR (%)	32	36	46	31	43	40	41	41	41	41	45	29	42	42
Expansão (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ENSAIOS “IN SITU”														
Umidade (%)	6,9	6,9	6,9	9,3	6,4	6,4	6,4	7,5	8,1	9,3	8,7	9,3	10,5	9,3
Massa Esp. Ap. (kg/m³)	1.856	1.846	1.945	1.846	1.884	1.871	1.810	1.809	1.908	1.934	1.879	1.884	1.827	1.973
GC (%)	100	101	100	98	102	102	96	97	103	104	102	98	95	102
Mod. Press. E _p (MPa)	7,80	10,27	5,56	3,54	7,03	9,80	5,82	9,03	17,12	12,42	9,54	-	9,07	-
CBR (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	43	66	51	40	68	72
Mod. Reação k (MPa/m)	76,23	128,03	133,20	231,70	100,00	62,90	129,72	292,34	-	-	-	-	-	-
Pressão Limite (MPa)	0,52	0,93	0,89	0,49	0,63	0,82	0,44	0,82	1,08	0,84	0,98	-	0,58	-
Mod. Recomp. E _r (MPa)	11,70	10,45	18,07	11,46	12,19	25,61	15,01	20,72	51,43	30,02	35,34	-	10,27	-

continua...

Tabela 22

...continuação

ESTACA	170	180	190	200	210	220	250	260	270	280	290	300	310	320
LADO	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
PROFUNDIDADE (cm)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
GRANULOMETRIA														
PENEIRA % passando	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	3/8"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98
	Nº 4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	92	92
	Nº 10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	77	76
	Nº 40	92	95	94	94	95	91	94	95	96	98	93	64	66
	Nº 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nº 200	19	27	23	25	12	13	23	12	24	12	17	19	24
LL (%)	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL
IP (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
IG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Classificação H.R.B.	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4
Massa Específica Grãos (kg/cm³)	2,64	2,64	2,62	2,61	2,65	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,59	2,62	2,68	2,65
COMPACTAÇÃO E CBR - 26 GOLPES														
Densidade Max. (kg/m³)	1.875	1.883	1.882	1.850	1.794	1.793	1.883	1.790	1.900	1.788	1.458	1.945	1.964	1.955
Umidade Ótima (%)	10,2	8,5	8,4	10,4	10,4	7,8	9,8	8,8	9,4	9,6	8,9	8,6	9,1	8,7
CBR (%)	40	32	34	39	32	36	41	36	31	36	25	29	34	41
Expansão (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ENSAIOS "IN SITU"														
Umidade (%)	8,7	8,1	7,5	7,8	9,3	6,9	9,3	8,7	8,7	8,7	8,7	8,1	8,1	7,5
Massa Esp. Ap. (kg/m³)	2.015	1.836	1.842	1.860	1.826	1.970	1.832	1.858	1.864	1.908	1.803	1.988	2.035	1.919
GC (%)	107	98	98	100	102	110	97	104	98	107	101	102	104	98
Mod. Press. E _p (MPa)	-	9,01	8,75	-	-	7,12	9,41	-	-	10,12	17,75	-	-	-
CBR (%)	68	69	56	46	63	66	57	77	68	67	89	68	55	91
Mod. Reação k (MPa/m)	-	46,62	288,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pressão Limite (MPa)	-	0,58	0,61	-	-	0,51	0,82	-	0,84	-	1,09	-	-	-
Mod. Recomp. E _r (MPa)	-	23,35	18,46	-	-	11,35	19,39	-	25,65	-	38,77	-	-	-

continua...

Tabela 22

...continuação

ESTACA	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	450	465	480
LADO	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
PROFUNDIDADE (cm)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
GRANULOMETRIA														
PENEIRA % passando	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	3/8"	100	100	100	100	100	100	100	100	98	98	99	94	99
	Nº 4	96	97	94	95	96	99	99	98	94	92	94	89	97
	Nº 10	88	88	83	84	87	94	92	91	82	78	83	69	86
	Nº 40	78	75	69	73	74	84	74	75	56	57	60	34	50
	Nº 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nº 200	29	30	28	28	21	25	23	29	18	21	16	14	16
LL (%)	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL
IP (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
IG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Classificação H.R.B.	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4
Massa Específica Grãos (kg/cm³)	-	2,67	2,64	2,63	2,64	2,62	-	-	-	-	-	-	-	-
COMPACTAÇÃO E CBR - 26 GOLPES														
Densidade Max. (kg/m³)	1.945	1.965	1.940	1.945	1.920	1.920	1.905	1.945	1.965	1.910	1.945	1.925	1.935	1.905
Umidade Ótima (%)	9,1	8,1	10,9	11,2	8,8	9,1	10,6	11,0	11,0	11,0	11,5	9,1	9,2	11,3
CBR (%)	39	56	32	48	36	35	40	40	41	43	41	43	42	36
Expansão (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ENSAIOS "IN SITU"														
Umidade (%)	7,5	7,5	8,1	7,5	8,1	8,7	8,7	9,3	9,3	9,3	8,7	7,5	7,5	9,3
Massa Esp. Ap. (kg/m³)	2.008	1.998	1.959	1.916	1.956	1.928	1.917	1.935	1.973	1.909	1.961	1.924	1.982	1.935
GC (%)	103	102	101	99	102	100	101	99	100	100	101	100	102	102
Mod. Press. E _p (Mpa)	9,97	8,79	14,84	9,88	9,06	9,72	8,40	17,14	18,51	20,68	12,70	8,90	15,04	7,80
CBR (%)	52	101	100	86	131	73	98	112	120	66	133	52	83	64
Mod. Reação k (MPa/m)	70,31	200,00	251,64	359,10	159,14	179,16	296,10	325,71	325,71	100,00	100,00	113,10	210,94	77,74
Pressão Limite (MPa)	0,87	0,62	0,92	1,29	0,60	0,61	1,06	0,78	0,98	1,18	0,79	0,78	1,14	0,87
Mod. Recomp. E _r (MPa)	28,15	17,31	26,71	33,17	16,18	16,47	34,40	33,56	38,26	46,17	29,09	29,78	72,41	30,75

continua...

Tabela 22

...continuação

ESTACA	495	510	525	540	555	570	585	600
LADO	E	D	E	D	E	D	E	D
PROFUNDIDADE (cm)	20	20	20	20	20	20	20	20
GRANULOMETRIA								
PENEIRA % passando	2"	100	100	100	100	100	100	100
	1"	100	100	100	100	100	100	100
	3/8"	99	100	100	100	99	99	98
	Nº 4	95	92	94	95	90	94	92
	Nº 10	86	71	77	83	70	77	79
	Nº 40	66	38	38	49	38	44	55
	Nº 80	-	-	-	-	-	-	-
	Nº 200	14	20	23	28	12	22	15
LL (%)	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL
IP (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
IG	0	0	0	0	0	0	0	0
Classificação H.R.B.	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4
Massa Específica Grãos (kg/cm ³)	-	-	-	-	-	-	-	-
COMPACTAÇÃO E CBR - 26 GOLPES								
Densidade Max. (kg/m ³)	1.905	1.947	1.960	1.947	1.940	1.965	1.935	1.960
Umidade Ótima (%)	11,7	10,4	9,6	10,0	10,0	10,2	9,6	8,8
CBR (%)	42	24	26	25	27	27	44	42
Expansão (%)	0,0	0,15	0,20	0,10	0,0	0,10	0,0	0,0
ENSAIOS "IN SITU"								
Umidade (%)	9,3	6,9	6,9	6,9	6,9	8,1	8,1	6,9
Massa Esp. Ap. (kg/m ³)	1.976	2.027	2.068	1.957	1.999	1.982	2.009	2.000
GC (%)	104	104	106	100	103	101	104	102
Mod. Press. E _p (MPa)	10,97	14,45	14,00	13,74	10,88	14,93	15,29	17,15
CBR (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Mod. Reação k (MPa/m)	225,80	275,33	51,90	103,60	74,00	55,60	200,00	235,40
Pressão Limite (MPa)	0,79	0,98	1,19	-	-	0,97	1,07	0,78
Mod. Reomp. E _r (MPa)	37,00	21,57	91,24	-	-	40,58	52,24	20,59

Tabela 23 – Parâmetros Estatísticos referentes aos ensaios e classificação correspondente às características médias dos materiais constituintes da Sub-base da Rodovia AL-205 (realizados durante o ano de 1997)

Camada: SUB-BASE													
E N S A I O S D E L A B O R A T Ó R I O													
Parâmetros Estatísticos	Granulometria : % Passando						Índices Físicos, Compactação e CBR						
	1"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	LL (%)	IP (%)	Dens. Real (g/cm³)	M.Esp.Ap. (kg/m³)	Umidade Ótima(%)	CBR (%)	Exp. (%)
Amostra (n)	50	50	50	50	50	50	50	50	31	50	50	50	50
Média (\bar{X})	100	99	97	91	72	20	NL	NP	2,63	1.893	9,8	37	0,0
D. Padrão (s)	0,0	1,00	3,39	10,13	17,45	5,70	-	-	0,02	80,09	1,07	6,60	0,0
E N S A I O S " I N S I T U "													
Parâmetros Estatísticos	Grau de Compactação			Mod. Pressiom.	Pressão Limite	Mod. Reação	CBR						
	Umidade (%)	Mas. Esp. Apar. (kg/m³)	GC(%)	E_p (MPa)	P_L (MPa)	k (MPa/m)	(%)						
Amostra (n)	50	50	50	42	42	32	35						
Média (\bar{X})	8,00	1.923	101	11,30	0,83	171,23	75						
D. Padrão (s)	1,01	67,79	2,88	3,88	0,21	93,39	23,29						
C L A S S I F I C A Ç Ã O													
HRB		IG			Faixa AASHTO								
A-2 - 4		0			FORA DE FAIXA								

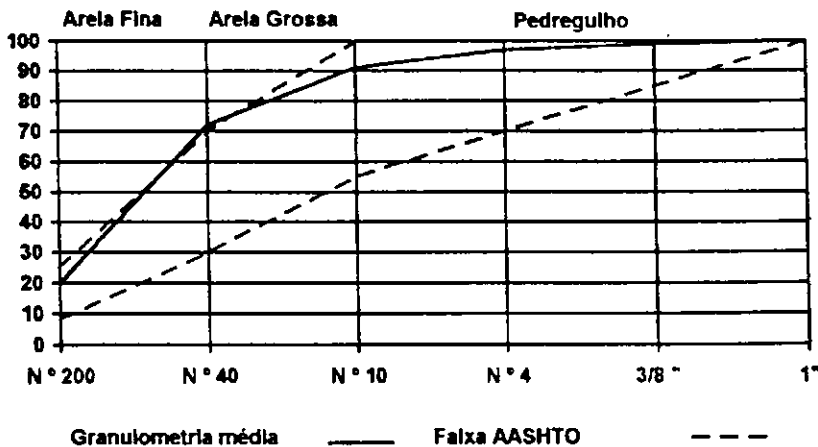


Figura 37 – Curva Granulométrica média dos materiais constituintes da Sub-base da Rodovia AL-205 e Faixa AASHTO correspondente

Analizando os valores individuais apresentados na **Tabela 24** das amostras ensaiadas no laboratório, verifica-se que a maioria apresenta CBR superiores aos indicados pela classificação HRB, com exceção da amostra coletada na estaca 510 – com CBR 24%, o que não inviabiliza seu uso na pavimentação, pois o valor mínimo adotado é de 20%, segundo as especificações do DNER (1974). Os resultados obtidos para módulos de reação (k), pressiométrico (E_p) e da pressão limite (P_L) podem ser considerados excelentes.

Finalmente, pela análise efetuada, tem-se uma sub-base homogênea, constituída de material areno-siltoso, com boa capacidade de suporte, coeficiente de recalque satisfatório e valores de módulo pressiométrico e pressão limite compatíveis com o material utilizado na camada analisada.

Tabela 24 - Resultados Obtidos na Sub-base Comparados a Valores Encontrados nas Referências Pesquisadas

Localização	Classificação HRB	CBR Laborat. (%)	CBR "in situ" (%)	Val. Prováveis de CBR (HRB)	Módulo Reação K (MPa/m)	Mod. Presiom. F_p (MPa)	Pressão Limite P_L (MPa)	(a)Valores de E_p (MPa)	(a)Valores de P_L (MPa)
EST. 0	A-2-4	32	–	25 a mais de 80	76,23	7,80	0,52	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 15	A-2-4	36	–	25 a mais de 80	121,03	10,27	0,53	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 40	A-2-4	46	–	25 a mais de 80	133,20	5,56	0,89	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 50	A-2-4	31	–	25 a mais de 80	231,70	3,54	0,49	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 60	A-2-4	43	–	25 a mais de 80	100,00	7,03	0,63	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 70	A-2-4	40	–	25 a mais de 80	62,90	9,80	0,82	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 80	A-2-4	41	–	25 a mais de 80	129,72	5,82	0,44	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 90	A-2-4	41	–	25 a mais de 80	292,34	9,03	0,82	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 110	A-2-4	41	43	25 a mais de 80	–	17,12	1,08	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 120	A-2-4	41	66	25 a mais de 80	–	12,42	0,84	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 130	A-2-4	45	51	25 a mais de 80	–	9,54	0,98	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 140	A-2-4	29	40	25 a mais de 80	–	–	–	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 150	A-2-4	42	68	25 a mais de 80	–	9,07	0,58	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 160	A-2-4	42	72	25 a mais de 80	–	–	–	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 170	A-2-4	40	68	25 a mais de 80	–	–	–	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 180	A-2-4	32	69	25 a mais de 80	46,62	9,01	0,58	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 190	A-2-4	34	56	25 a mais de 80	288,67	8,75	0,61	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50

(a) Estimativa de valores para módulo pressiométrico e pressão limite indicados por Ménard (1975).

continua...

Tabela 24

...continuação

Localização	Classificação HRB	CBR Laborat. (%)	CBR "in situ" (%)	Val. Prováveis de CBR (HRB)	Módulo Reação K (MPa/m)	Mod. Presiom. E_p (MPa)	Pressão Limite P_L (MPa)	(a) Valores de E_p (MPa)	(a) Valores de P_L (MPa)
EST. 200	A-2-4	39	46	25 a mais de 80	-	-	-	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 210	A-2-4	32	63	25 a mais de 80	-	-	-	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 220	A-2-4	36	66	25 a mais de 80	-	7,12	0,51	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 250	A-2-4	41	57	25 a mais de 80	-	9,41	0,82	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 260	A-2-4	36	77	25 a mais de 80	-	-	-	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 270	A-2-4	31	68	25 a mais de 80	-	10,2	0,84	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 280	A-2-4	36	67	25 a mais de 80	-	-	-	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 290	A-2-4	25	89	25 a mais de 80	-	-	-	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 300	A-2-4	29	68	25 a mais de 80	-	-	-	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 310	A-2-4	34	55	25 a mais de 80	-	-	-	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 320	A-2-4	41	91	25 a mais de 80	-	-	-	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 330	A-2-4	39	52	25 a mais de 80	70,31	9,97	0,87	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 340	A-2-4	56	101	25 a mais de 80	200,00	6,79	0,62	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 350	A-2-4	32	100	25 a mais de 80	251,64	14,84	0,92	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 360	A-2-4	48	86	25 a mais de 80	359,10	9,88	1,29	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 370	A-2-4	36	131	25 a mais de 80	159,14	9,06	0,60	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50
EST. 380	A-2-4	35	73	25 a mais de 80	179,16	9,72	0,61	0,5 - 2,0	0,10 - 0,50

(a) Estimativa de valores para módulo pressiométrico e pressão limite indicados por Ménard (1975).

continua...

Tabela 24

...continuação

Localização	Classificação HRB	CBR Laborat. (%)	CBR "in situ" (%)	Val. Prováveis de CBR (HRB)	Módulo Reação K (MPa/m)	Mod. Presiom. E_p (MPa)	Pressão Limite P_L (MPa)	(a) Valores de E_p (MPa)	(a) Valores de P_L (MPa)
EST. 390	A-2-4	40	98	25 a mais de 80	296,10	8,40	1,00	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 400	A-2-4	40	112	25 a mais de 80	325,71	17,14	0,78	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 410	A-2-4	41	120	25 a mais de 80	325,71	18,51	0,98	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 420	A-2-4	43	66	25 a mais de 80	100,00	20,68	1,18	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 430	A-2-4	41	133	25 a mais de 80	100,00	12,70	0,79	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 450	A-2-4	43	52	25 a mais de 80	113,10	8,90	0,78	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 465	A-2-4	42	83	25 a mais de 80	210,94	15,04	1,14	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 480	A-2-4	36	64	25 a mais de 80	77,74	7,80	0,87	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 495	A-2-4	42	74	25 a mais de 80	225,80	10,97	0,79	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 510	A-2-4	24	–	25 a mais de 80	275,33	14,45	0,98	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 525	A-2-4	26	–	25 a mais de 80	51,90	14,00	1,19	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 540	A-2-4	25	–	25 a mais de 80	103,60	13,74	1,06	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 555	A-2-4	27	–	25 a mais de 80	74,00	10,88	0,81	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 570	A-2-4	27	–	25 a mais de 80	200,00	14,93	0,90	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 585	A-2-4	44	–	25 a mais de 80	200,00	15,29	1,07	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50
EST. 600	A-2-4	42	–	25 a mais de 80	235,40	17,15	0,78	0,5 – 2,0	0,10 – 0,50

(a) Estimativa de valores para módulo pressiométrico e pressão limite indicados por Ménard (1975).

4.4.1 – Análise de Correlação na Sub-base

Na sub-base analisada foram obtidas várias correlações entre parâmetros obtidos nos diferentes ensaios.

4.4.2 – Relacionamento entre Pressão Limite e CBR de laboratório.

Os valores empregados para análise de correlação estão apresentados na Tabela 25 a seguir.

Tabela 25 – Valores de $CBR_{LAB} \times P_L$ da Sub-base

Localização	CBR_{LAB} (%)	P_L kgf/cm ²
Est. 15	36	5,30
Est. 40	46	8,90
Est. 70	40	8,20
Est. 90	41	8,20
Est. 110	41	10,80
Est. 120	41	8,40
Est. 130	45	9,80
Est. 180	32	5,80
Est. 190	34	6,10
Est. 250	41	8,20
Est. 330	39	8,70
Est. 360	48	12,90
Est. 370	36	6,00
Est. 380	35	6,10
Est. 390	40	10,00
Est. 400	40	7,80
Est. 410	41	9,80
Est. 420	43	11,80
Est. 430	41	7,90
Est. 450	43	7,80
Est. 465	42	11,40
Est. 495	42	7,90
Est. 585	44	10,70
Est. 600	42	7,80

A melhor correlação para esses pares de valores foi obtida através do modelo multiplicativo, onde conseguiu-se um coeficiente de correlação $r=0,81$ e S.E.E=0,14 a um nível de significância $\alpha=5\%$, expressa pela seguinte equação:

$$P_L = 0,005 \text{ CBR}_{\text{LAB}}^2 \quad (26)$$

com P_L expresso em kgf/cm^2 e CBR em %.

A figura 38 abaixo representa os valores obtidos da Pressão Limite graficamente e por correlação dada pela equação (26).

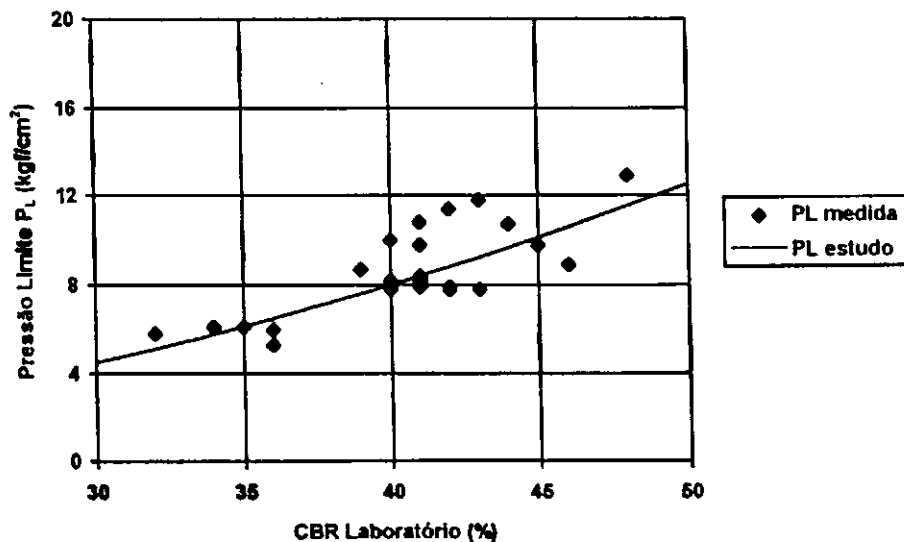


Figura 38 – Pressão Limite P_L da Sub-base obtida graficamente e por correlação.

4.4.3 – Relacionamento entre Módulo de Reação da Sub-base e CBR “in situ”

Os valores empregados para análise de correlação estão apresentados na Tabela 26 a seguir.

Para o ajuste dos dados, a melhor correlação foi obtida através do modelo multiplicativo, com coeficiente de correlação $r=0,74$ e S.E.E.=0,33 a um nível de significância $\alpha=5\%$, sendo portanto considerada uma boa correlação, expressa pela fórmula:

$$k = 0,15 \text{ CBR}_{\text{CBR IN SITU}}^{1,07} \quad (27)$$

onde k é expresso em $\text{kgf/cm}^2/\text{cm}$ e CBR em %.

Podem-se destacar as seguintes vantagens:

- economia de custo e de tempo;
- para efeito de dimensionamento pode ser estimado através da correlação.

Tabela 26 - Valores de $CBR_{IN\ SITU} \times$ Módulo de Reação (k) da Sub-base

Localização	$CBR_{IN\ SITU}$ (%)	Módulo de Reação K $kgf/cm^2/cm$
Est. 330	55	7,03
Est. 340	101	20,00
Est. 350	100	25,16
Est. 370	131	15,91
Est. 380	73	17,91
Est. 410	120	32,57
Est. 420	66	10,00
Est. 450	52	11,31
Est. 465	83	21,09
Est. 495	74	22,58

A Tabela 27, assim como a Figura 39, mostram a dispersão entre os pontos ajustados e a respectiva curva de ajuste obtida por correlação.

Tabela 27 – Valores do Módulo de Reação (k) da Sub-base obtidos no campo e por correlação.

Localização	k_{CAMPO} $kgf/cm^2/cm$	k_{ESTUDO} $k = 0,15 CBR_{IN\ SITU}^{1,07}$
Est. 330	7,03	11,07
Est. 340	20,00	21,21
Est. 350	25,16	20,98
Est. 370	15,91	28,01
Est. 380	17,91	14,98
Est. 410	32,57	25,50
Est. 420	10,00	13,45
Est. 450	11,31	10,42
Est. 465	21,09	17,19
Est. 495	22,58	15,20

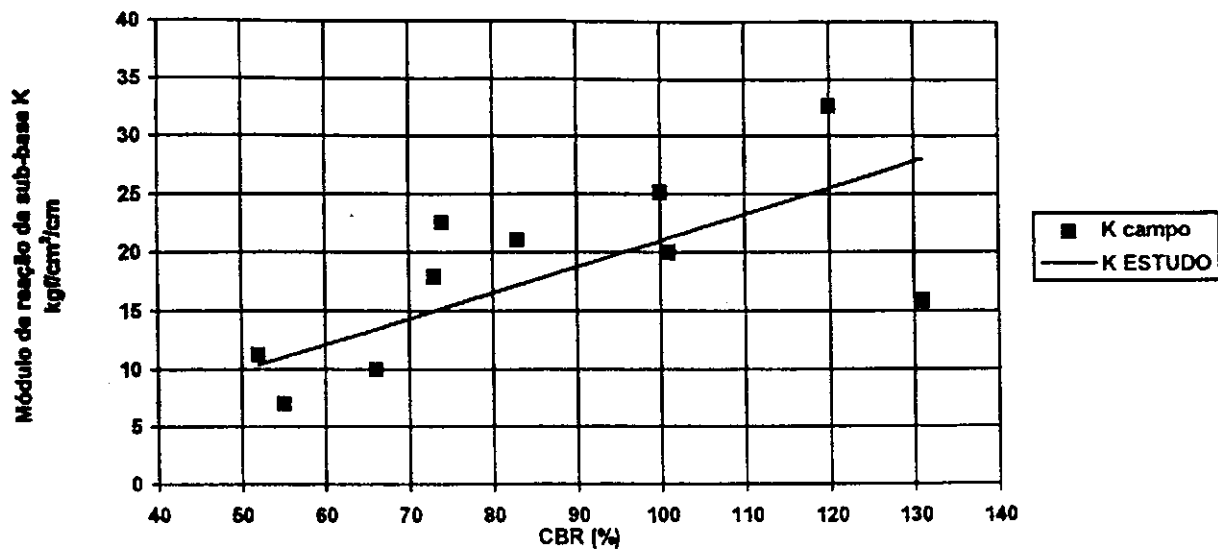


Figura 39 – Módulo de Reação (k) da Sub-base obtido no campo e por correlação

4.4.4 – Relacionamento entre Pressão Limite e CBR “in situ”

Os valores empregados para análise de correlação estão apresentados na Tabela 28 abaixo.

Tabela 28 – Valores de $P_L \times CBR_{IN\ SITU}$ da Sub-base

Localização	P_L kgf/cm ²	$CBR_{IN\ SITU}$ (%)
Est. 130	5,10	68
Est. 180	5,80	69
Est. 220	5,10	66
Est. 270	8,40	68
Est. 360	12,90	86
Est. 380	6,10	73
Est. 420	11,80	66
Est. 465	11,40	83
Est. 495	7,90	74

Assim como no item anterior , o melhor ajuste dos dados foi obtido com modelo multiplicativo, resultando num coeficiente de correlação $r=0,60$ e $S.E.E.=0,08$, a nível de significância $\alpha=5\%$, definida pela seguinte equação:

$$CBR_{IN\ SITU} = 51,04 P_L^{0,168} \quad (28)$$

com CBR expresso em % e P_L em kgf/cm^2 .

As vantagens decorrentes desta correlação são:

- economia de tempo;
- maior precisão dos resultados.

4.4.5 – Outras comparações

As correlações envolvendo CBR, módulo pressiométrico e módulo de reação, não apresentaram resultados satisfatórios.

Seguindo o mesmo raciocínio usado para o subleito, foram feitas comparações entre h_{OT} e $h_{IN\ SITU}$, CBR_{LAB} e $CBR_{IN\ SITU}$, já evidenciadas por Medina e outros (1988) em pesquisas realizadas em rodovias, onde se verificou que a umidade campo é sempre inferior à umidade ótima (Figura 40), enquanto o CBR “in situ” é sempre superior ao determinado em laboratório (Figura 41).

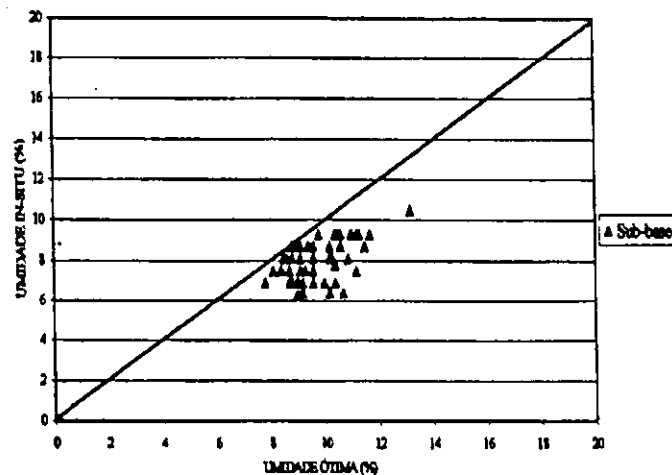


FIGURA 40 - COMPARAÇÃO ENTRE UMIDADE ÓTIMA OBTIDA POR COMPACTAÇÃO EM LABORATÓRIO E UMIDADE “IN SITU” MEDIDA NA SUB-BASE DO PAVIMENTO ANALISADO

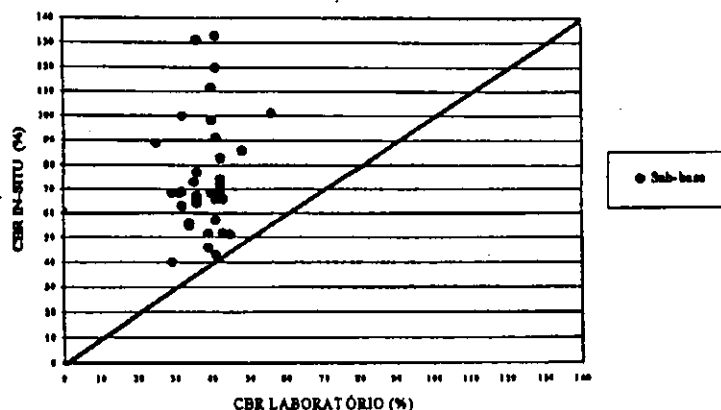


FIGURA 41 - COMPARAÇÃO ENTRE CBR OBTIDOS EM LABORATÓRIO E CBR "IN SITU" MEDIDOS NA SUB-BASE DO PAVIMENTO ANALISADO

Verifica-se pela Figura 42 que o módulo de recompressão (E_r) é superior ao módulo pressiométrico (E_p), assim como foi observado no subleito.

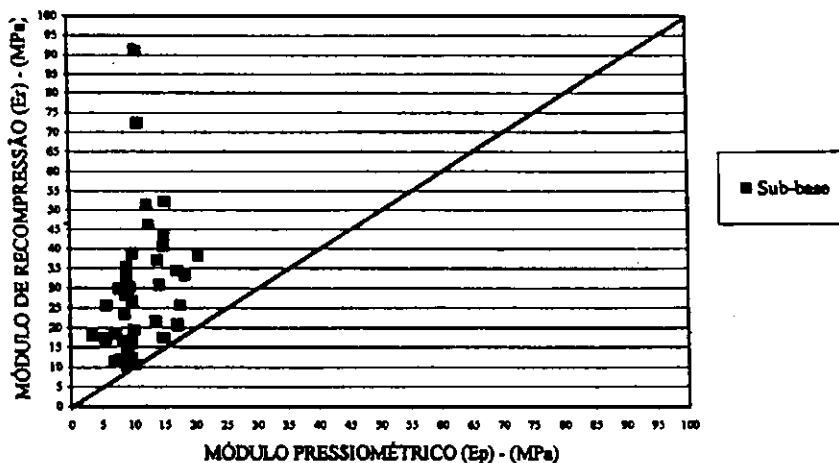


FIGURA 42 - COMPARAÇÃO ENTRE MÓDULO PRESSIOMÉTRICO (E_p) E MÓDULO DE RECOMPRESSÃO (E_r) MEDIDOS NA SUB-BASE DO PAVIMENTO ANALISADO

4.5 – O Sistema Sub-base/Subleito

Objetivando verificar a interação do sistema sub-base/subleito, procurou-se estabelecer correlação entre os módulos de reação na sub-base e o no subleito, nos locais onde os ensaios coincidiram, conforme a Tabela 29 abaixo.

Tabela 29 – Valores de k_{SL} e k_{SB} das camadas do Subleito e Sub-base

Localização	Módulo de reação do subleito k_{SL} (kgf/cm ² /cm)	Módulo de reação da sub-base k_{SB} (kgf/cm ² /cm)
Est. 375	3,54	15,91
Est. 400	6,24	32,57
Est. 425	2,96	10,00
Est. 500	4,37	22,58
Est. 575	4,07	20,00
Est. 600	4,81	23,54

Os pares de valores foram ajustados através do modelo multiplicativo, apresentando coeficiente de correlação $r=0,97$ e erro padrão $S.E.E.=0,10$, constituindo-se em uma boa correlação, dada pela equação

$$k_{sb} = 2,22 k_{sl}^{1,51} \quad (29)$$

onde k_{SB} e k_{SL} são expressos em kgf/cm²/cm.

Dentre as vantagens propiciadas por esta correlação, temos:

- economia de tempo e de custo;
- em se tratando de dimensionamento de pavimentos rígidos, a presença da sub-base pode influenciar na determinação do módulo de reação do subleito, o que levaria a uma economia na espessura da placa de concreto;
- o valor do módulo de reação da sub-base pode ser estimado com maior precisão, já que a FAA adverte que as provas de carga executadas nos topos das sub-bases conduz a resultados errôneos. A ICAO (1977), assim como a FAA (1978), recomenda que o valor de k do subleito deva ser corrigido de acordo com a espessura da sub-base, uma vez que ensaios executados sobre a sub-base com a placa padrão não representa a condição de solicitação real na estrutura quando da operação do pavimento.

A Figura 43 apresenta a correlação entre a curva encontrada e a curva obtida pela FAA, onde observa-se que os valores da correlação são superiores aos da FAA.

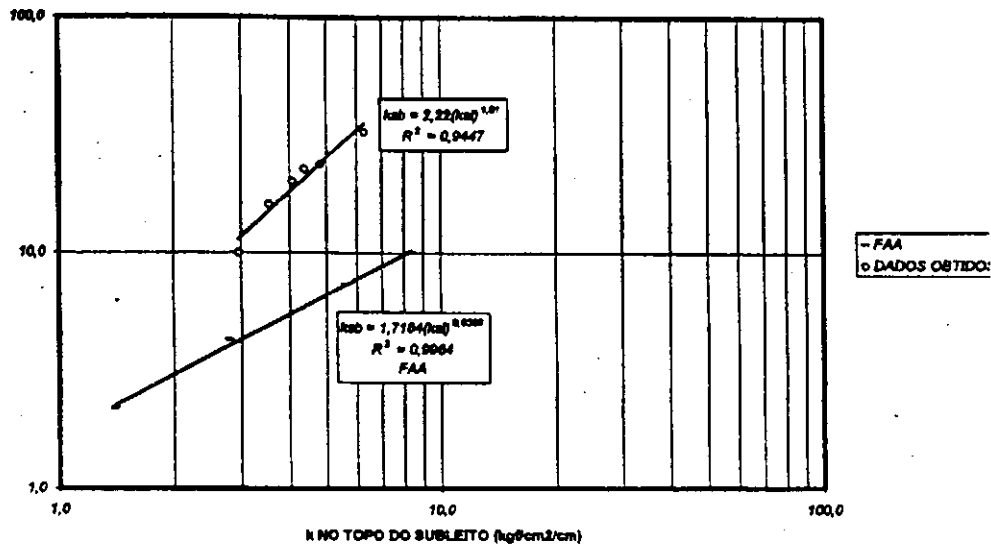


FIGURA 43 - INFLUÊNCIA DA SUB-BASE NO MÓDULO DE REAÇÃO OBTIDO POR ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS.

4.5.1 – Outras comparações

Em decorrência da não obtenção de boas correlações entre os demais parâmetros da sub-base e do subleito, foram feitas algumas comparações comentadas a seguir:

- A Figura 44 apresenta os resultados de CBR obtidos em laboratório, onde observa-se que os valores da sub-base são sempre superiores, já que se trata de um material com melhores características físicas e mecânicas, associado a uma maior energia de compactação;
- Na Figura 45, verificam-se que os resultados obtidos com os ensaios de CBR “in situ” obedecem a mesma tendência que nos resultados de laboratório;
- A Figura 46 relaciona módulo de reação do subleito e da sub-base, observa-se que os valores da sub-base são superiores, devido às melhores características de resistência do material de sub-base;
- As Figuras 47, 48 e 49 relacionam os parâmetros obtidos no ensaio pressiométrico, verifica-se que os valores encontrados no subleito (E_p , E_r e P_L) são superiores aos da sub-base, levando a supor que, considerando as características de deformabilidade, o subleito apresenta melhor comportamento do que o verificado na sub-base, ao contrário do verificado quando analisa-se os ensaios baseados em critérios de resistência.

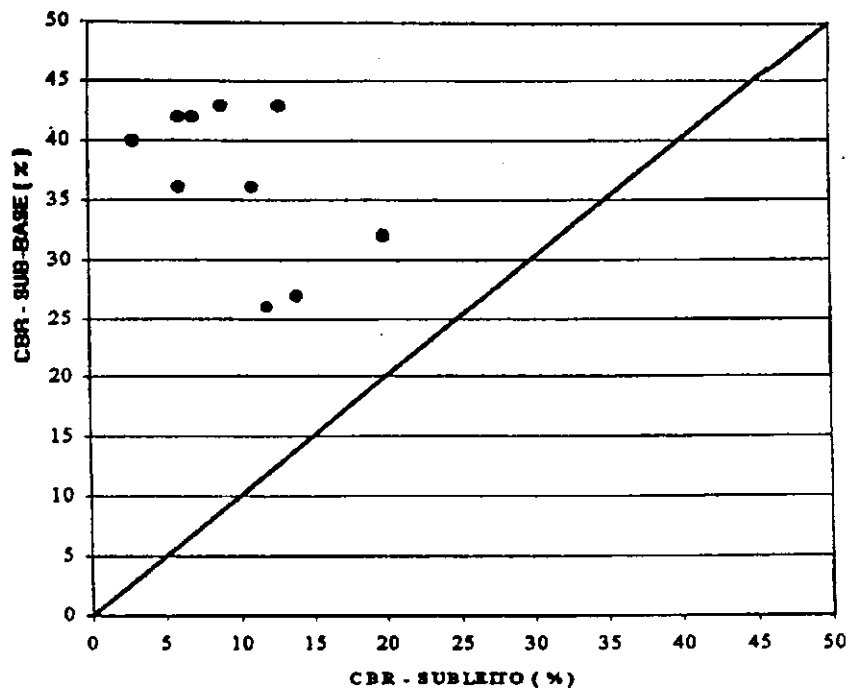


FIGURA 44 - COMPARAÇÃO ENTRE CBR OBTIDOS EM LABORATÓRIO DAS CAMADAS DO SUBLEITO E SUB-BASE DO PAVIMENTO ANALISADO

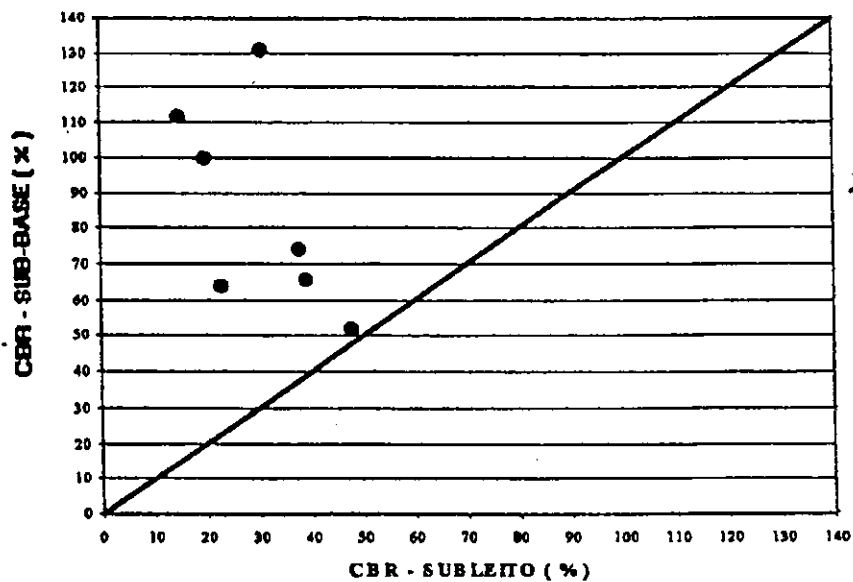


FIGURA 45 - COMPARAÇÃO ENTRE CBR OBTIDOS "IN SITU" NAS CAMADAS DO SUBLEITO E SUB-BASE DO PAVIMENTO ANALISADO

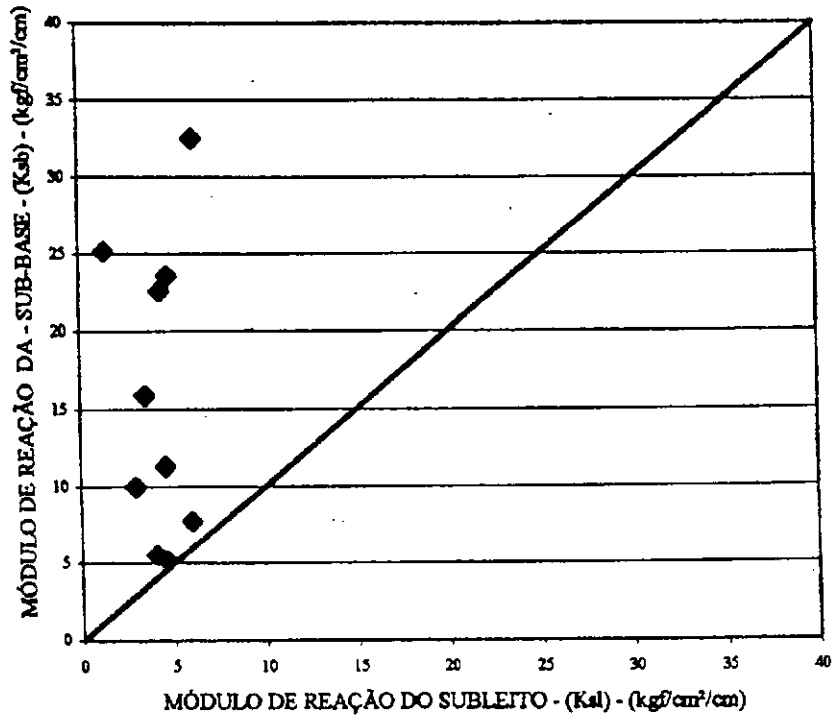


FIGURA 46 - COMPARAÇÃO ENTRE MÓDULO DE REAÇÃO DAS CAMADAS DO SUBLEITO E SUB-BASE DO PAVIMENTO ANALISADO

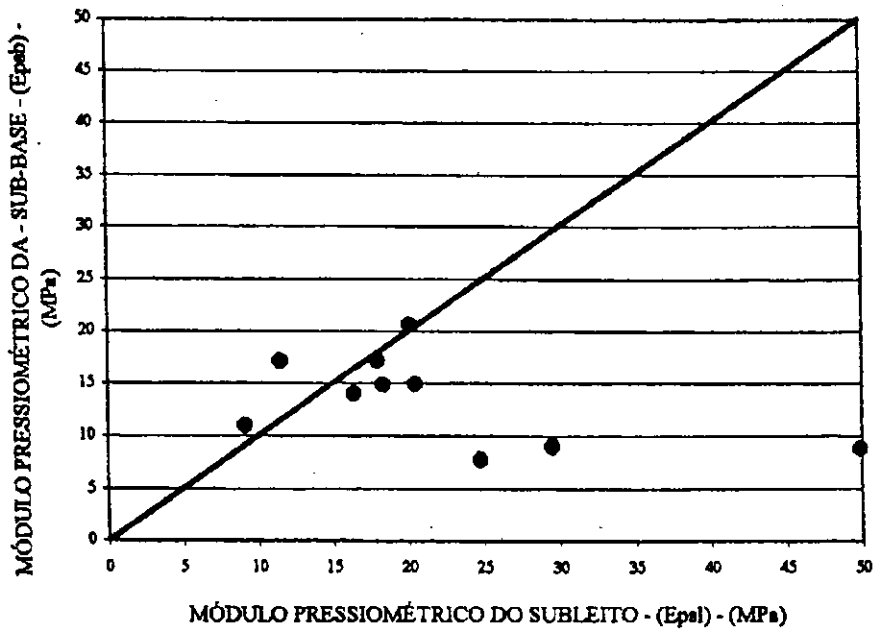


FIGURA 47 - COMPARAÇÃO ENTRE MÓDULOS PRESSIOMÉTRICOS DAS CAMADAS DO SUBLEITO E SUB-BASE DO PAVIMENTO ANALISADO

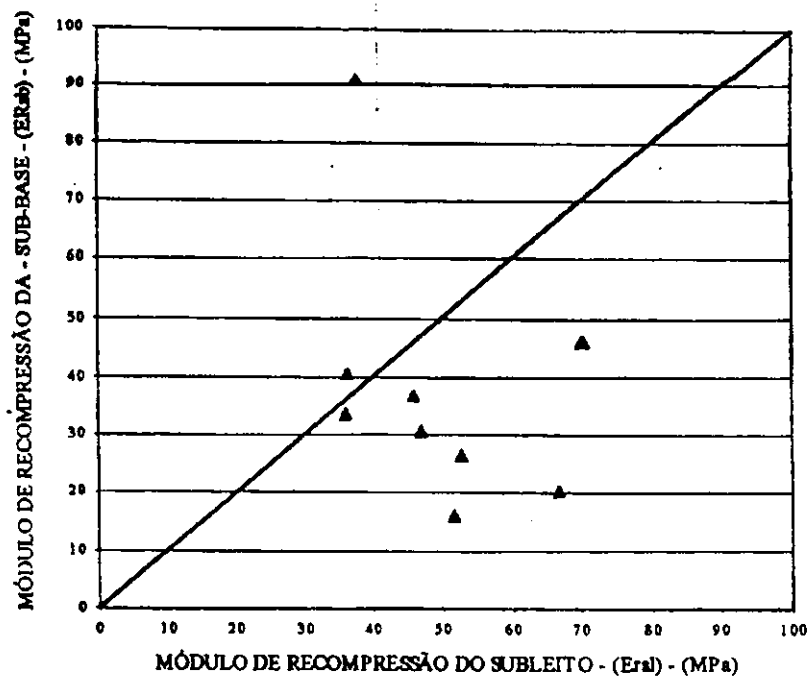


FIGURA 48 - COMPARAÇÃO ENTRE MÓDULOS DE RECOMPRESSÃO DAS CAMADAS DO SUBLEITO E SUB-BASE DO PAVIMENTO ANALISADO

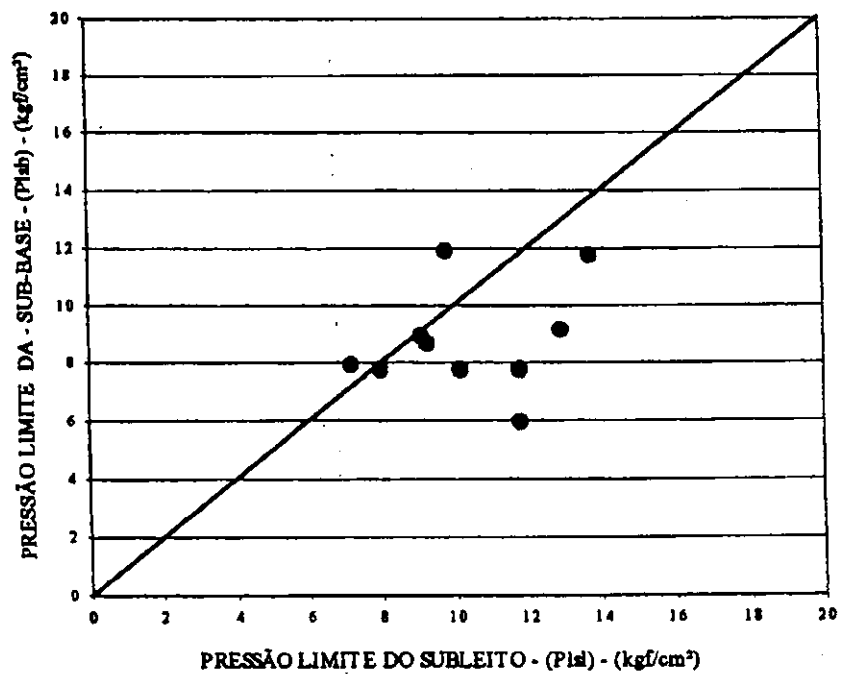


FIGURA 49 - COMPARAÇÃO ENTRE PRESSÃO LIMITE DAS CAMADAS DO SUBLEITO E SUB-BASE DO PAVIMENTO ANALISADO

4.6 – Análise da Base

Adotando o mesmo procedimento das análises anteriores, temos que a base estudada é constituída de uma mistura de top soil, areia e brita, comumente denominada de solo-brita e sendo, portanto, considerada homogênea. Todavia, os resultados dos ensaios individuais de laboratório revelam a predominância de solos pertencentes aos grupos A-1-B e A-2-4 da classificação HRB, como mostra a **Tabela 30**, mas que no conjunto enquadra-se no grupo A-2-4 da referida classificação, com índice de grupo (IG) nulo e granulometria média enquadrando-se na faixa F da AASHTO (**Figura 50**).

Os valores médios dos ensaios de laboratório mostrados na **Tabela 31** apresentam: CBR de 66% com expansão nula, umidade ótima de 9% e massa específica aparente de 2024 kg/m^3 , portanto adequados para emprego na camada considerada.

Com relação aos resultados dos ensaios individuais, em sua totalidade são coerentes com os valores prováveis indicados para cada grupo de solo da classificação HRB apresentam CBR superior a 60%, superando o valor mínimo admitido por norma para número de repetições do eixo padrão $N \leq 1 \times 10^6$.

No tocante aos ensaios “in situ”, tanto os valores médios como individuais foram excelentes, conforme podemos observar nas **Tabelas 31 e 32**, respectivamente, com CBR médio de 78%, grau de compactação médio de 100% e massa específica aparente média de 2038 kg/m^3 .

Deste modo, pode-se concluir que a base estudada apresenta um bom suporte, com valores de CBR médio e individuais de laboratório e “in situ” coerentes. O grau de compactação médio (GC) e a massa específica aparente seca apresentam-se adequados para material de base.

Tabela 30 - Resultados dos Ensaio Geotécnicos de Laboratório e "In Situ" da Base

ESTACA	0	15	30	60	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	
LADO	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	
PROFUNDIDADE (cm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
GRANULOMETRIA															
PENEIRA % passando	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	3/8"	90	93	94	85	94	74	79	84	88	85	91	96	86	87
	Nº 4	85	95	89	77	80	65	70	75	83	69	83	94	72	77
	Nº 10	81	91	86	73	75	60	59	65	80	57	78	92	69	71
	Nº 40	56	72	69	55	37	31	43	26	71	29	58	88	31	56
	Nº 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nº 200	9	14	8	10	23	13	13	17	16	17	18	19	14	18
LL (%)	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	
IP (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	
IG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Classificação H.R.B.	A-3	A-2-4	A-3	A-3	A-1-B	A-1B	A-1B	A-1-B	A-2-4	A-1-B	A-2-4	A-2-4	A-1-B	A-2-4	
Massa Específica Grãos (kg/cm³)	-	-	-	-	2,64	2,65	2,64	2,65	-	2,65	2,62	2,65	2,65	2,65	
COMPACTAÇÃO E CBR - 26 GOLPES															
Densidade Max. (kg/m³)	2.050	2.035	2.020	2.020	2.045	2.050	2.040	2.025	2.010	2.030	2.035	2.005	2.050	2.020	
Umidade Ótima (%)	8,9	9,3	9,2	9,3	8,7	9,0	9,0	9,2	8,8	9,1	9,3	10,0	8,7	8,7	
CBR (%)	73	66	69	73	61	67	62	58	71	63	68	68	68	64	
Expansão (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ENSAIOS "IN SITU"															
Umidade (%)	7,5	7,5	7,5	6,3	6,9	6,4	6,4	7,5	8,1	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	
Massa Esp. Ap. (kg/m³)	2.058	2.034	2.029	2.074	2.016	2.007	2.043	2.046	1.993	2.032	2.041	2.053	2.037	1.982	
GC (%)	100	100	100	103	98	98	100	101	99	100	100	102	99	98	
Mod. Press. E _p (MPa)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CBR (%)	75	73	66	76	66	71	67	66	97	82	76	83	92	96	
Mod. Reação k (MPa/m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

continua...

Tabela 30

...continuação

ESTACA	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	
LADO	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	
PROFUNDIDADE (cm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
GRANULOMETRIA															
PENEIRA % passando	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	3/8"	95	84	79	87	87	77	92	87	76	93	82	80	94	93
	Nº 4	91	70	66	79	70	65	86	74	65	90	73	71	88	88
	Nº 10	87	68	56	76	67	56	81	69	58	87	65	66	82	79
	Nº 40	73	40	22	60	34	30	65	52	45	69	32	47	67	65
	Nº 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nº 200	10	17	11	11	16	19	13	15	16	19	15	11	9	16	
LL (%)	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	
IP (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	
IG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Classificação H.R.B.	A-3	A-1-B	A-1-B	A-2-4	A-1-B	A-1-B	A-2-4	A-2-4	A-1-B	A-2-4	A-1-B	A-1-B	A-3	A-2-4	
Massa Específica Grãos (kg/cm ³)	-	2,67	2,65	-	2,66	2,65	-	2,64	2,65	-	2,62	-	2,65	-	
COMPACTAÇÃO E CBR - 26 GOLPES															
Densidade Max. (kg/m ³)	1.995	2.005	2.005	1.995	2.040	2.005	2.013	2.050	2.030	2.005	2.030	2.030	2.000	2.025	
Umidade Ótima (%)	8,7	8,6	8,6	8,7	9,1	9,0	9,2	9,0	9,2	8,7	9,5	9,3	8,8	8,7	
CBR (%)	65	62	68	68	59	62	67	73	66	77	66	66	62	58	
Expansão (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ENSAIOS "IN SITU"															
Umidade (%)	8,1	8,1	6,9	6,9	6,9	6,3	6,8	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,9	
Massa Esp. Ap. (kg/m ³)	1.990	2.034	2.018	2.013	2.048	2.036	2.049	2.120	2.043	2.069	2.095	2.018	2.066	2.069	
GC (%)	100	101	101	101	100	101	102	103	101	103	103	99	103	102	
Mod. Press. E _p (MPa)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CBR (%)	86	78	99	80	85	72	70	70	82	103	81	71	80	60	
Mod. Reação k (MPa/m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

continua...

Tabela 30

...continuação

ESTACA	410	420																
LADO	D	E																
PROFUNDIDADE (cm)	15	15																
GRANULOMETRIA																		
PENEIRA % passando	2"	100	100															
	1"	100	100															
	3/8"	75	92															
	Nº 4	64	84															
	Nº 10	56	80															
	Nº 40	44	68															
	Nº 80	-	-															
	Nº 200	16	15															
LL (%)	NL	NL																
IP (%)	NP	NP																
IG	0	0																
Classificação H.R.B.	A-1-B	A-2-4																
Massa Específica Grãos (kg/cm ³)	2,65	-																
COMPACTAÇÃO E CBR - 26 GOLPES																		
Densidade Max. (kg/m ³)	2.050	2.015																
Umidade Ótima (%)	8,8	8,8																
CBR (%)	67	67																
Expansão (%)	0,0	0,0																
ENSAIOS "IN SITU"																		
Umidade (%)	6,3	6,3																
Massa Esp. Ap. (kg/m ³)	1.982	2.035																
GC (%)	94	101																
Mod. Press. E _p (MPa)	-	-																
CBR (%)	70	74																
Mod. Reação k (MPa/m)	-	-																

Tabela 31 – Parâmetros Estatísticos referentes aos ensaios e classificação correspondente às características médias dos materiais constituintes da Base da Rodovia AL-205 (realizados durante o ano de 1997)

Camada: BASE													
E N S A I O S D E L A B O R A T Ó R I O													
Parâmetros Estatísticos	Granulometria : % Passando						Índices Físicos, Compactação e CBR						
	1"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	LL (%)	IP (%)	Dens. Real (g/cm³)	M.Esp.Ap. (kg/m³)	Umidade Ótima(%)	CBR (%)	Exp. (%)
Amostra (n)	30	30	30	30	30	30	30	30	18	30	30	30	30
Média (\bar{X})	100	87	78	72	51	15	NL	NP	2,65	2.024	9,0	66	0,0
D. Padrão (s)	0,0	6,42	9,38	10,95	17,12	3,54	-	-	0,01	17,54	0,31	4,49	0,0
E N S A I O S " I N S I T U "													
Parâmetros Estatísticos	Grau de Compactação			Mod. Pressiom.	Pressão Limite	Mod. Reação	CBR						
	Umidade (%)	Mas. Esp. Apar. (kg/m³)	GC(%)	E _p (MPa)	P _L (MPa)	k (MPa/m)	(%)						
Amostra (n)	30	30	30	-	-	-	30						
Média (\bar{X})	7,16	2.038	100	-	-	-	78						
D. Padrão (s)	0,89	30,86	1,91	-	-	-	10,63						
C L A S S I F I C A Ç Ã O													
HRB			IG			Faixa AASHTO							
A - 2 - 4			0			F							

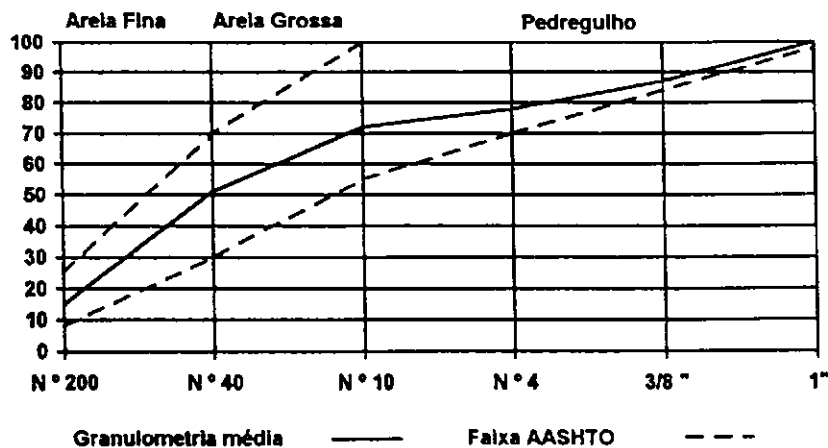


Figura 50 – Curva Granulométrica média dos materiais constituintes da Base da Rodovia AL-205 e Faixa AASHTO correspondente

Tabela 32 – Resultados Obtidos na Base Comparados a valores encontrados nas referências pesquisadas

Localização	Classificação HRB	CBR Laborat. (%)	CBR "in situ" (%)	Val. Prováveis de CBR (HRB)
EST. 0	A-3	73	75	15 – 40
EST. 15	A-2-4	66	73	25 a mais de 80
EST. 30	A-3	69	66	15 – 40
EST. 60	A-3	73	76	15 – 40
EST. 170	A-1-B	61	66	20 a mais de 80
EST. 180	A-1-B	67	71	20 a mais de 80
EST. 190	A-1-B	62	67	20 a mais de 80
EST. 200	A-1-B	58	66	20 a mais de 80
EST. 210	A-2-4	71	97	25 a mais de 80
EST. 220	A-1-B	63	82	20 a mais de 80
EST. 230	A-2-4	68	76	25 a mais de 80
EST. 240	A-2-4	68	83	25 a mais de 80
EST. 250	A-1-B	68	92	20 a mais de 80
EST. 260	A-2-4	64	96	25 a mais de 80
EST. 270	A-3	65	86	15 – 40
EST. 280	A-1-B	62	78	20 a mais de 80
EST. 290	A-1-B	68	99	20 a mais de 80
EST. 300	A-2-4	68	80	25 a mais de 80
EST. 310	A-1-B	59	85	20 a mais de 80
EST. 320	A-1-B	62	72	20 a mais de 80
EST. 330	A-2-4	67	70	25 a mais de 80
EST. 340	A-2-4	73	70	25 a mais de 80
EST. 350	A-1-B	66	82	20 a mais de 80
EST. 360	A-2-4	77	103	25 a mais de 80
EST. 370	A-1-B	66	81	20 a mais de 80
EST. 380	A-1-B	66	71	20 a mais de 80
EST. 390	A-3	62	80	15 – 40
EST. 400	A-2-4	58	60	25 a mais de 80
EST. 410	A-1-B	67	70	20 a mais de 80
EST. 420	A-2-4	67	74	25 a mais de 80

4.6.1 – Correlações obtidas na base.

Face à impossibilidade de realização do ensaio pressiométrico – devido à espessura da base ser inferior ao comprimento da sonda pressiométrica – e prova de carga sobre placas – devido ao fato de que os locais a ser ensaiados encontrarem-se revestidos com CBUQ –, nesta camada foi executado apenas o ensaio CBR “in situ”.

Para a base, os valores de CBR obtidos no laboratório e no campo não permitiram estabelecer correlação por serem praticamente coincidentes. Todavia, foram realizadas comparações entre teores de umidade e CBR obtidos no laboratório e no campo, como mostram as Figuras 51 e 52.

A Figura 51 relaciona umidade ótima obtida no ensaio de compactação em laboratório e no campo, onde se observa que os valores de campo são inferiores aos de laboratório, conforme verificado nas outras camadas.

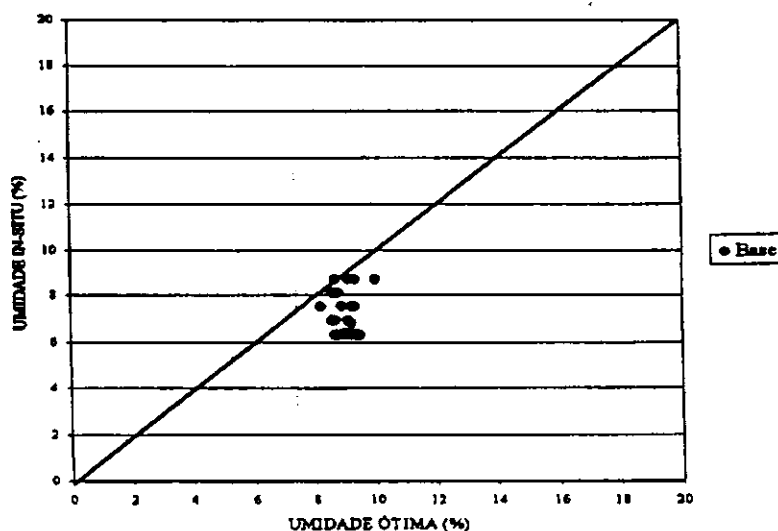


FIGURA 51 – COMPARAÇÃO ENTRE UMIDADE ÓTIMA OBTIDA POR COMPACTAÇÃO EM LABORATÓRIO E UMIDADE “IN SITU” NA BASE DO PAVIMENTO ANALISADO.

A Figura 52 compara os resultados dos CBR obtidos em laboratório com aqueles obtidos no campo, e assim como nas outras camadas, os resultados obtidos em campo foram superiores aos obtidos em laboratório.

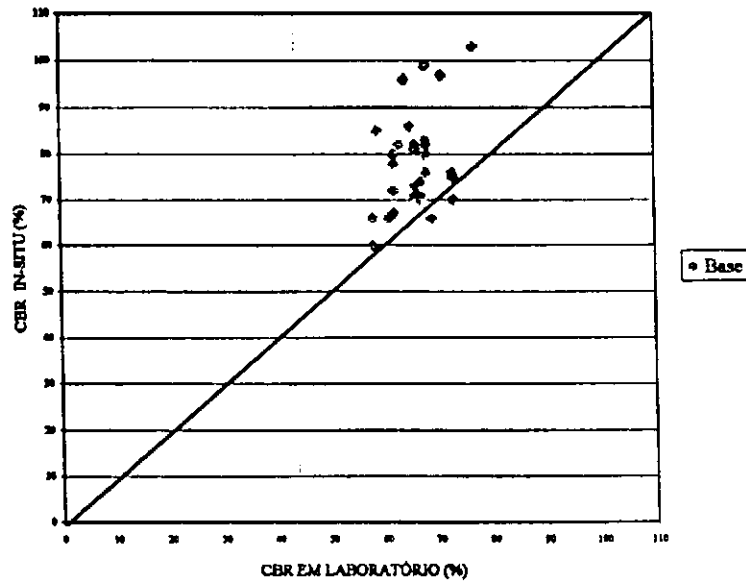


FIGURA 52 – COMPARAÇÃO ENTRE CBR OBTIDOS EM LABORATÓRIO E CBR MEDIDOS "IN SITU" NA BASE DO PAVIMENTO ANALISADO.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

5.1 - Introdução

Com fundamentação nos resultados obtidos e nas análises efetuadas, são apresentadas várias conclusões e sugestões acerca da utilização e da viabilidade dos ensaios “in situ” através dos equipamentos empregados no estudo, para avaliação do pavimento durante sua execução.

5.2 – Conclusões

1. De um modo geral, os resultados dos ensaios de laboratório e “in situ” foram satisfatórios, mostrando-se coerentes com os respectivos materiais ensaiados e empregados em cada camada do pavimento.
2. A confiabilidade desses resultados pode ser admitida pelos indicadores resultantes das análises de correlações e por comparações com resultados indicados pelas referências pesquisadas.
3. Apesar da prova de carga sobre placas e do CBR “in situ” serem ensaios estáticos, ainda constituem-se em instrumentos úteis, capazes de garantir uma boa estimativa das condições do pavimento para fins de avaliação, seja durante a sua execução, ou na restauração de pavimentos existentes, ou em projetos de futuros pavimentos.
4. Os resultados do módulo de reação das camadas ensaiadas, obtidos através do emprego de placa de 61,00 cm de diâmetro, foram satisfatórios – embora a norma estabeleça que os ensaios devam ser realizados com placa de 76,20 cm de diâmetro.

5. As correlações envolvendo módulo de reação e CBR “in situ” viabilizam a substituição do ensaio de placa pelo ensaio de CBR “in situ” – de execução relativamente simples, mais rápido, de custo relativamente inferior.
6. As correlações entre módulo de reação e CBR de laboratório obtidos por Silva (1985) revelam que o módulo de reação pode ser estimado pelo CBR de laboratório para valores inferiores a 30%.
7. Analogamente, as correlações entre Pressão Limite e CBR “in situ” justificam a substituição do ensaio de CBR “in situ” pelo ensaio pressiométrico, além de outras razões, como os fatores tempo e econômico, e por estabelecer um indicador mais confiável.
8. Em decorrência das conclusões 05. e 07., destaca-se a possibilidade de substituição da prova de carga sobre placas pelo ensaio pressiométrico, de custo muito inferior.
9. A correlação obtida entre os módulos de reação do sistema sub-base/subleito, evidencia a confiabilidade dos resultados da prova de carga sobre placas,
10. Outra observação reflete o fato de que os parâmetros obtidos por ensaios de resistência (associados ao tipo de solo e às suas características físicas e mecânicas, como também à energia de compactação) fornecem resultados na sub-base superiores aos obtidos do subleito, tanto em laboratório como “in situ”, enquanto que os resultados obtidos por ensaios de deformabilidade fornecem comportamento diverso confirmando cada vez mais que o pavimento deve ser analisado como um sistema em camadas, preferencialmente empregando os princípios estabelecidos pela Mecânica dos Pavimentos.
11. A metodologia utilizada se revela eficiente para avaliar estruturalmente o pavimento.
12. Fica evidenciada que a adoção de ensaios “in situ” é bastante eficaz, face aos seus aspectos práticos, rapidez de execução e economia.
13. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o pavimento avaliado apresenta um bom comportamento sob o ponto de vista qualitativo e boas condições de suporte. Também pode-se confirmar a maior uniformidade de comportamento tanto nos materiais de base quanto de sub-base, com relação aos obtidos no subleito do trecho avaliado.
14. Apesar das correlações estabelecidas neste trabalho apresentarem um caráter empírico, merecem aprofundamentos em pesquisas futuras.

5.3 – Sugestões

1. Explorar as potencialidades do pressiômetro de pavimentação, com o objetivo de empregá-lo efetivamente para avaliação estrutural de pavimentos.
2. Ampliar as pesquisas no sentido de estabelecer faixas de valores esperados para módulo pressiométrico nos solos brasileiros.
3. Realizar estudos comparativos entre módulos pressiométricos cíclicos “in situ” e módulos resilientes determinados em ensaios de laboratório para solos granulares e solos finos, como também módulos elásticos dinâmicos “in situ” estimados pelo *FWD*; ou até mesmo pela Viga Benkelman.
4. Analisar os aspectos teóricos relacionados à expansão da cavidade cilíndrica para interpretação adequada dos resultados obtidos no ensaio, em especial sua aplicação na análise estrutural de pavimentos.
5. Monitoramento do desempenho do pavimento e relacionamento com os parâmetros obtidos com a metodologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCÂNTARA, P. B. Avaliação da Capacidade de Carga de Fundações Rasas em Solos Argilosos Através do SPT, da Prova de Carga sobre Placas e do Ensaio Pressiométrico. Dissertação M.Sc., Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1992.
2. ALCÂNTARA, P. B. e LUCENA, F. B. Avaliação do Módulo de Reação do Subleito Através de Ensaio Pressiométricos e Provas de Carga com Placas de Diversos Diâmetros. Anais, 25ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. São Paulo, 1991, p. 2559-2572.
3. ALLCONSULT ENGENHARIA LTDA. Projeto Final de Engenharia, v. 1, Relatório do Projeto e Documentação para Concorrência, Rodovia AL 205, Trecho União dos Palmares Santana do Mundaú, Maceió, 1992.
4. ALLCONSULT ENGENHARIA LTDA. Projeto Final de Engenharia, v. 3, Memória Justificativa, Rodovia AL 205, Trecho União dos Palmares Santana do Mundaú, Maceió, 1993.
5. AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS Washington, 1986.
6. AASHTO-T-222/66, AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (Nonrepetitive Static Plate Load Test of Soil and Flexible Pavement Components, of Use in Avaluation and Design of Airport and Highway Pavement. 1966.
7. ABCP, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND Boletim nº 63-Projeto dos Pavimentos de Concreto para Estradas, Ruas e Pátios Industriais. São Paulo, 1951.
8. ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6508-84. Determinação da Massa Específica dos Grãos. Rio de Janeiro, 1984.
9. BADILLO, E. J. E RODRIGUES, A. R. Mecânica del Suelos, tomo 2, 2ªed. México, Editorial Limusa, 1979.
10. BAGUELIN, F., JEZEQUEL, J. F. & SHIELDS, D. H. The Pressuremeter and Foundation Engineering, Trans Tech Publications, Clausthal. Germany, 1978.
11. BARATA, F. E. Propriedades Mecânicas dos Solos: Uma Introdução ao Projeto de Fundações. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1984.
12. BEZERRA, S. P. e LUCENA, F.B. Avaliação Estrutural do Subleito Utilizando-se Provas de Carga sobre Placas e Ensaio Pressiométricos em Furos Horizontais. Anais, 2º Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projeto de Reforço, ABPv. Rio de Janeiro, 1989, p. 1.6.3-1.6.20.
13. BRIAUD, J. L. , COSENTINO, P.J. & TERRY, T. A. Pressuremeter Moduli for Airport Pavement and Evaluation, FAA Report DOT /FAA/PM-87-10, Civil Engineering Dept., Texas A. & University College Station, Texas 1987. *Apud* Briaud, J. L., [17].
14. BRIAUD, J. L. The Pressuremeter: Application to Pavement Design. Ph D. Thesis, Civil Engineering, University of Ottawa. Canada, 1979.

15. BRIAUD, J. L., TUCKER, R. L. & FÉLIO, G. Pressuremeter, Cone Penetrometer and Foundation Design, vol.I Texas: Civil Engineering Department. Texas A. & M. University, 1983.
16. BRIAUD, J.L. & SHIELDS, D. H. A Special Pressuremeter Test for Pavement Evaluation and Desing. Geotechnical Testing Journal, GTJOD, v.2, n°3 , p. 143-151, set. 1979.
17. BRIAUD, J.L. The Presuremeter. First ed. Rotterdam, A. A. Balkema, 1992.
18. BRIAUD, J.L., LYTTON, R. L. & HUNG, J.T. Using a Pressuremeter for Pavement Design and Evaluation. In: Intenational Symposium on Bearing Capacity of Roads and Airfields. Noruega, Trondheim, 1982.
19. CASSAN, M. Les Essais In Situ en Mecanique des Sols, tomo I, Réalisation et Interprétation. Paris, Editions Eyrolles, 1978.
20. DNER, Manual de Pavimentação (versão preliminar). DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. Rio de Janeiro, 1994.
21. DNER, Manual de Pavimentos Rígidos, v.2.,DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. Rio de Janeiro, 1989.
22. DNER, Especificações Gerais para Obras Rodoviárias, DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. Rio de Janeiro, 1974.
23. DNER, Materiais para Obras Rodoviárias - Vol. II - Métodos e Instruções de Ensaio, DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. Rio de Janeiro, 1974.
24. DINIZ, A. A. e DEMARTINECOURT, J. P. O Pressiômetro na Pavimentação. Anais, 20ª Reunião de Pavimentação, ABPv. Fortaleza, 1985, p. 375-388.
25. DUNCAN, J. M. & CHANG, C. Y. Nonlinear Analysis of Stress and Strain in Soils, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Engineering Division, ASCE, VOL. 96 SM5, 1970. *Apud* Briaud, J. L., [17].
26. FAA - "AIRPORT PAVEMENT DESIGN AND EVALUATION" - AC-150/5320-6C, Washington D.C., 1978.
27. FILHO, T. R.D. Utilização de Ensaios Pressiométricos para Determinação das Propriedades dos Solos e sua Aplicação em Projetos de Fundações de Obras Rurais. Anais, 19º CONBEA. Piracicaba, 1991, p. 107-119.
28. HARTMAN, J. P. Finite Element Parametric Study of Vertical Strain Influence Factors and The Presuremeter Test. Ph. D. Thesis , University of Florida, USA, 1974. *Apud* Briaud, J. L., [14].
29. IDRIS, I. M. , DOBRY, R. & SINGH, R. D. Nonlinear Behavior for Soft Clays During Cyclic Loading, ASCE, Journal of the Geotechnical Engineering Division, vol. 104, GT12, 1978. *Apud* Briaud, J. L.,[17].
30. JAMIOLKOVISKY, M. Personal Comunication, 1986. *Apud* Briaud, J. L., [17].
31. JANBU, N. Soil Compressibility as Determined by Oedometer and Triaxial Test, Europ. Conf. on Soil Mech. and Fund. Eng., Germany, Vol. 1, 1963. *Apud* Briaud, J. L., [17].
32. JEZEQUEL, J.F., LEMASSON, H., TOUZE, J., Le Pressiomètre Ménard: Quelques Problemes de Mise en Oeuvre et leur Influence sur les Valeurs Pressiometriques. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, N° 32, Paris France, 1968. *Apud* Briaud, J. L., [14].

33. KONDNER, R. L. Hyperbolic Stress-Strain Response: Cohesive Soils, ASCE, Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 89 SM1, 1963. *Apud* Briaud J. L., [17].
34. LAIER, J. Effects of Pressurimeter Probe Length/Diameter Ratio and Borehole Disturbance on Pressuremeter Test Results in Dry Sand. Ph. D. Thesis, University of Florida, USA, 1973. *Apud* Briaud, J. L., [14].
35. LUCENA, F. B. e COSTA, C. R. V. Avaliação das Condições Estruturais do Pavimento do Aeroporto Castro Pinto em João Pessoa. Anais, 22ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Maceió, 1987.
36. LUCENA, F. B., COSTA, C. R. V., BRASILEIRO, F. E., GONDIN, Y. C. e SOUZA, J. B. DE Q. Características e Propriedades de Resistência dos Materiais dos Trechos Experimentais da BR-230/PB. Anais. 23ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Florianópolis, 1988, p. 983-1015.
37. LUCENA, F.B., BEZERRA, S.P. e COSTA, J.D. Estudo da Aplicação do Pressiômetro na Pavimentação. Anais, 23ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Florianópolis, 1988, p. 117-134.
38. MCLEOD, N. W. Airport Runway Evaluation in Canada Internal Report Transport, Canada, Ottawa, 1947. *Apud*, Briaud, J. L., [14].
39. MEDINA, J. Notas Históricas Acerca da Mecânica dos Pavimentos. Anais, 23ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Florianópolis, 1988, p. 329-345.
40. MEDINA, J. Considerações sobre a Umidade de Equilíbrio em Pavimentos. Anais, 23ª Reunião Anual de Pavimentação - ABPv. Florianópolis, 1988, p. 247-363.
41. MÉNARD, L. Mesure In Situ des Propriétés Physiques des Sols, 1957. *Apud* Baguelin, F., Jesequel, J. F. & Shields, [10].
42. MÉNARD, L. Mesure in situ Propriétés Physiques des Sols. Annales des Ponts et Chaussées, Paris, 1957. *Apud* Cassan, M., [19].
43. MÉNARD, L. Comparaison Entre le CBR et les Resultats du Minipressiometre. Rapport Interne, Thechnique, 1968. *Apud* Briaud, J.L., [17].
44. MÉNARD, L. The Interpretation of Pressuremeter Test Results, sols soils, Nº 26, 1975.
45. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA). Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Canadian Edition, 1984.
46. RIGGINS, M. The Vicoelastic Characteristics of Marine Sediments in Large Scale Simple Shear. Ph. D. Thesis, Civil Engineering, Texas A. & M. University, 1981. *Apud* Briaud, J. L., [17].
47. R. PACKARD - "DESIGN OF AIRPORT PAVEMENTS", Portland Cement Association, PCA - Skokie Illinois, EUA, 1973.
48. ROAD RESEARCH LABORATORY. Mecânica dos Solos para Engenheiros Rodoviários, v. 2. Evelina Bloem Silveira e Araken Silveira (Trad.) , Editora Edgard Blucher, São Paulo, sd.
49. RODAS, RAÚL V. Carreteras, Calles e Aeropistas, 5ª ed., Libreria El Ateneo Editorial, Buenos Aires, 1970.
50. ROY, M. et alii. In situ Measurements of the Properties of Sensitive Clay by Pressuremeter Test Proceedings of the Specialty Conference on In Situ Measuremet of Soil Properties, American Society of Civil Engineers, vol.I , USA, 1975. *Apud* Briaud, J.L., [14].

51. SALENÇON, J. Expansion Quasistatique d'une Cavité à Simetrie Sphérique ou Cylindrique dans un Milieu Élasto-Plastique. Annales des Ponts Chaussées, Paris, 1966. *Apud* Cassan, M., [19].
52. SILVA, E. Reação do Subleito em Pavimentos Rígidos de Aeroportos. Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São Paulo, 1985, p. 01-26.
53. SOUZA, M. L. e THOMAZ, C. A. Considerações sobre o Coeficiente de Recalque e Normas para sua Determinação. São Paulo (ABCP), 1982.
54. SOUZA, M. L. Pavimentação Rodoviária (IPR), 2 ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1980.
55. STANDARD METHOD for Nonrepetitiv Static Plate Load Tests of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements (ASTM D 1196/64), 1977.
56. STANTON, T. E. & PORTER, O. J. *Apud* Rodas, R. V. Carreteras, [49].
57. STRATTON, J. H. Military Airfields a Symposium. Construction and Design Problems, 1944. *Apud* Road Research Laboratory, [48].
58. SUDENE E EMBRAPA. Divisão de Recursos Renováveis, Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado de Alagoas. Recife, 1975.
59. VARGAS, M. Mecânica dos Solos., McGraw-Hill do Brasil Ltda, São Paulo ,1977.
60. VIEIRA FILHO, J. O. Avaliação Estrutural e Funcional de um Pavimento Rígido em Via Urbana de Recife. Estudo de Correlação. Dissertação M. Sc., Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1993.
61. VIEIRA FILHO, J. O. e LUCENA, F. B. A Utilização do Pressiômetro como Alternativa para Determinação do CBR "In Situ" e do Coeficiente de Recalque. Anais, 29ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Cuiabá, 1995, p. 216-255.
62. VIEIRA FILHO, J. O. e LUCENA, F.B. Uma Metodologia para Avaliação Estrutural e Funcional de Pavimento Rígido em Via Urbana - Estudo de Correlação. Anais da 26ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Aracaju, 1992, p. 1236-1271.
63. WILSON-WILLIAMS - "PAVEMENTS BEARING CAPACITY COMPUTED BY THEORY OF LAYERED SYSTEMS", Transactions, ASCE, vol. 116, 1951.
64. YODER, E. J. & WITCZAK, M.W. Principles of Pavement Design, 2 ed. New York, John Willey & Sons, New York ,1975.

ANEXO A

RESULTADOS DOS ENSAIOS “IN SITU” NO SUBLEITO

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAÚ
 Registro: 01 Classificação: H.R.B. A-2-4
 Localização: EST. 350 Constante: 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade: 5.2%
 Camada: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	gol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	22	5.1		
1 min	0.05	1.27	35	8.1		
2 min	0.1	2.54	60	13.9	70	19.9
4 min	0.2	5.08	85	19.7	105	18.9
6 min	0.3	7.62	—	—	133	—
8 min	0.4	10.16	—	—	161	—
10 min	0.5	12.70	—	—	182	—

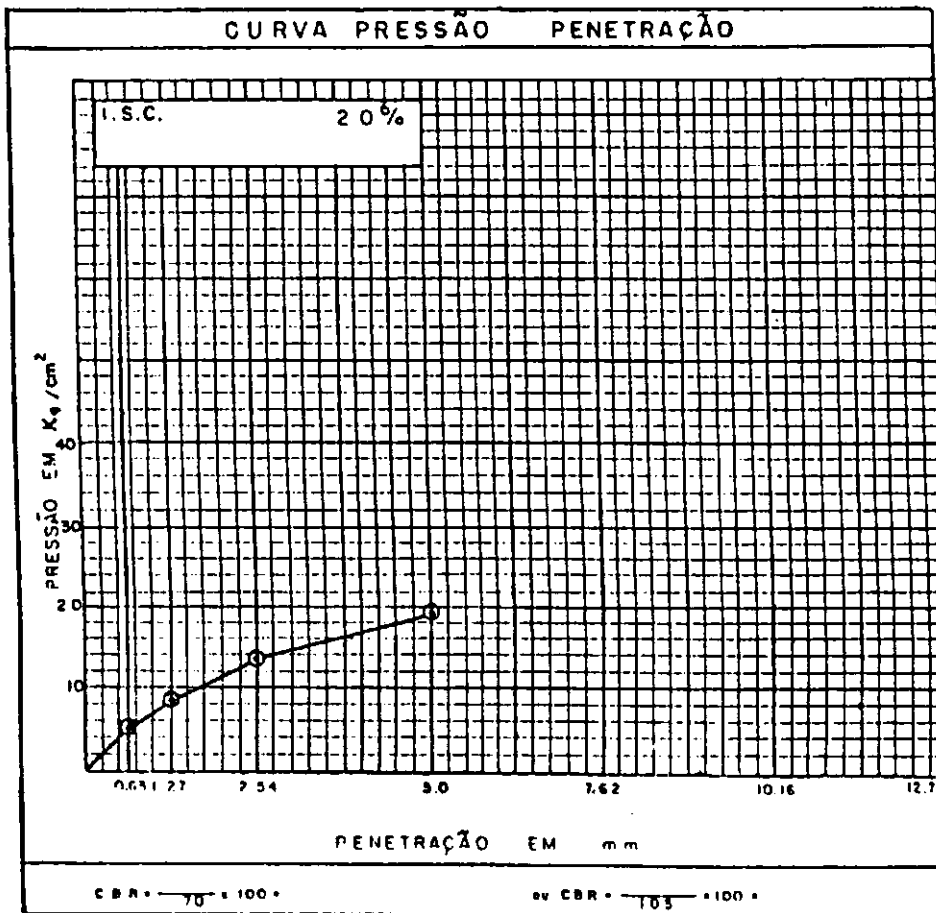


Fig. 53

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: L. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 02 Classificação: H.R.B. A-6
 Localização: EST. 375 Constante: 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade: 9.3%
 Camada: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	32	7.4		
1 min	0.05	1.27	53	12.3		
2 min	0.1	2.54	92	21.4	70	30.6
4 min	0.2	5.00	108	25.1	105	23.9
6 min	0.3	7.62	—	—	123	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

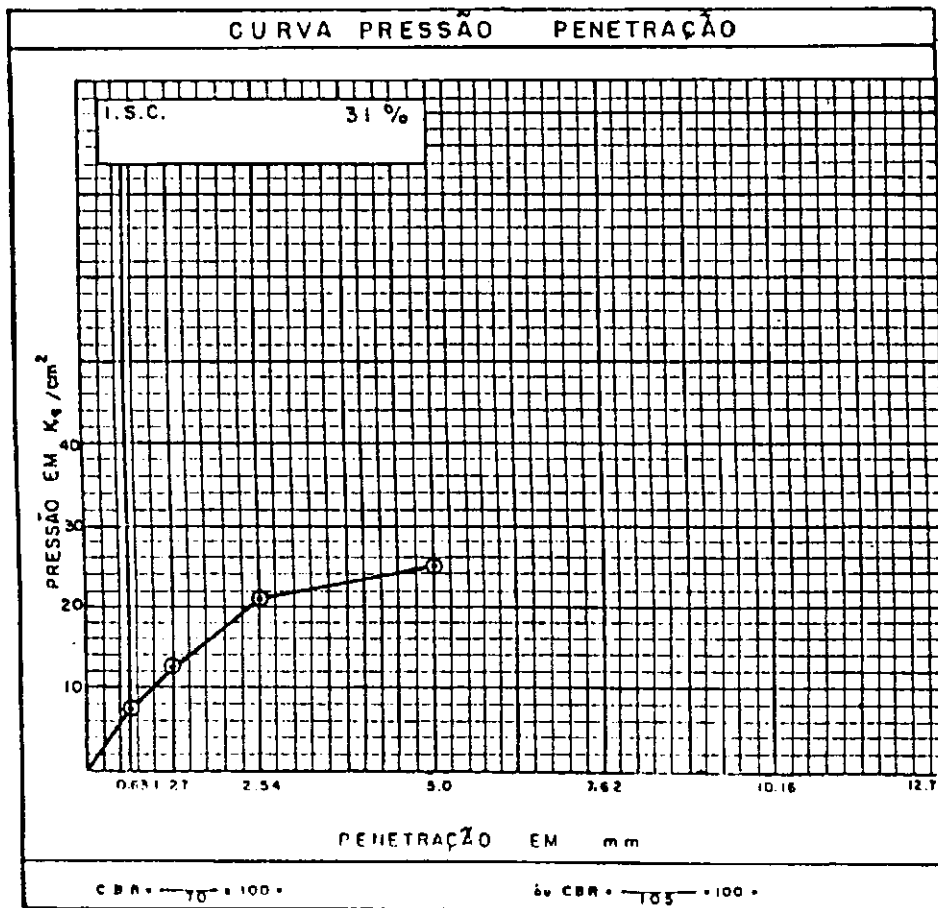


Fig. 54

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trácho : L. dos PALMEIRAS-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 0.3 Classificação : H.R.B. A-6
 Localização : EST. 400 Constante : 0.2323
 Profundidade : 28 cm Umidade : 7.5 %
 Camada : SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPo		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	10	2.3		
1 min	0.05	1.27	16	3.7		
2 min	0.1	2.54	23	5.3	7.0	7.6
4 min	0.2	5.00	60	13.9	103	13.2
8 min	0.3	7.62	74	17.2	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

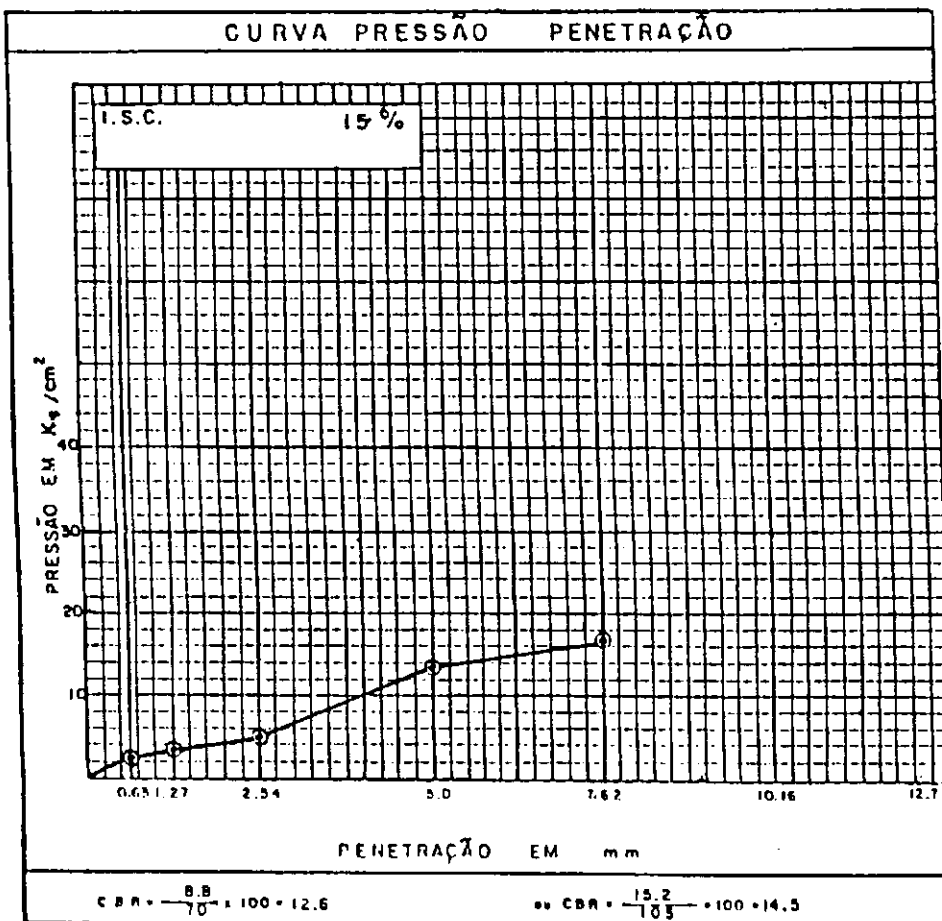


Fig. 55

CBR "IN SITU"

Obra AL-205 Trécho: LI. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 04 Classificação: M. R. B. A-2-4
 Localização: EST. 425 Constante: 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade: 8.1%
 Camada: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPs		
tempo	pal	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.43	42	9.7		
1 min	0.05	1.27	72	16.7		
2 min	0.1	2.54	108	25.1	105	35.9
4 min	0.2	5.00	153	35.5	105	35.8
6 min	0.3	7.62	185	43.0	125	
8 min	0.4	10.16	—	—	141	
10 min	0.5	12.70	—	—	152	

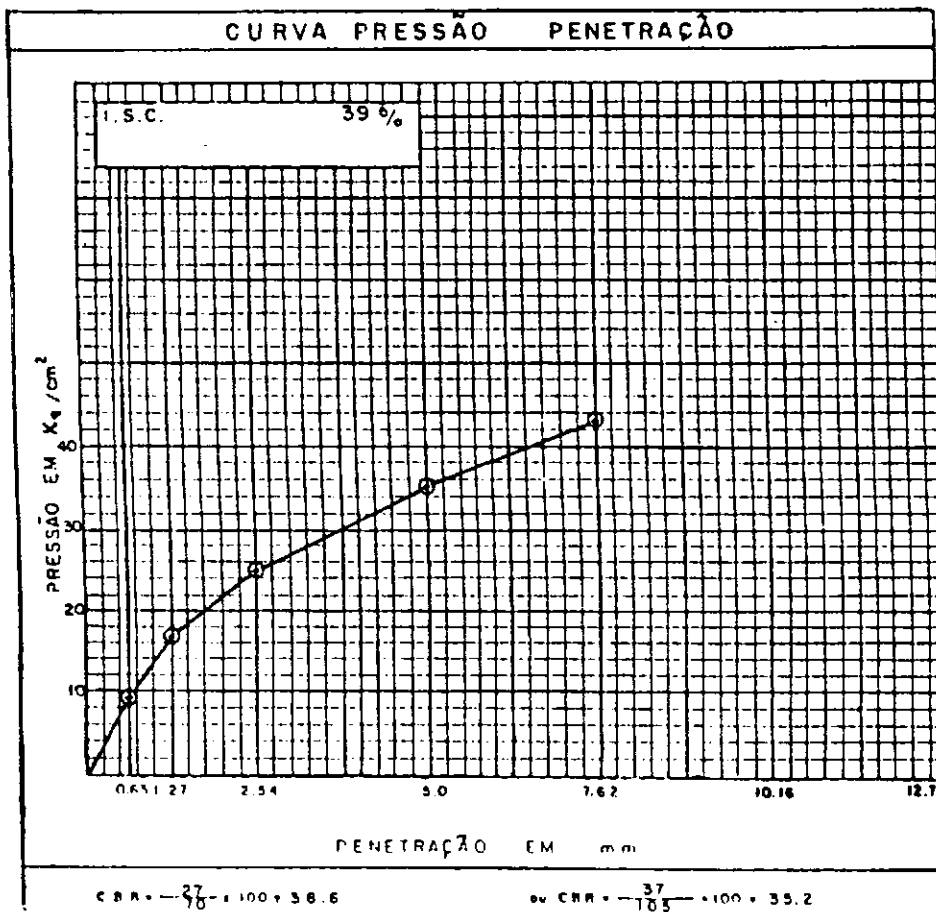


Fig. 56

CBR "IN SITU"

Obra AL-205 Trêcho: LI. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro 05 Classificação: M.R.B. A-2-4
 Localização: EST. 450 Constante: 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade: 6.4 %
 Camada: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões em 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	pedra	%
30 s	0.025	0.63	45	10.5		
1 min	0.05	1.27	82	19.0		
2 min	0.1	2.54	144	33.5	70	47.8
4 min	0.2	5.00	172	40.0	105	38.1
6 min	0.3	7.62	---	---	134	
8 min	0.4	10.16	---	---	161	
10 min	0.5	12.70	---	---	182	

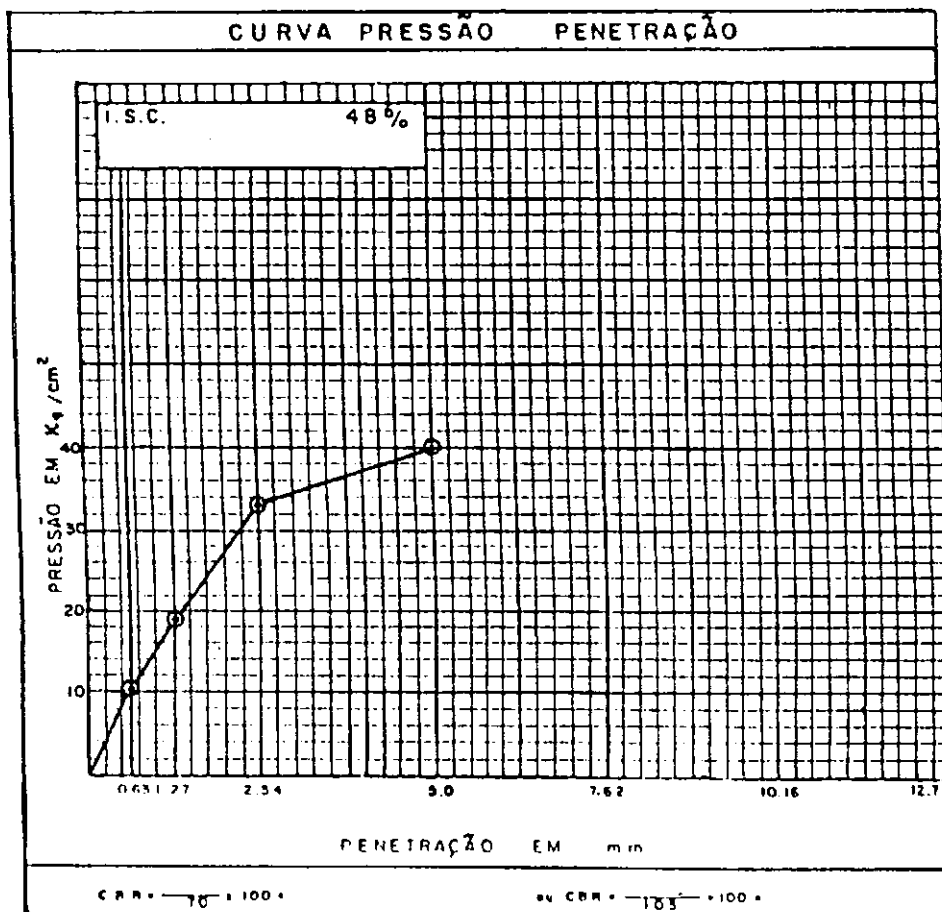


Fig. 57

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: L. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 06 Classificação: H.R.B. A-2-4
 Localização: EST. 475 Constante: 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade: 9.3 %
 Camada: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões a 100 KPe		
Tempo	pal.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	27.0	6.3		
1 min	0.05	1.27	44.0	10.2		
2 min	0.1	2.54	69.0	16.0	70	22.8
4 min	0.2	5.00	85.0	19.7	105	18.8
6 min	0.3	7.62	—	—	125	
8 min	0.4	10.16	—	—	141	
10 min	0.5	12.70	—	—	142	

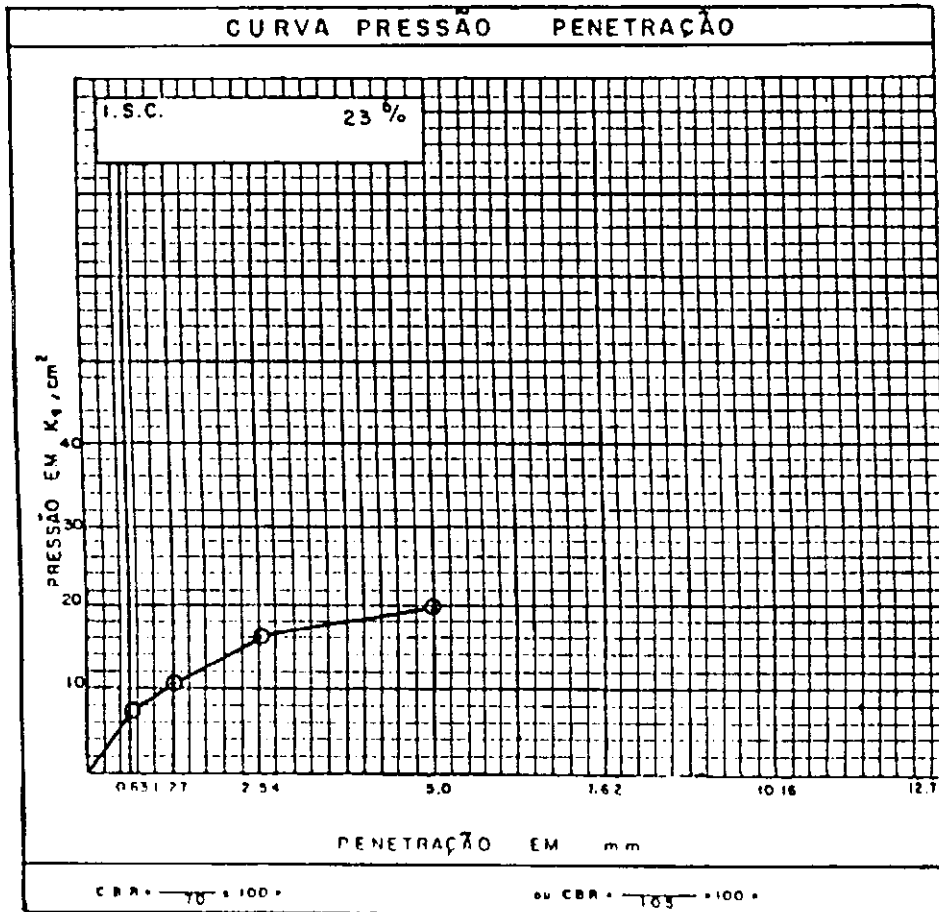


Fig. 58

CBR "IN SITU"

Obra AL-205 Trêcho U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAÚ
 Registro 07 Classificação H.R.B. A-7-6
 Localização EST. 500 Constante 0.2323
 Profundidade 28 cm Umidade 8.7%
 Camada SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões 100 KPs		
tempo	pol	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.023	0.63	40	9.3		
1 min	0.05	1.27	68	15.8		
2 min	0.1	2.54	98	22.8	70	32.6
4 min	0.2	5.00	129	37.0	105	35.2
6 min	0.3	7.62	173	40.2	125	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

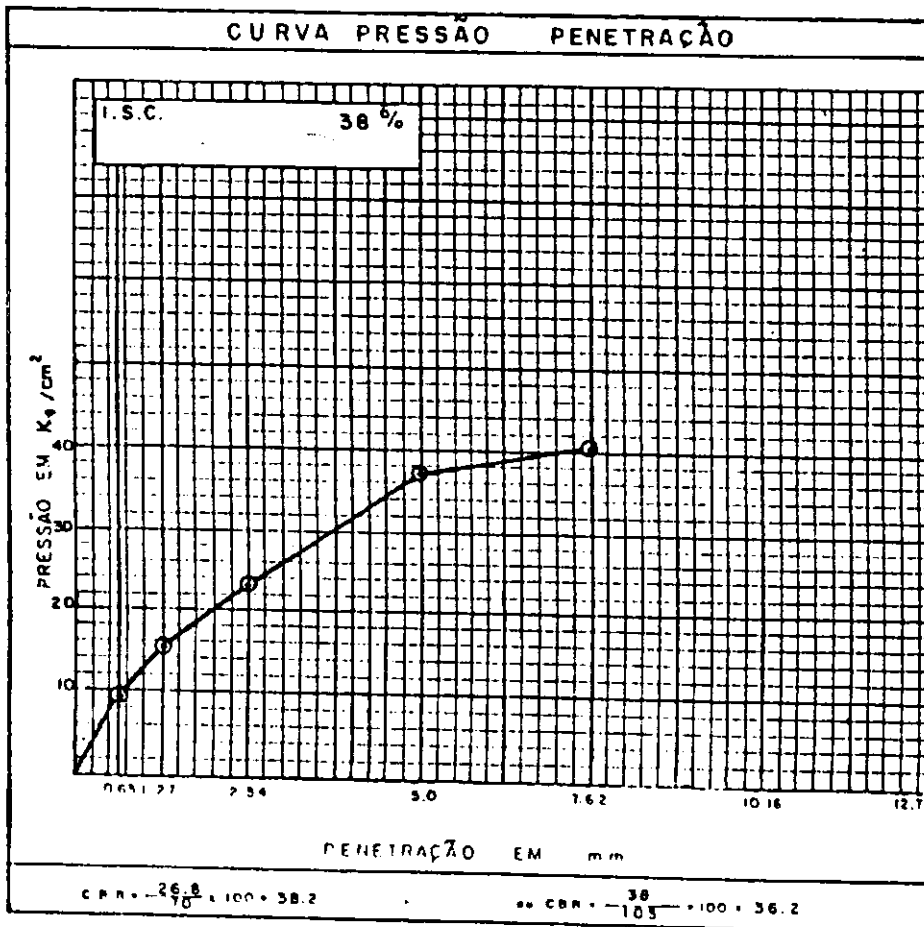


Fig. 59

CBR "IN SITU"

Obra AL-205 Trêcho U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAÚ
 Registro 08 Classificação H.R.B. A-1-B
 Localização EST. 525 Constante 0.2323
 Profundidade 25 cm Umidade 5.4 %
 Camada SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	22	5.1		
1 min	0.05	1.27	40	9.3		
2 min	0.1	2.54	66	15.3	70	21.9
4 min	0.2	5.00	117	27.2	105	25.9
6 min	0.3	7.62	145	36.7	125	
8 min	0.4	10.16	—	—	141	
10 min	0.5	12.70	—	—	152	

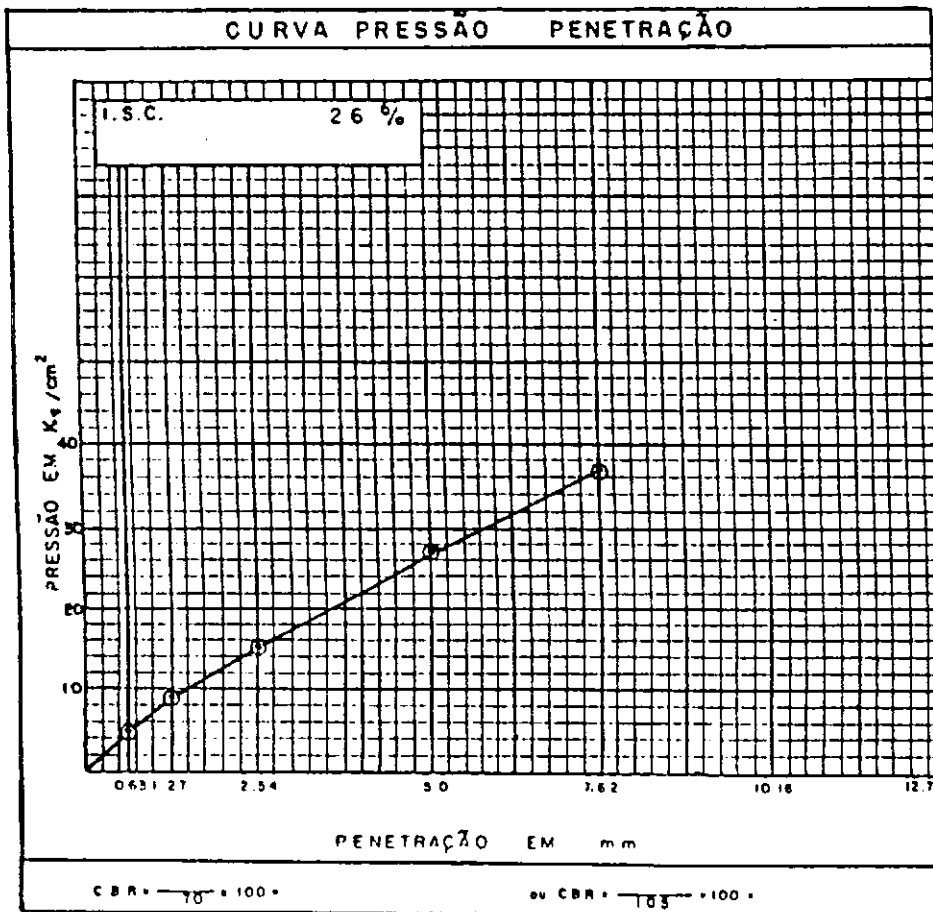


Fig. 60

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. das PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 09 Classificação: H.R.B. A-2-4
 Localização: EST. 575 Constante: 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade: 4.7%
 Camada: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões a 100 KPs		
tempo	pot.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.023	0.63	26	6.0		
1 min	0.05	1.27	48	11.2		
2 min	0.1	2.54	68	15.8	70	22.6
4 min	0.2	5.00	90	20.9	103	19.9
8 min	0.4	7.62	98	22.8	103	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

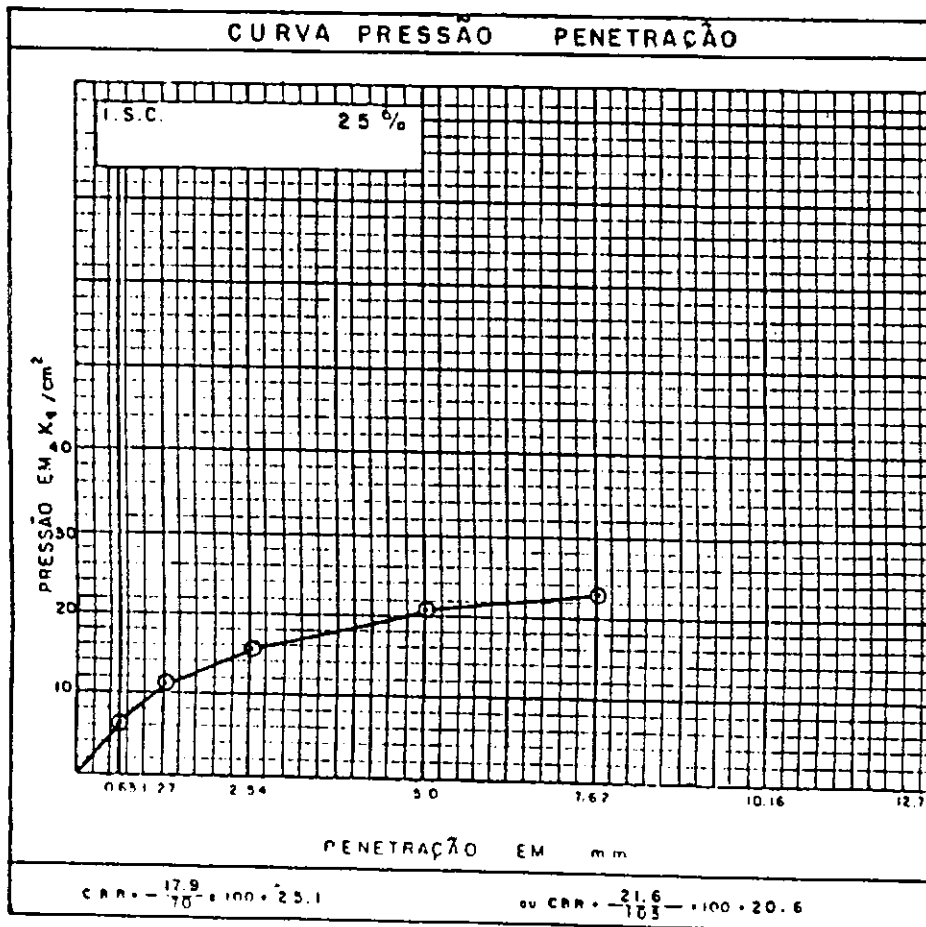


Fig. 61

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U.001 PALMARES-SANTANA do MUNDALI
 Registro: 10 Classificação: H. R. B. A-6
 Localização: EST. 600 Constante: 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade: 8.7%
 Camada: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	23	5.3		
1 min	0.05	1.27	36	8.4		
2 min	0.1	2.54	62	14.4	70	20.6
4 min	0.2	5.00	84	19.5	105	18.6
6 min	0.3	7.62	102	23.7	124	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

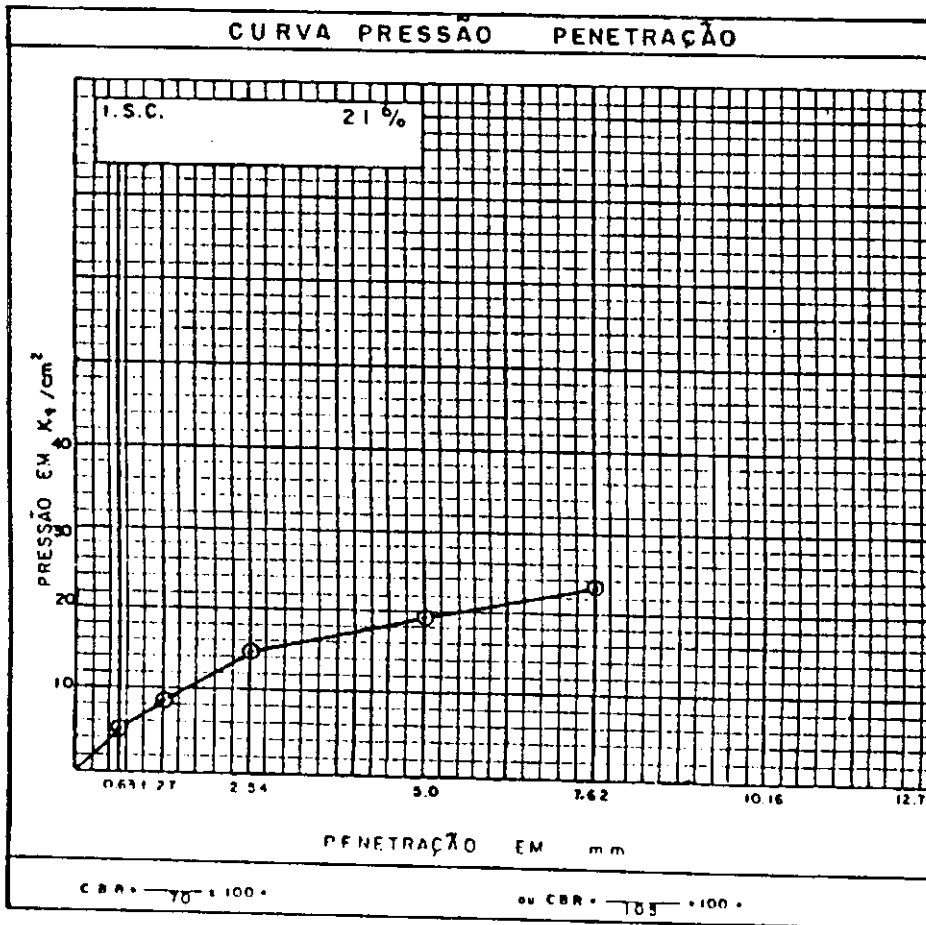
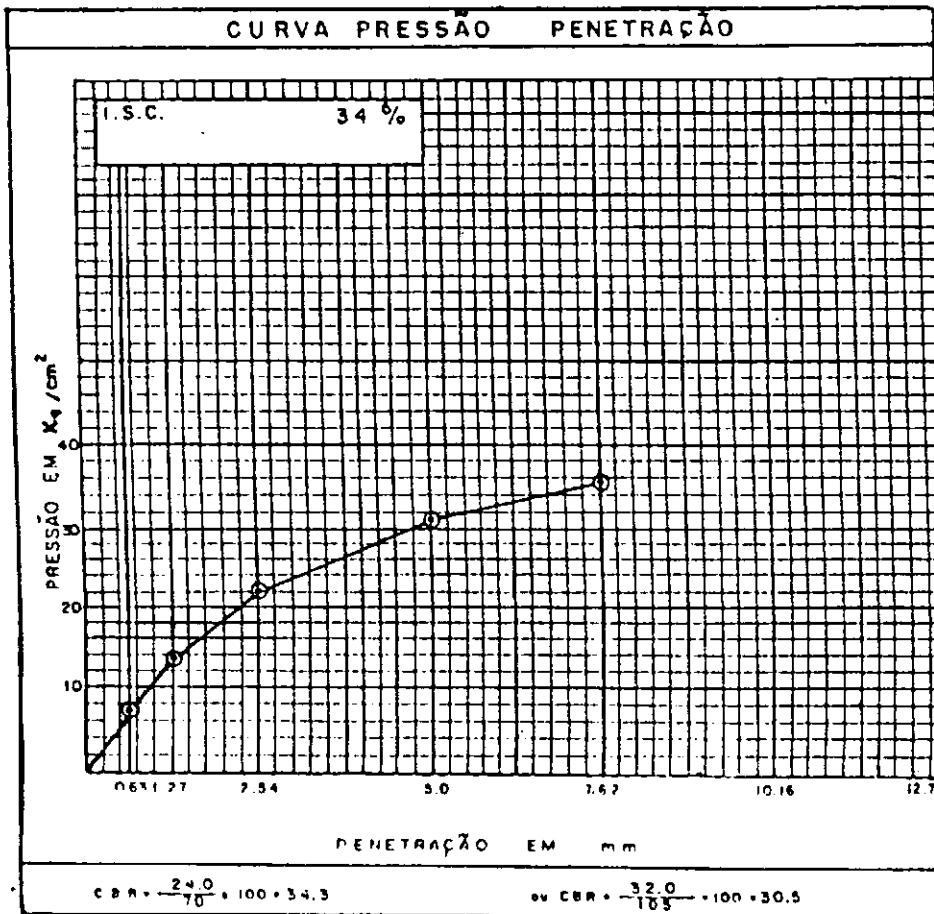


Fig. 62

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDALI
 Registro: 16 Classificação: H.R.B. A-6
 Localização: EST. 625 Constante: 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade: 8.7%
 Camada: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pel.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	32	7.4		
1 min	0.05	1.27	60	13.9		
2 min	0.1	2.54	95	22.1	70	31.6
4 min	0.2	5.00	135	31.4	105	29.9
6 min	0.3	7.62	154	35.8	125	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 6 3

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: L dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 12 Classificação: H.R.B. A-6
 Localização: EST. 650 Constante: 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade: 6.7%
 Comodo: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pal.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.83	27	6.3		
1 min	0.05	1.27	45	10.5		
2 min	0.1	2.54	72	16.7	70	23.9
4 min	0.2	5.00	130	30.2	105	28.8
6 min	0.3	7.62	185	38.2	135	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	192	

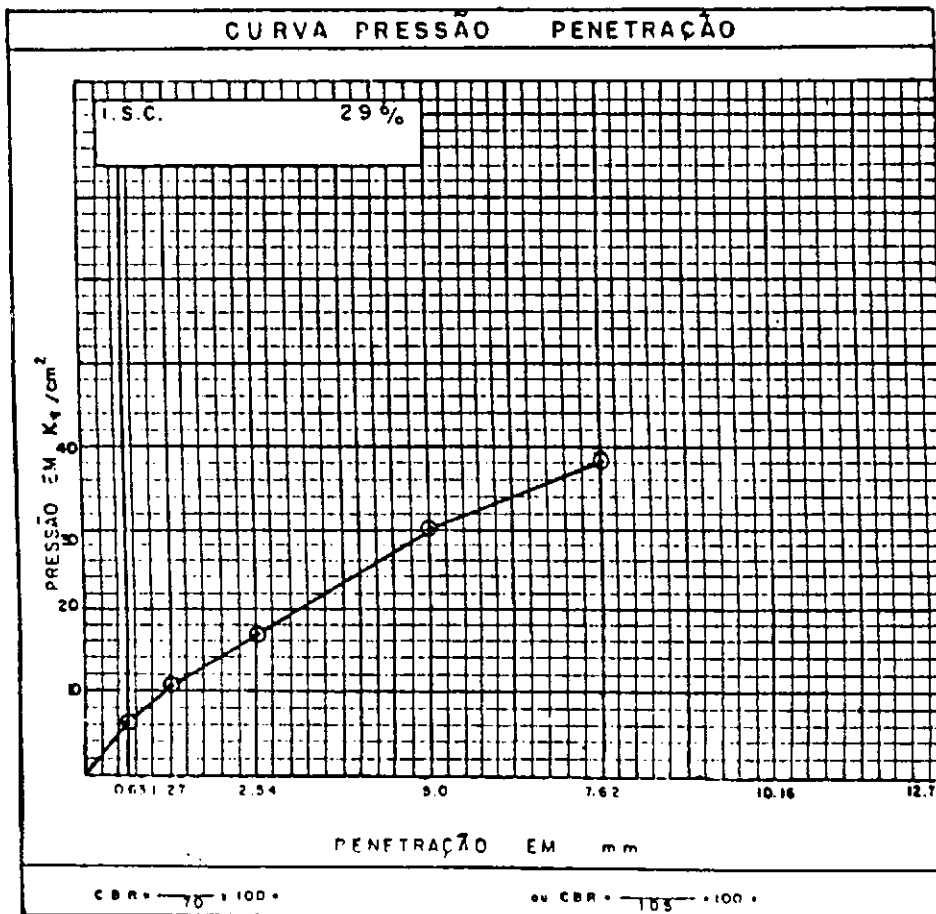


Fig. 64

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 13 Classificação: M. R. B. A-7-6
 Localização: EST. 675 Constante: 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade: 11.1%
 Camada: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.023	0.63	27	6.3		
1 min	0.05	1.27	32	12.1		
2 min	0.1	2.54	97	22.5	70	32.1
4 min	0.2	5.00	150	34.8	105	33.1
6 min	0.3	7.62	177	41.1	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

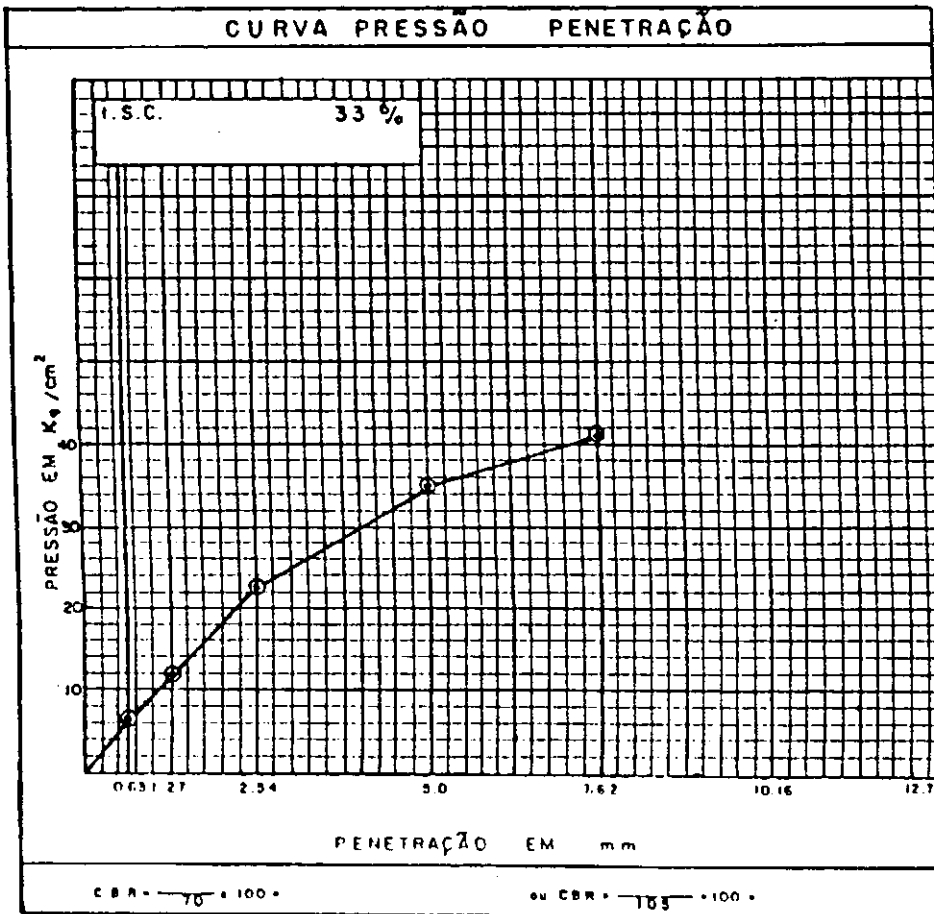
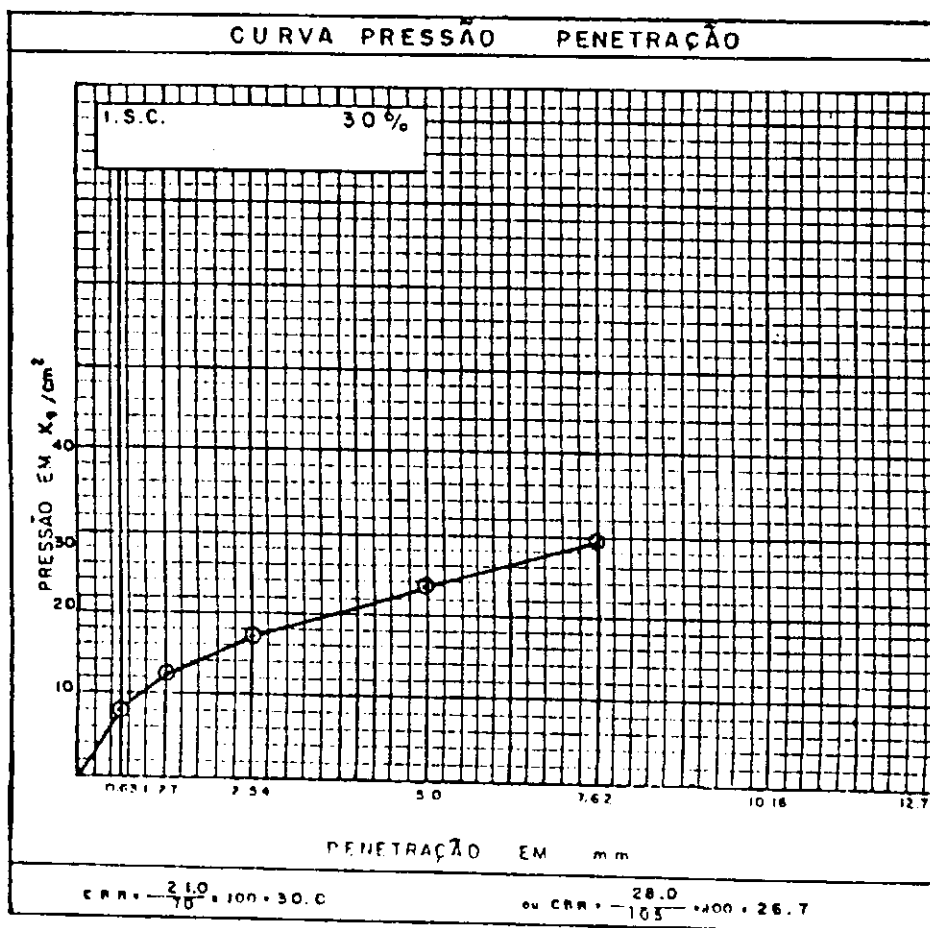


Fig. 65

CBR "IN SITU"

Obra AL-205 Trêcho LI dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 14 Classificação H.R.B. A-2-4
 Localização: EST. 700 Constante 0.2323
 Profundidade: 28 cm Umidade 6.9%
 Camada: SUBLEITO

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
Tempo	psi	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.023	0.63	35	8.1		
1 min	0.05	1.27	53	12.5		
2 min	0.1	2.54	73	17.0	70	24.3
4 min	0.2	5.00	100	23.2	103	22.1
6 min	0.3	7.62	126	29.3	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	192	



Fig_66

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHOS PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 350 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-2-4
 Nº DO TESTE: 01 FATOR DE CORREÇÃO (Fc):
 PROFUNDIDADE: 0,28m DIÂMETRO DA PLACA: 76,2cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 4.560,37cm²

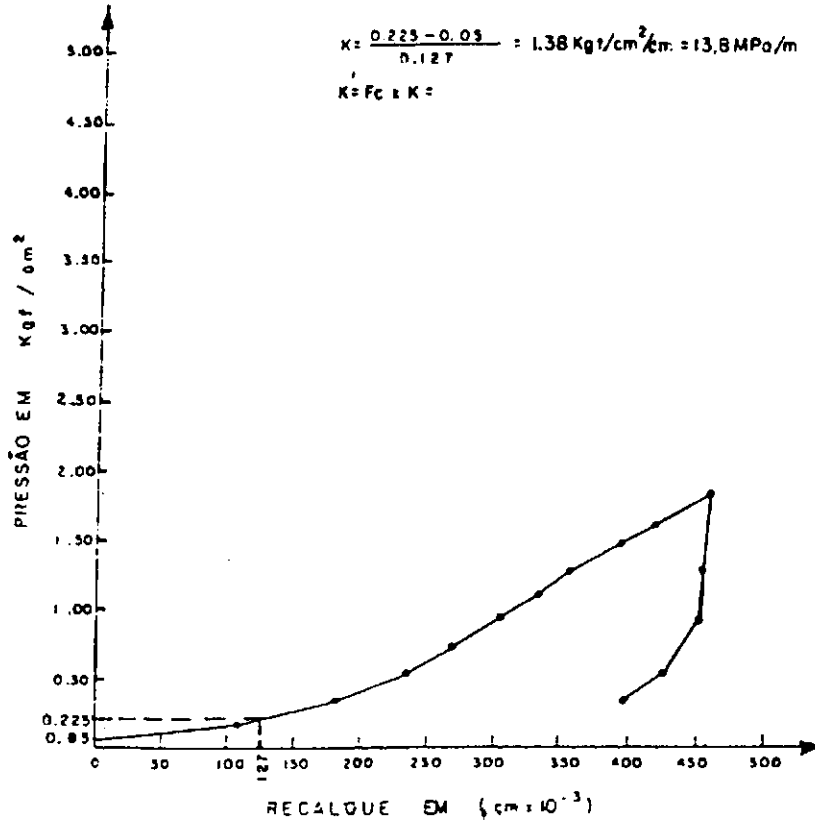


Fig. 67

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHOS PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 375 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-6
 Nº DO TESTE: 02 FATOR DE CORREÇÃO (Fc):
 PROFUNDIDADE: 0,28m DIÂMETRO DA PLACA: 76,2cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 4.560,37cm²

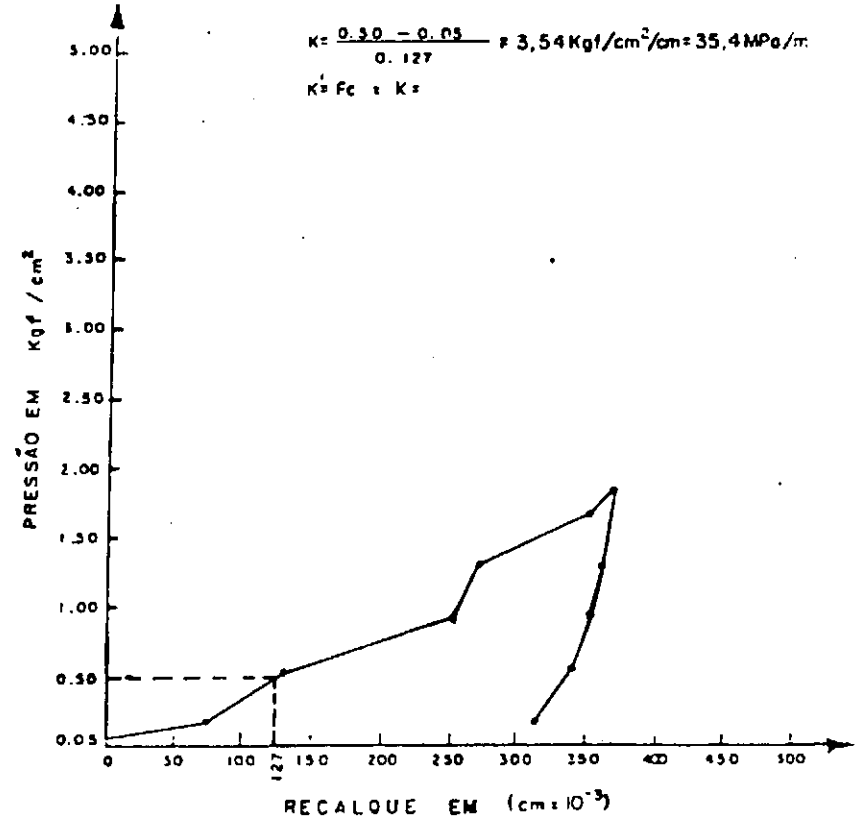


Fig. 68

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHA PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 400 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-6
 Nº DO TESTE: 03 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0.94
 PROFUNDIDADE: 0.28 m DIÂMETRO DA PLACA: 61.0 cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²

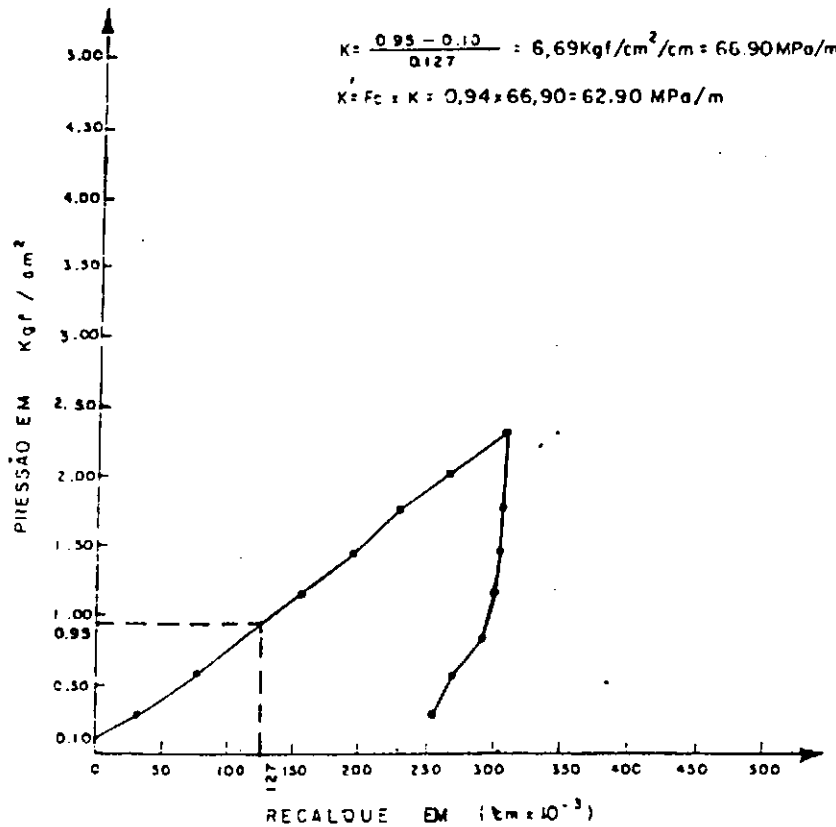


Fig. 69

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHA PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 425 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-2-4
 Nº DO TESTE: 04 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0.94
 PROFUNDIDADE: 0.28 m DIÂMETRO DA PLACA: 61.0 cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²

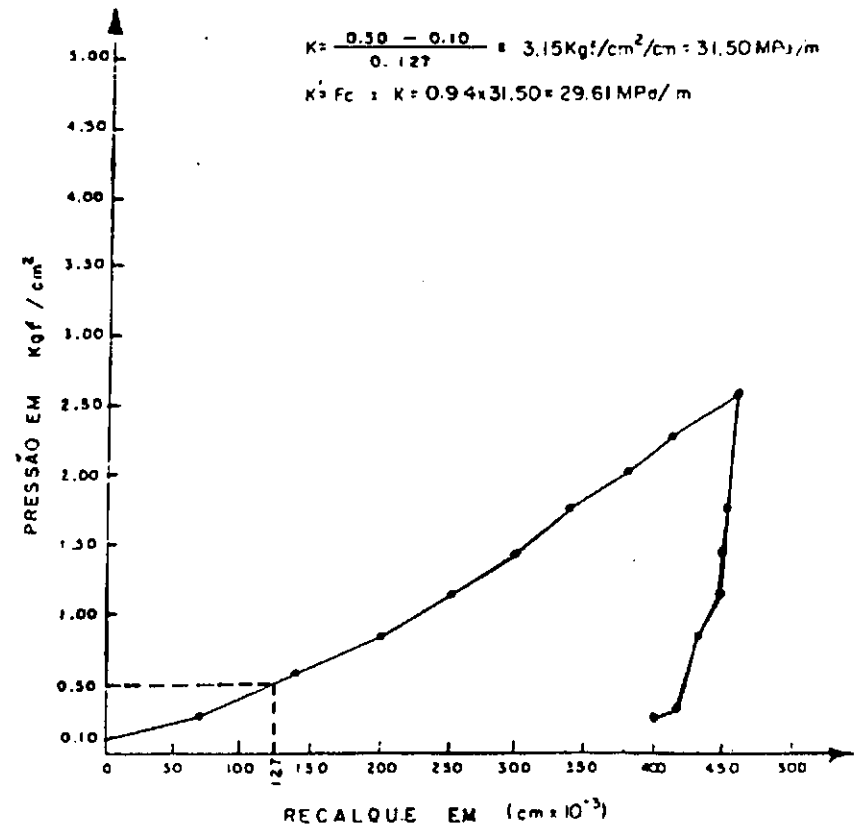


Fig. 70

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILhéus - PALMARES - SANTANA DO MUNDOAU
 LOCALIZAÇÃO: EST 450 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-2-4
 Nº DO TESTE: 05 FATOR DE CORREÇÃO (F_c): 0.94
 PROFUNDIDADE: 0.28 m DIÂMETRO DA PLACA: 61.0 cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922.47 cm²

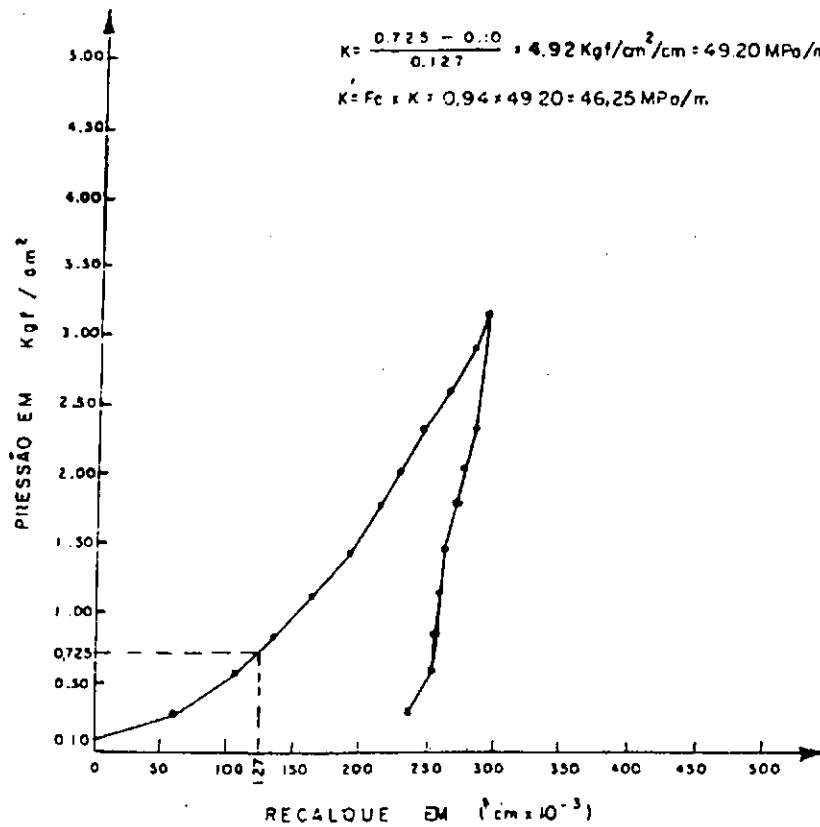


Fig. 71

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILhéus - PALMARES - SANTANA DO MUNDOAU
 LOCALIZAÇÃO: EST 475 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-2-4
 Nº DO TESTE: 06 FATOR DE CORREÇÃO (F_c): 0.94
 PROFUNDIDADE: 0.28 m DIÂMETRO DA PLACA: 61.0 cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922.47 cm²

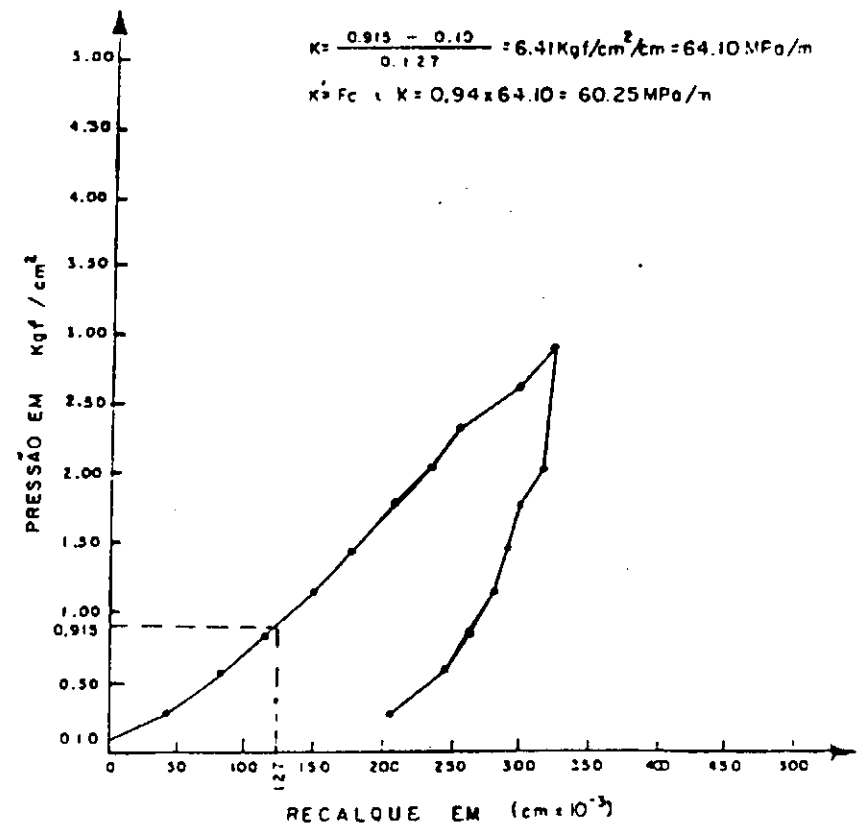
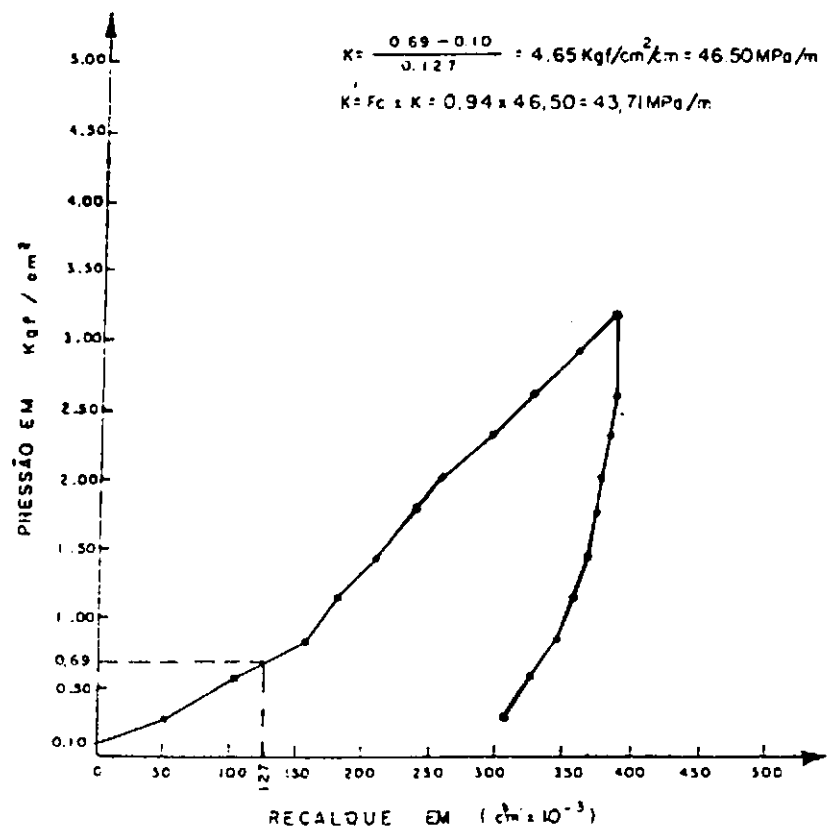


Fig. 72

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

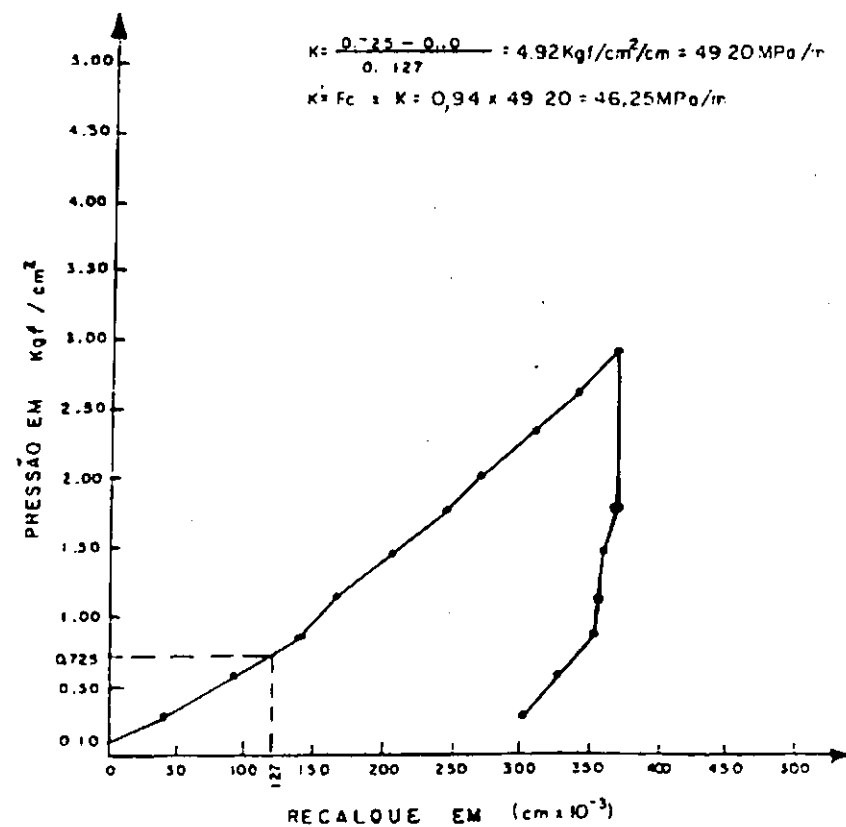
RODOVIA AL - 205 TRECHO ILHOS PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 500 CLASSIFICAÇÃO: H.R.P. A-7.6
 Nº DO TESTE: 07 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0.94
 PROFUNDIDADE: 0.28m DIÂMETRO DA PLACA: 610cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2922,47cm²



Fig_ 73

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHOS PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 525 CLASSIFICAÇÃO: H.R.P. A-1-B
 Nº DO TESTE: 08 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0.94
 PROFUNDIDADE: 0.28m DIÂMETRO DA PLACA: 610cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922,47cm²



Fig_ 74

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHOS PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 575 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-2-4
 Nº DO TESTE: 09 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0.94
 PROFUNDIDADE: 0.28m DIÂMETRO DA PLACA: 61.0 cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922,47cm²

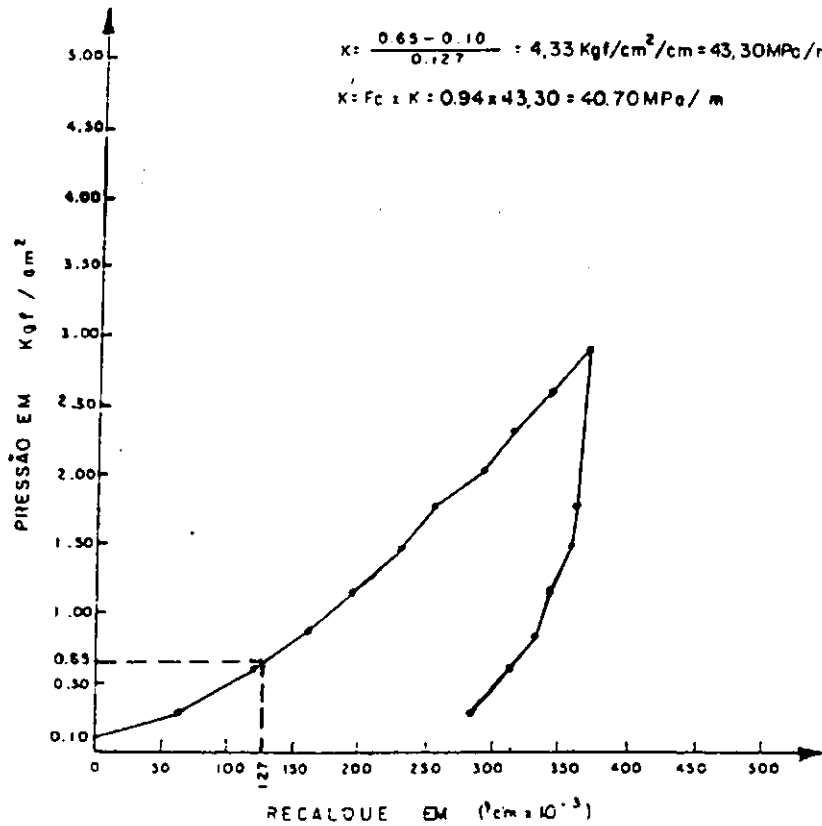


Fig. 75

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHOS PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 500 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-6
 Nº DO TESTE: 10 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0.94
 PROFUNDIDADE: 0.28m DIÂMETRO DA PLACA: 61.0 cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922,47cm²

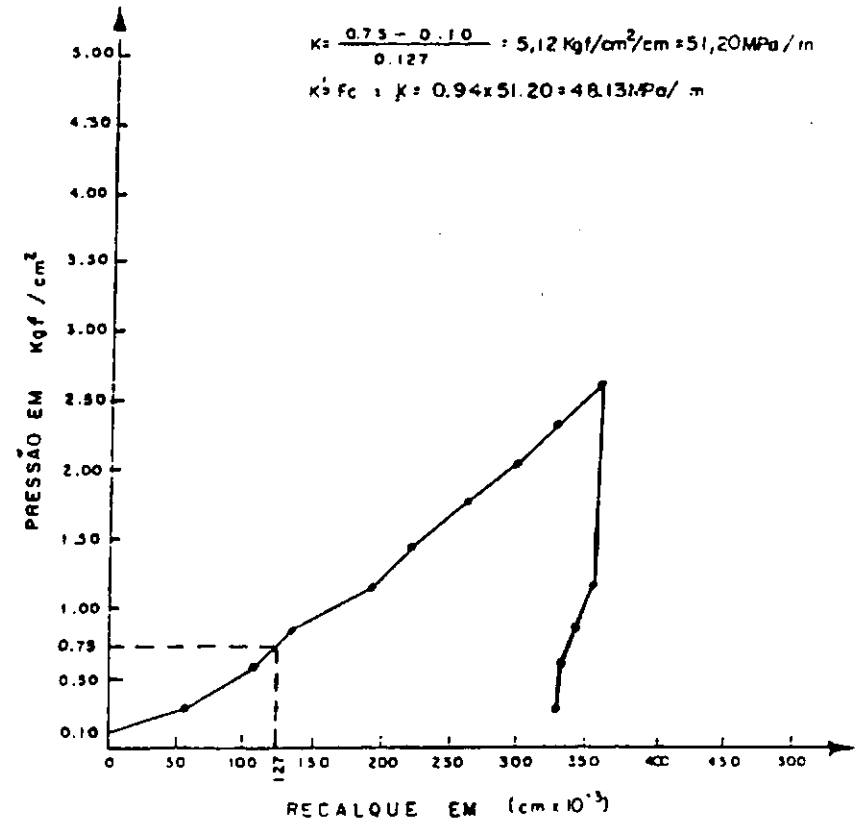
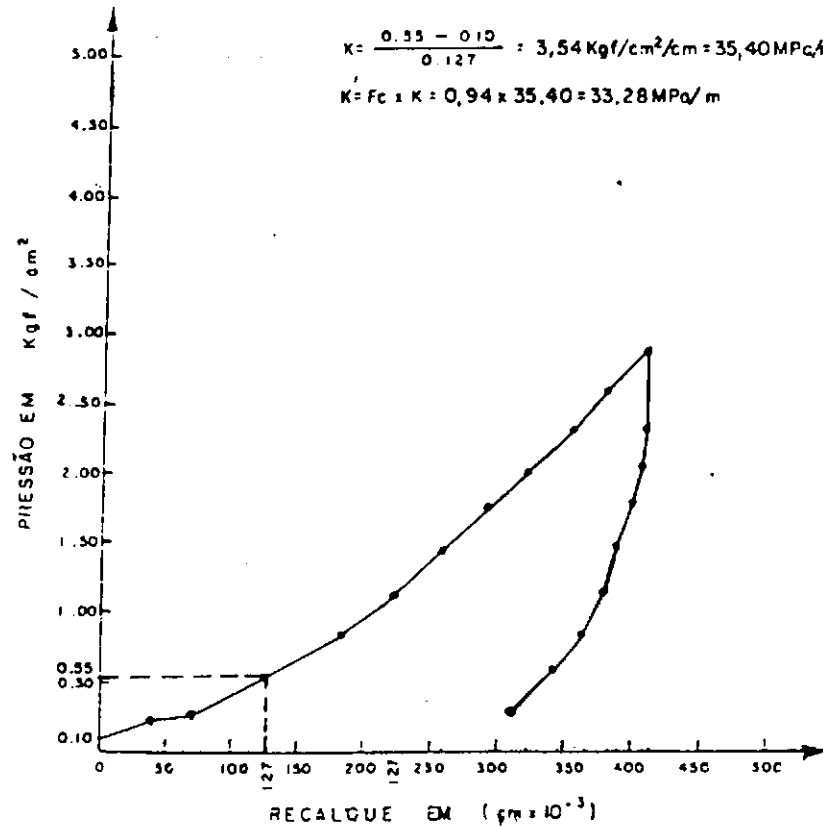


Fig. 76

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

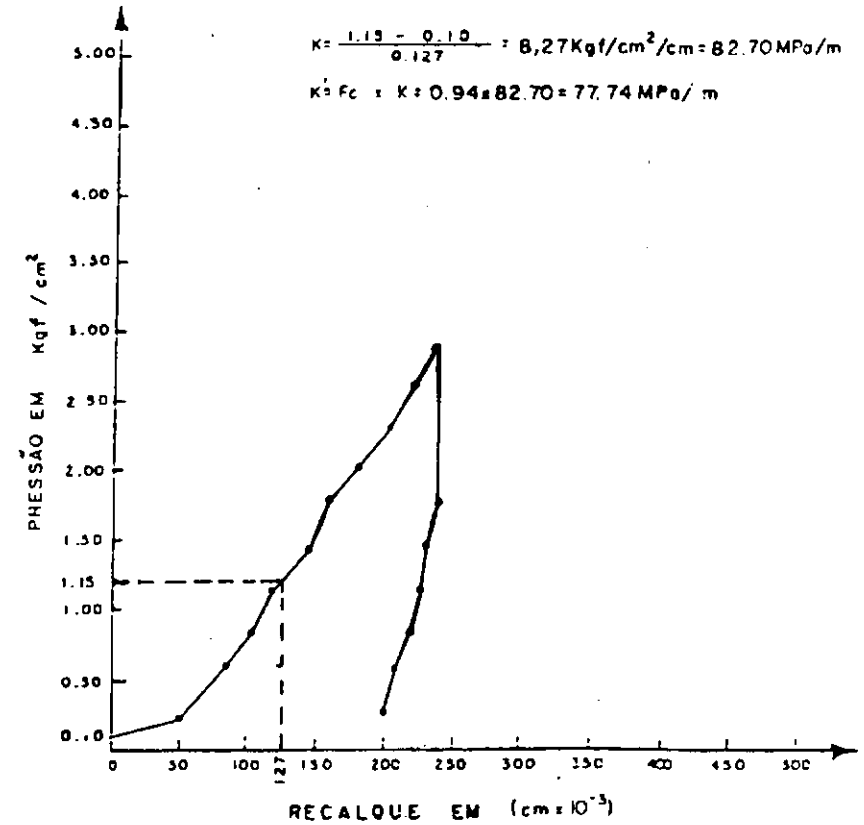
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL. DO PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 625 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-6
 Nº DO TESTE: 11 FATOR DE CORREÇÃO (F_c): 0,94
 PROFUNDIDADE: 0,28m DIÂMETRO DA PLACA: 61,0cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922,47cm²



Fig_ 77

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

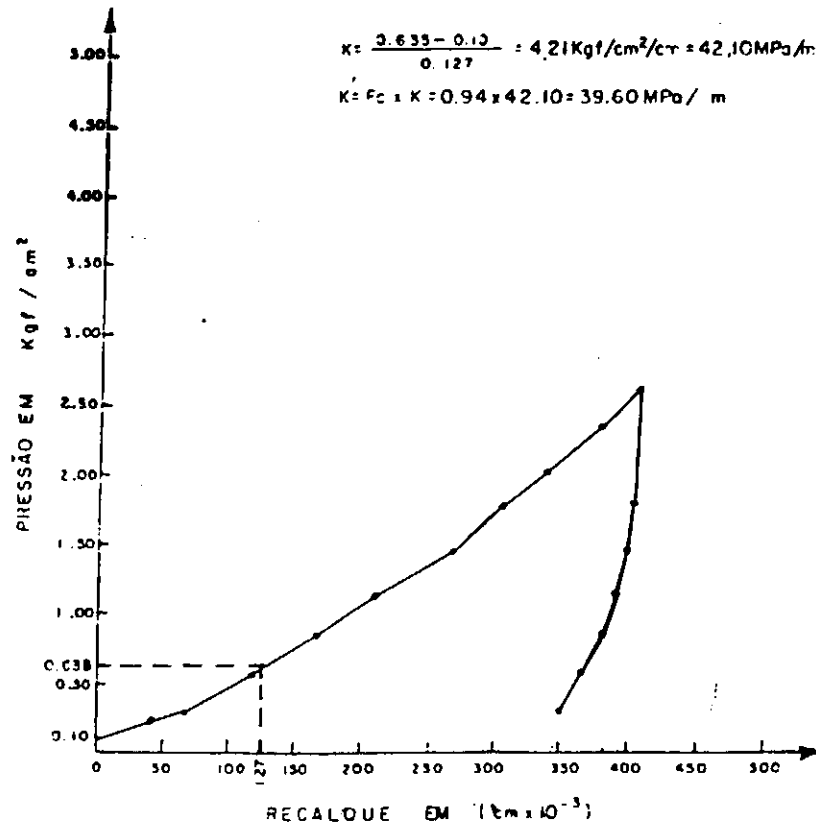
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL. DO PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 650 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-6
 Nº DO TESTE: 12 FATOR DE CORREÇÃO (F_c): 0,94
 PROFUNDIDADE: 0,28m DIÂMETRO DA PLACA: 61,0cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922,47cm²



Fig_ 78

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

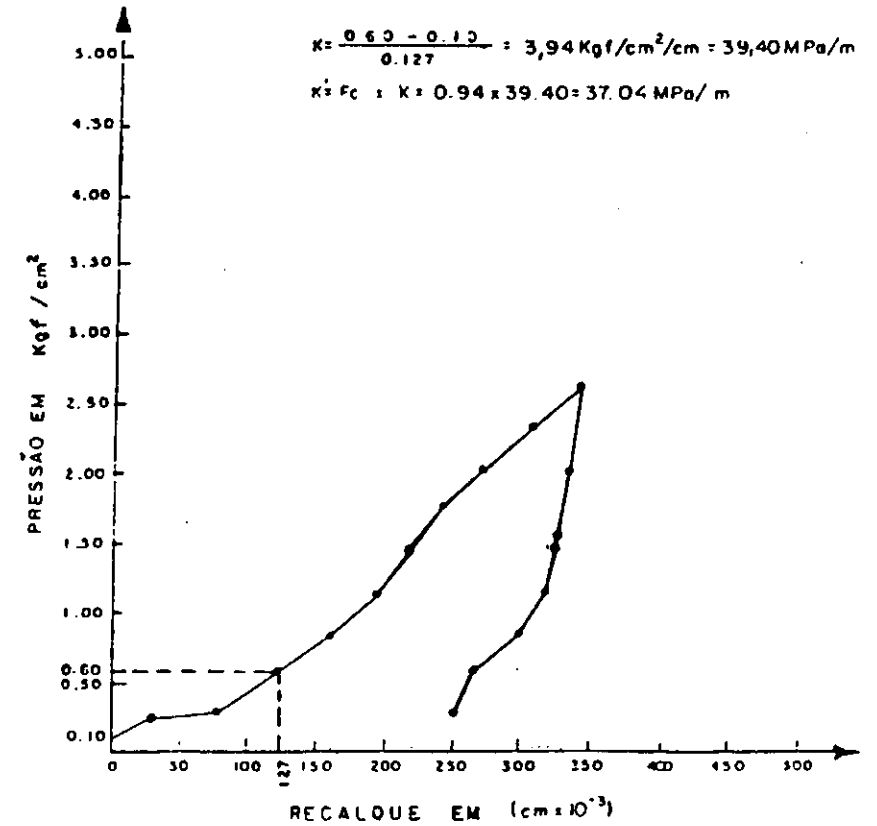
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHA PALMARES - SANTANA DO MUNDAUÍ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 675 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-7-6
 Nº DO TESTE: 13 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0.94
 PROFUNDIDADE: 0.28m DIÂMETRO DA PLACA: 51.0cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922,47cm²



Fig_ 79

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

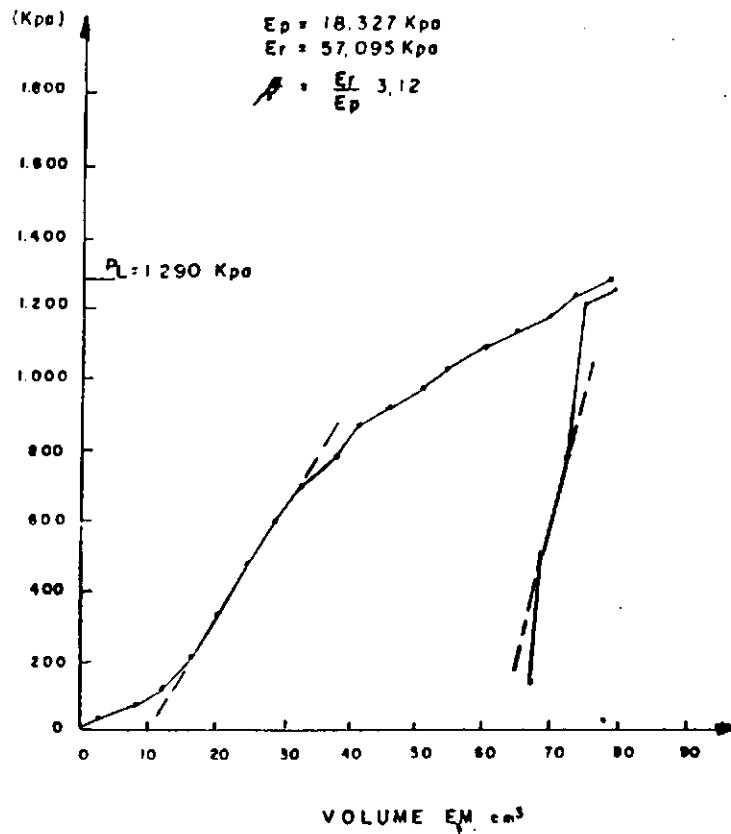
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHA PALMARES - SANTANA DO MUNDAUÍ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 700 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-2-4
 Nº DO TESTE: 14 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0.94
 PROFUNDIDADE: 0.22m DIÂMETRO DA PLACA: 51.0cm
 CAMADA: SUBLEITO ÁREA DA PLACA: 2.922,47cm²



Fig_ 80

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

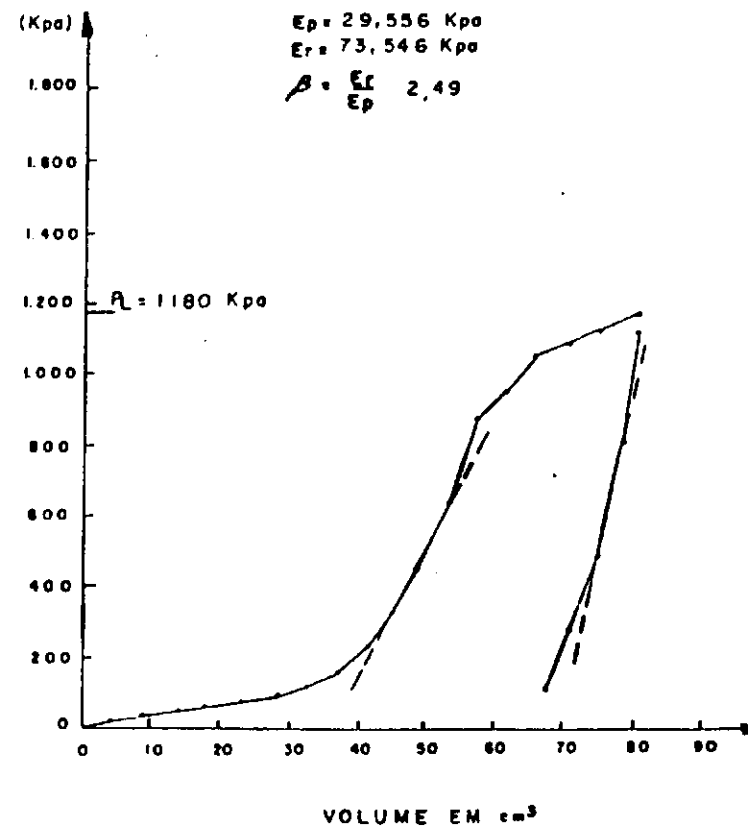
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: 350 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 01 TEMPERATURA: —
 PROFUNDIDADE: 55 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,58 m
 UMIDADE: 5,2% CAMADA: SUBLEITO



Fig_ 8 1

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

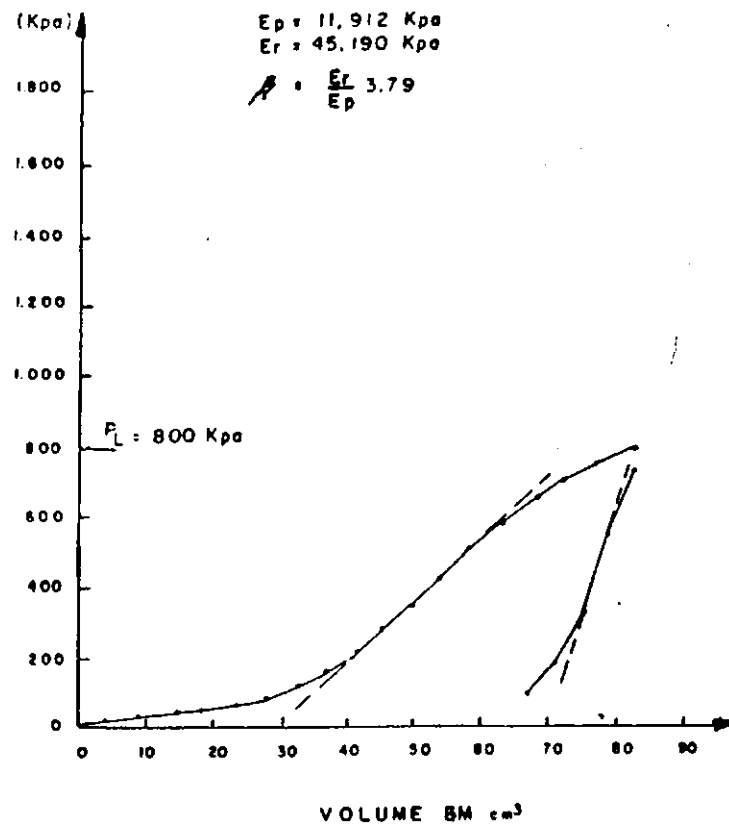
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: 375 TIPO DE SOLO: A - 6
 Nº DO FURO: 02 TEMPERATURA: —
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,27 m
 UMIDADE: 9,3% CAMADA: SUBLEITO



Fig_ 8 2

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

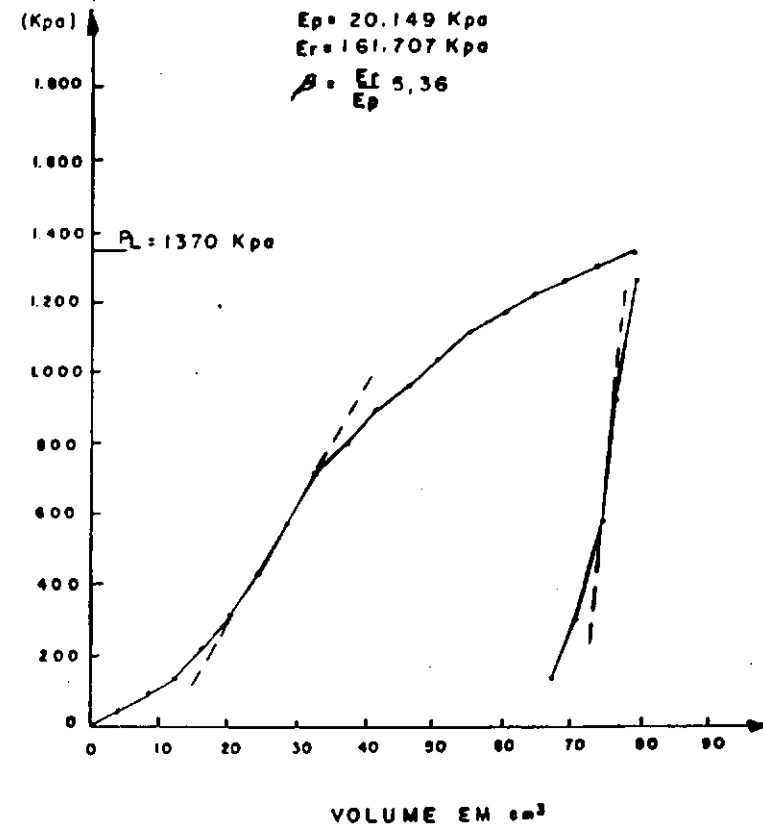
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. 600 PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: 400 TIPO DE SOLO: A - 6
 Nº DO FURO: 03 TEMPERATURA: —
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,32 m
 UMIDADE: 7,5% CAMADA: SUBLEITO



Fig_ 83

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

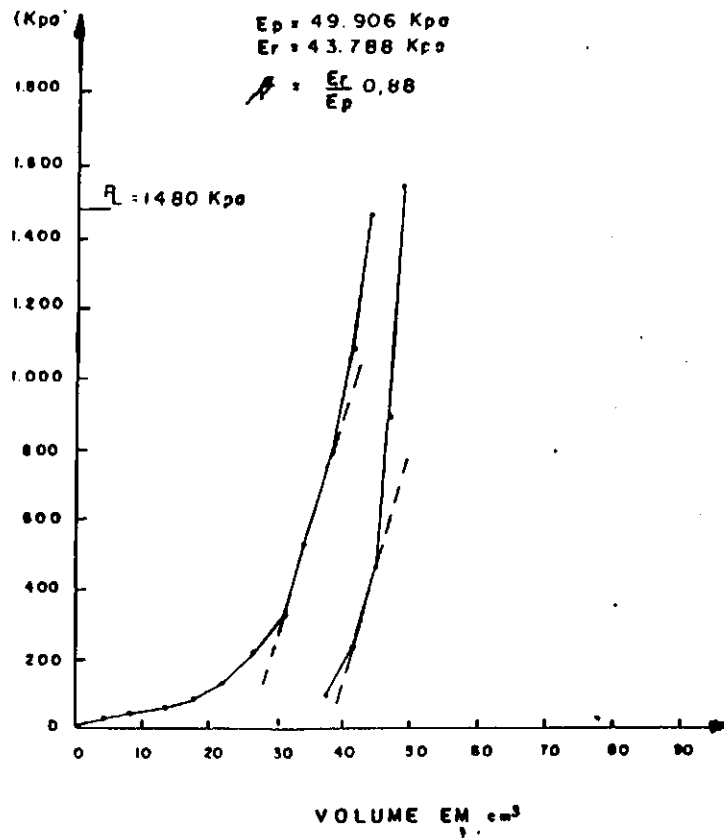
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. 600 PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: 425 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 04 TEMPERATURA: —
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,30 m
 UMIDADE: 8,1% CAMADA: SUBLEITO



Fig_ 84

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

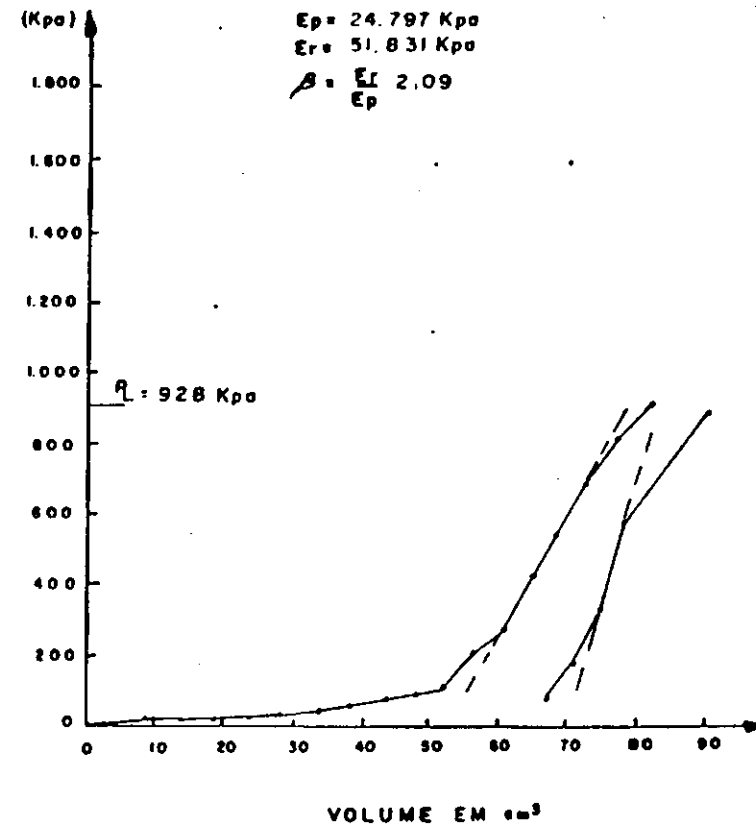
RODOVIA: <u>AL - 205</u>	TRECHO: <u>LI dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU</u>
LOCALIZAÇÃO: <u>450</u>	TIPO DE SOLO: <u>A - 2 - 4</u>
Nº DO FURO: <u>05</u>	TEMPERATURA: <u>—</u>
PROFUNDIDADE: <u>50 Cm</u>	ALTURA HIDROSTÁTICA: <u>1,28 m</u>
UMIDADE: <u>6,4%</u>	CAMADA: <u>SUBLEITO</u>



Fig_ 85

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

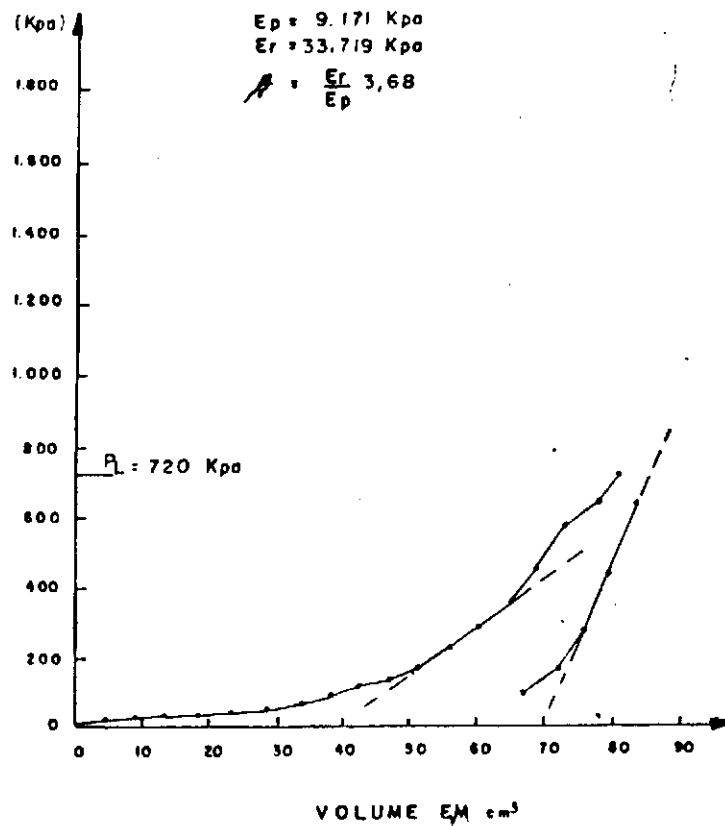
RODOVIA: <u>AL - 205</u>	TRECHO: <u>LI dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU</u>
LOCALIZAÇÃO: <u>475</u>	TIPO DE SOLO: <u>A - 2 - 4</u>
Nº DO FURO: <u>06</u>	TEMPERATURA: <u>—</u>
PROFUNDIDADE: <u>50 Cm</u>	ALTURA HIDROSTÁTICA: <u>1,29 m</u>
UMIDADE: <u>9,3%</u>	CAMADA: <u>SUBLEITO</u>



Fig_ 86

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

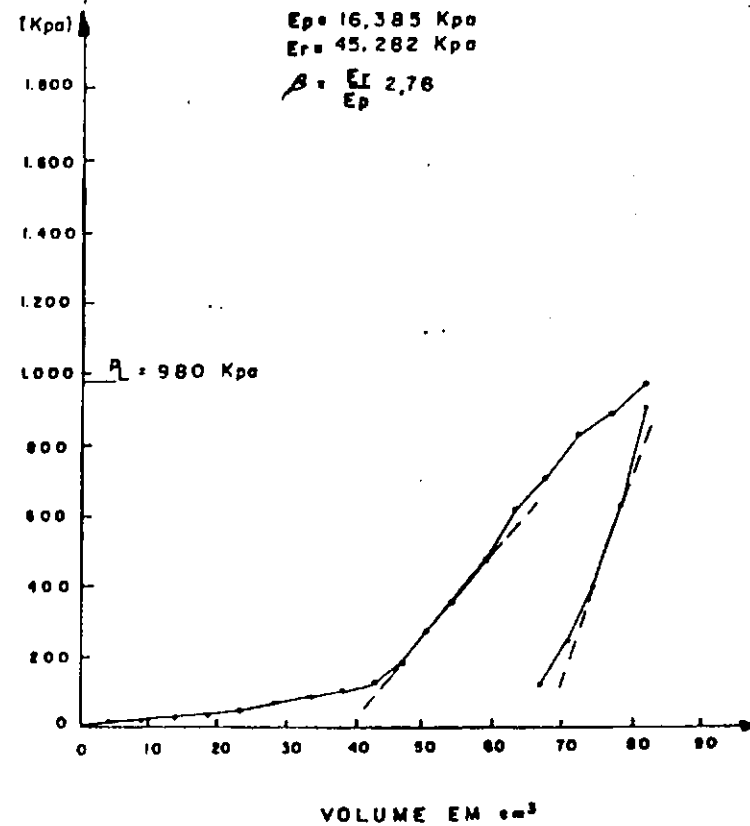
RODOVIA: <u>AL - 205</u>	TRECHO: <u>U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU</u>
LOCALIZAÇÃO: <u>500</u>	TIPO DE SOLO: <u>A - 7 - 6</u>
Nº DO FURO: <u>07</u>	TEMPERATURA: <u>—</u>
PROFUNDIDADE: <u>50 Cm</u>	ALTURA HIDROSTÁTICA: <u>1,35 m</u>
UMIDADE: <u>8,7%</u>	CAMADA: <u>SUBLEITO</u>



Fig_ 87

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: <u>AL - 205</u>	TRECHO: <u>U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU</u>
LOCALIZAÇÃO: <u>525</u>	TIPO DE SOLO: <u>A - 1 - B</u>
Nº DO FURO: <u>08</u>	TEMPERATURA: <u>—</u>
PROFUNDIDADE: <u>50 Cm</u>	ALTURA HIDROSTÁTICA: <u>1,35 m</u>
UMIDADE: <u>6,4%</u>	CAMADA: <u>SUBLEITO</u>



Fig_ 88

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: 575 TIPO DE SOLO: A-2-4
 Nº DO FURO: 09 TEMPERATURA: —
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,31 m
 UMIDADE: 4,7% CAMADA: SUBLEITO

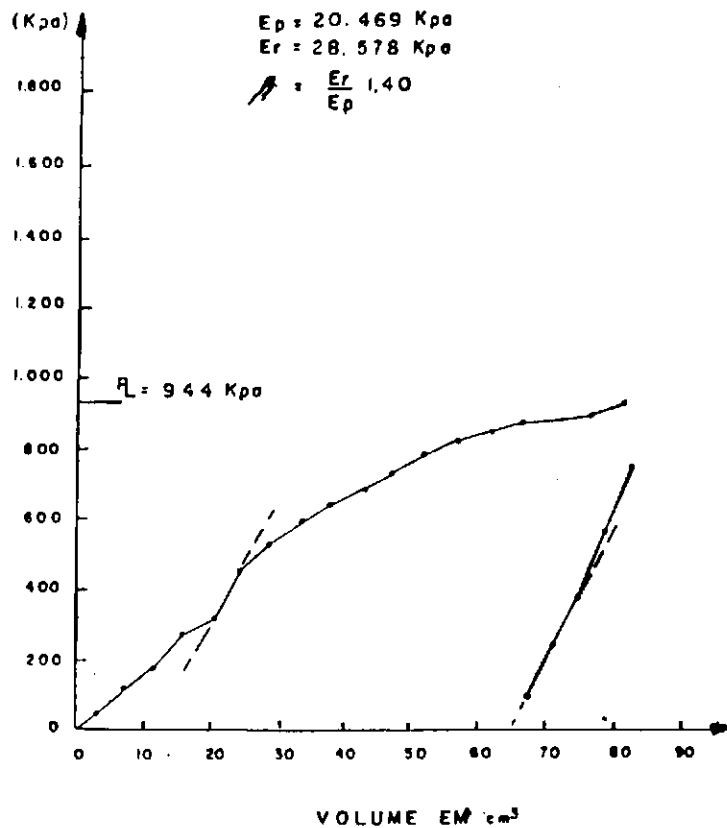


Fig - 89

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: 600 TIPO DE SOLO: A-6
 Nº DO FURO: 10 TEMPERATURA: —
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,29 m
 UMIDADE: 8,7% CAMADA: SUBLEITO

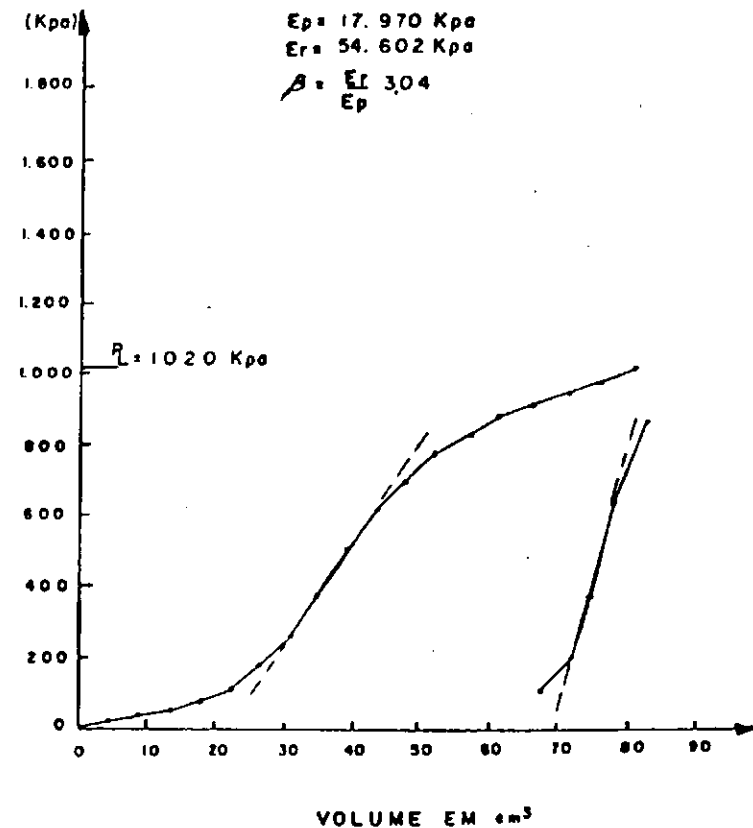
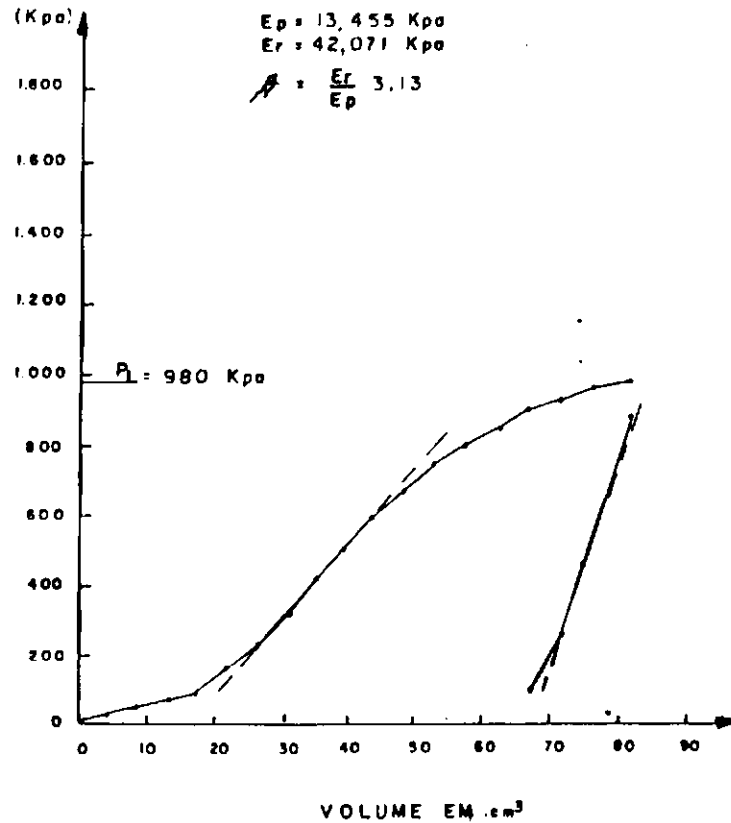


Fig - 90

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: 625 TIPO DE SOLO: A - 6
 Nº DO FURO: 11 TEMPERATURA: —
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,30 m
 UNIDADE: 8,7% CAMADA: SUBLEITO



Fig_ 91

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: 650 TIPO DE SOLO: A - 6
 Nº DO FURO: 12 TEMPERATURA: —
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,25 m
 UNIDADE: 8,7% CAMADA: SUBLEITO

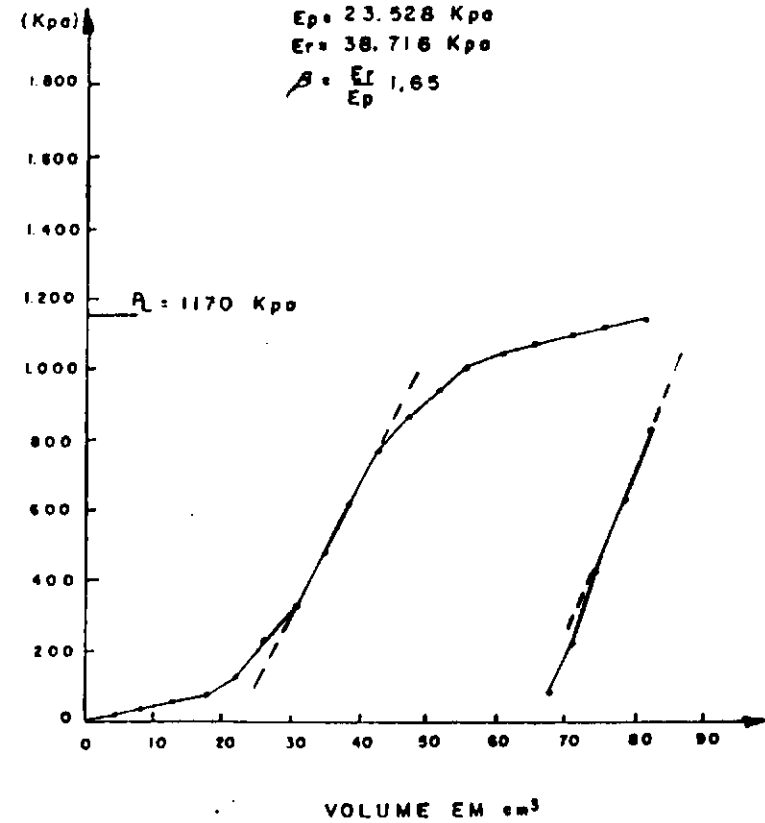
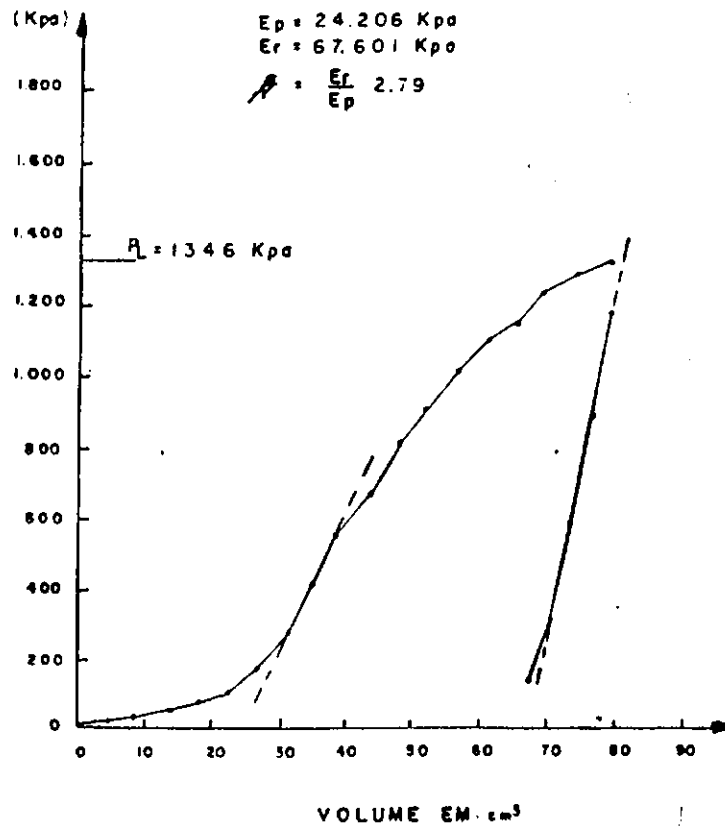


Fig _ 92

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

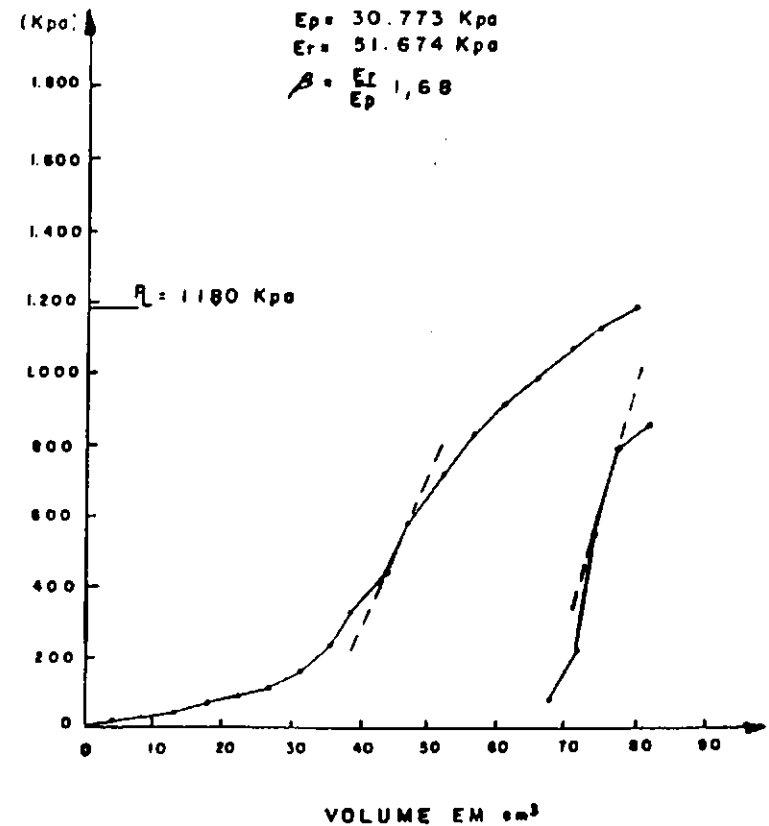
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U dos PALMARES - BANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: 675 TIPO DE SOLO: A - 7 - 6
 Nº DO FURO: 13 TEMPERATURA: —
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,24 m
 UMIDADE: 11,1% CAMADA: SUBLEITO



Fig_ 93

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U dos PALMARES - BANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: 700 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 14 TEMPERATURA: —
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,24 m
 UMIDADE: 6,9% CAMADA: SUBLEITO



Fig_ 94

ANEXO B

RESULTADOS DOS ENSAIOS "IN SITU" NA SUB-BASE

GBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trácho : LI. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 01 Classificação: H. R. B. - A - 2 - 4
 Localização: EST. 110 Constante : 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade : 8,1 %
 Comodo : SUB BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetrações			Leitura de monômetro	Pressões em 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	65	15,10		
1 min	0.05	1.27	96	22,30		
2 min	0.1	2.54	130	30,20	70	43,14
4 min	0.2	5.00	170	39,49	105	57,61
8 min	0.3	7.62	185	42,97	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

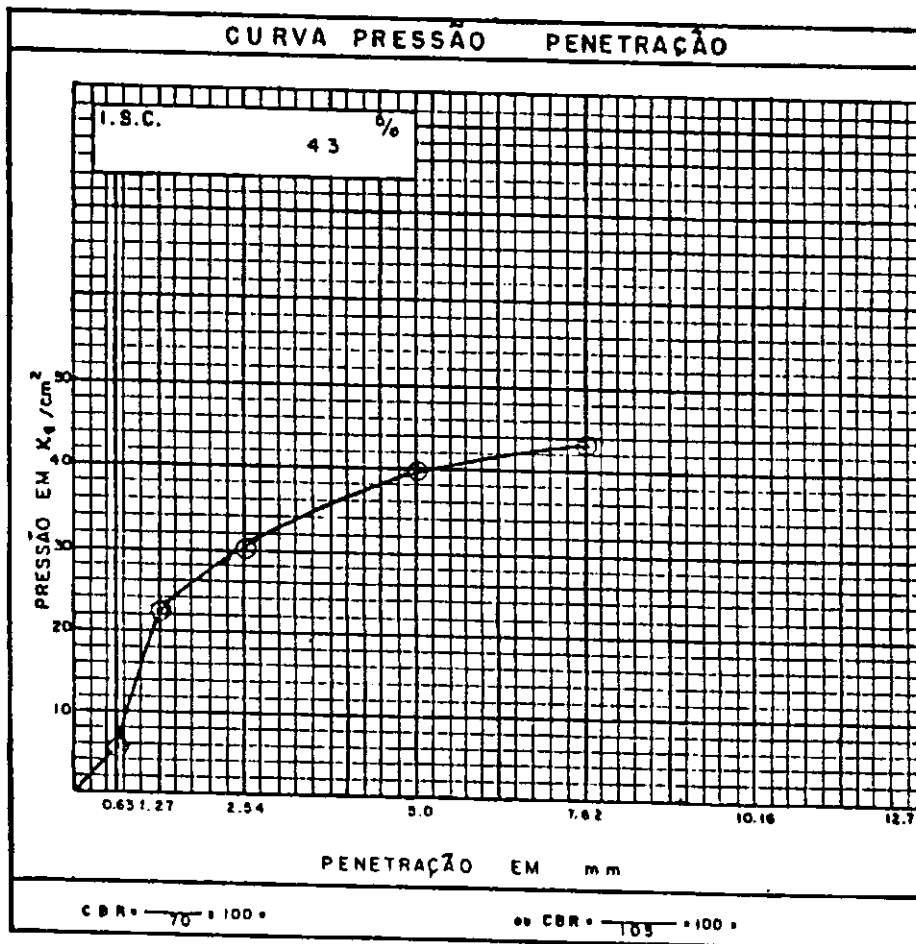


Fig - 95

GBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : LI. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 02 Classificação : M. R. B - A - 2 - 4
 Localização : EST. 120 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 9.3 %
 Camada : SUB - BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões : 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	83	19,73		
1 min	0.05	1.27	142	32,99		
2 min	0.1	2.54	200	46,46	70	66,37
4 min	0.2	5.00	230	53,43	105	50,88
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

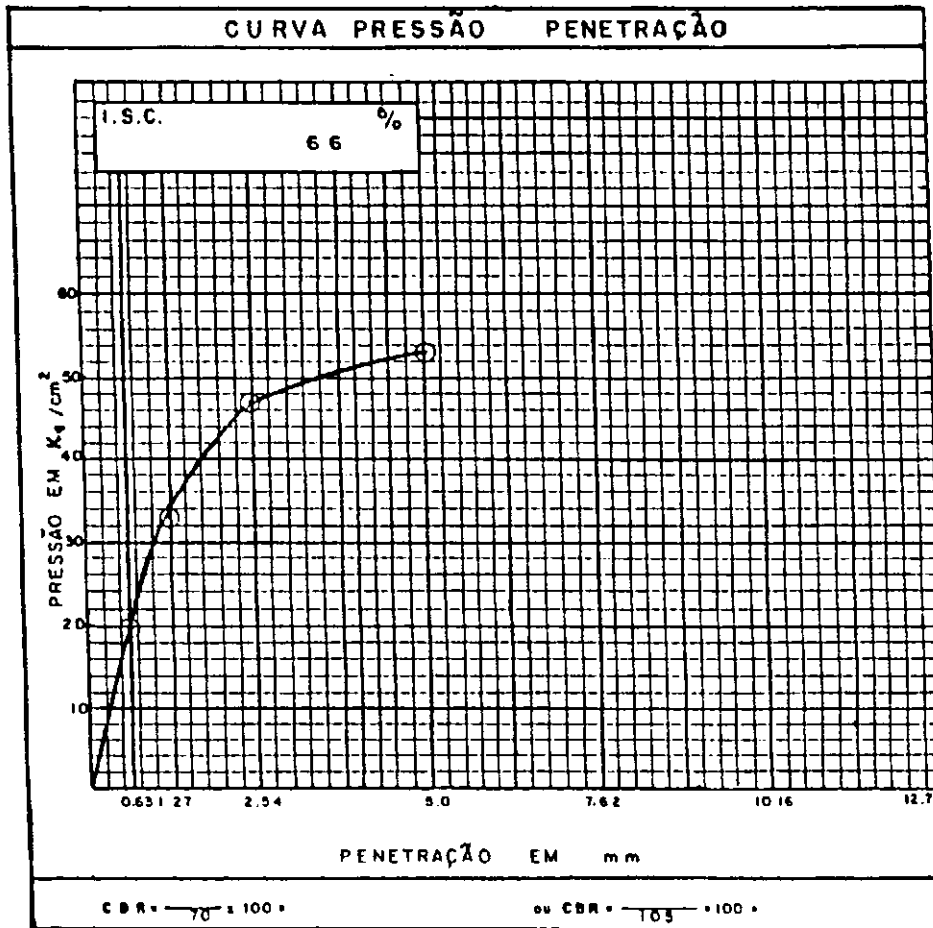
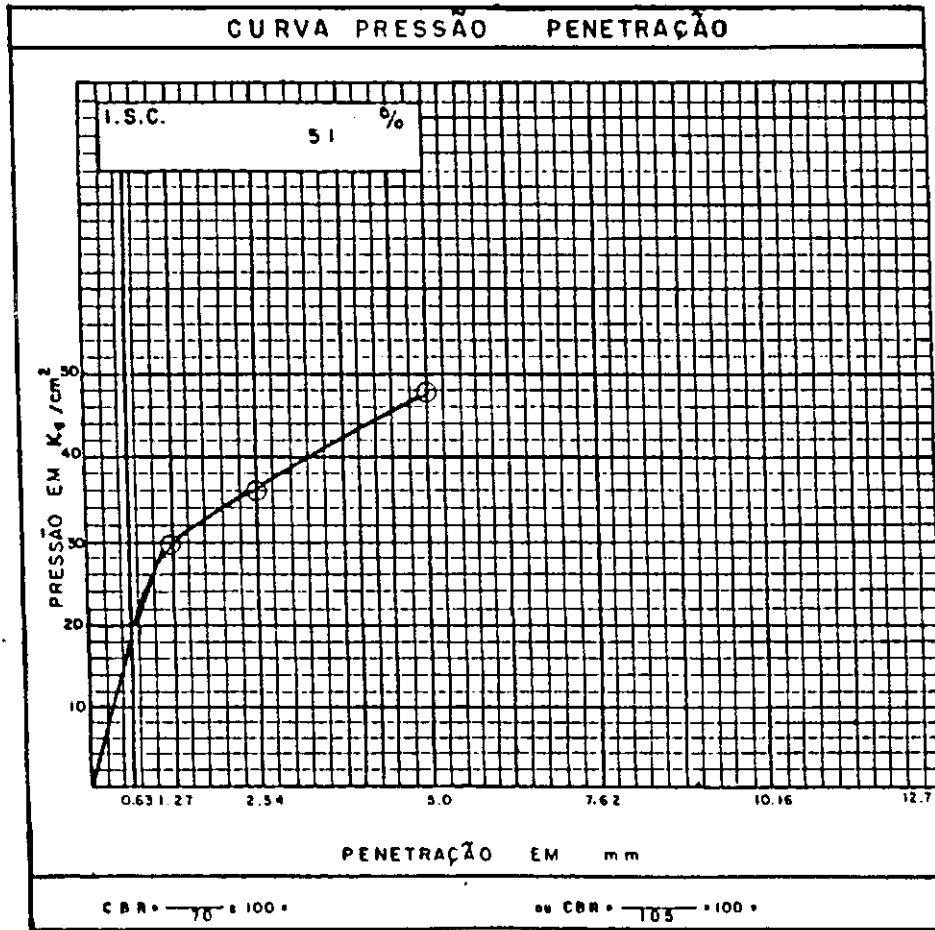


Fig - 96

GBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Tráço : U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 03 Classificação : H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização : EST. 130 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 8,7 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.43	80	18,58		
1 min	0.05	1.27	128	29,73		
2 min	0.1	2.54	155	36,00	70	51,43
4 min	0.2	5.00	205	47,62	105	43,35
8 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

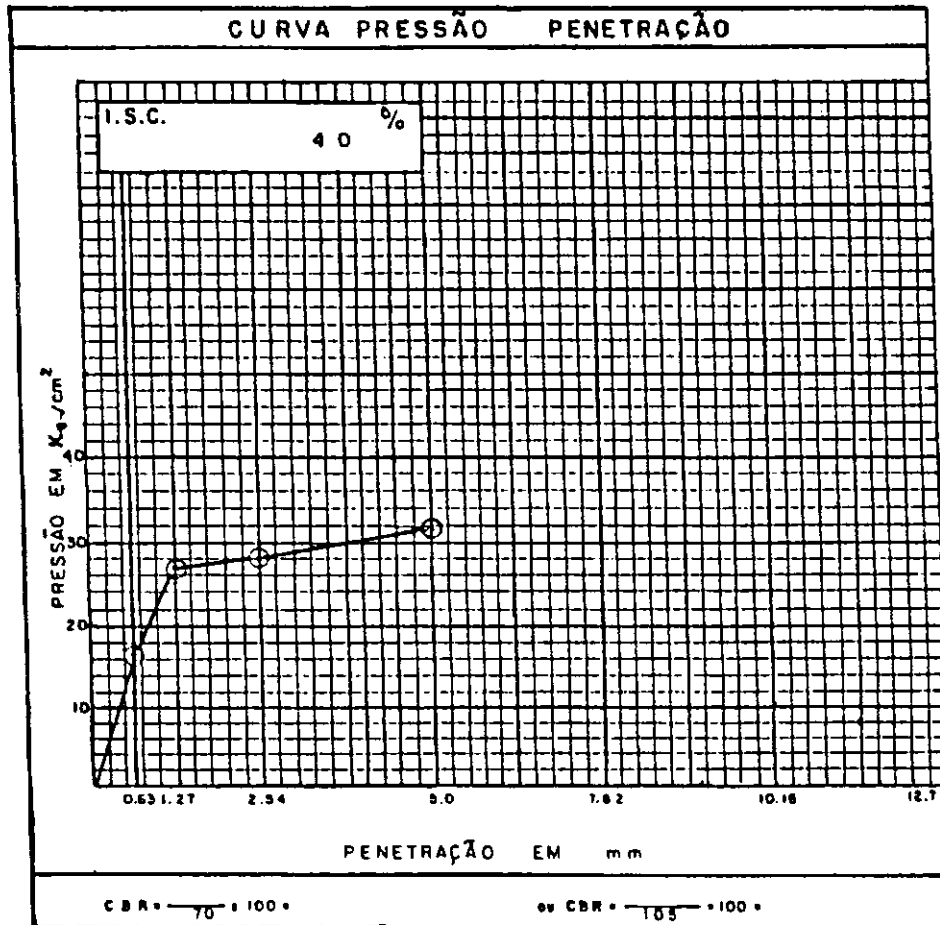


Fig_ 97

GBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : Linha PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 04 Classificação : H. R. B - A - 2 - 4
 Localização : EST. 140 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 9.3%
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressão x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	70	18,28		
1 min	0.05	1.27	115	26,71		
2 min	0.1	2.54	120	27,88	70	39,83
4 min	0.2	5.00	180	41,81	105	39,82
8 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 98

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trácho: L. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAUÍ
 Registro: 05 Classificação: H. R. B. A - 2 - 4
 Localização: EST. 150 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 10,3 %
 Comodo: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões x 100 KPa		
Tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0,025	0,63	82	19,05		
1 min	0,05	1,27	135	31,36		
2 min	0,1	2,54	209	47,62	70	68,03
4 min	0,2	5,00	210	48,78	105	48,48
8 min	0,3	7,62	—	—	183	
8 min	0,4	10,18	—	—	161	
10 min	0,5	12,70	—	—	182	

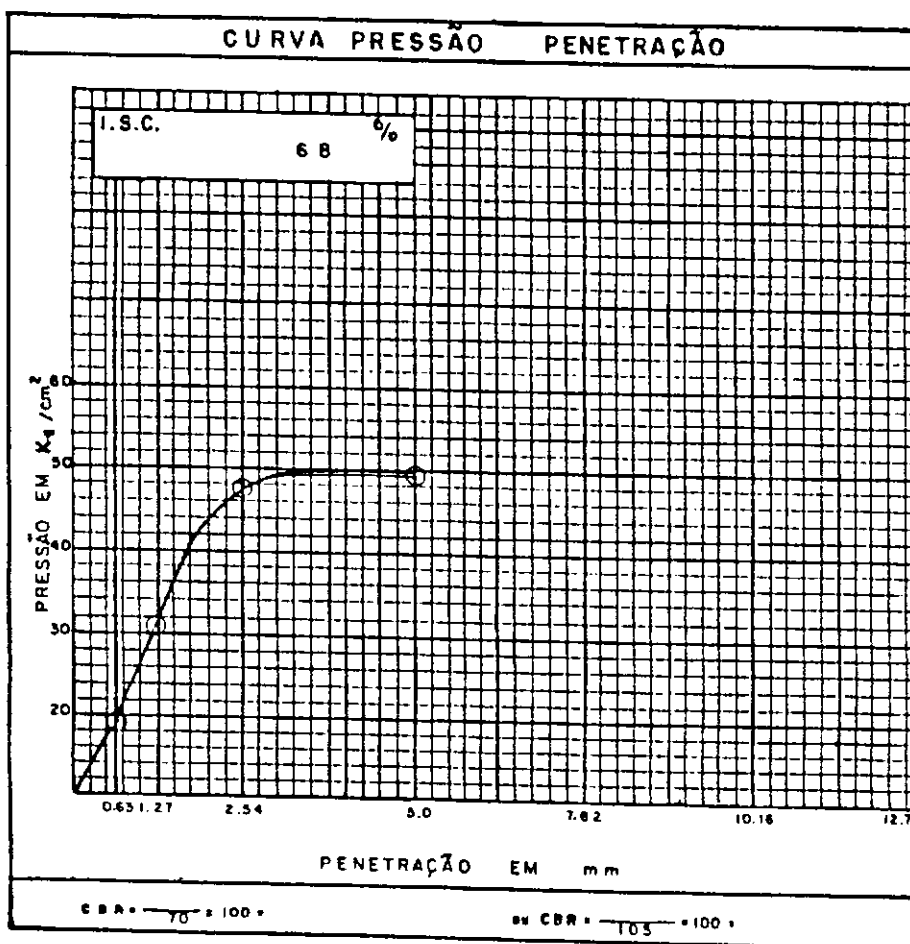


Fig. 99

GBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. das PALMAREAS-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 06 Classificação : H. R. B. — A - 2 - 4
 Localização : EST. 160 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 9.3 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do menômetro	Pressões x 100 KPo		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.43	90	20,91		
1 min	0.05	1.27	142	32,99		
2 min	0.1	2.54	180	41,81	70	72,01
4 min	0.2	5.00	217	50,41	105	48,00
6 min	0.3	7.62	238	55,29	135	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

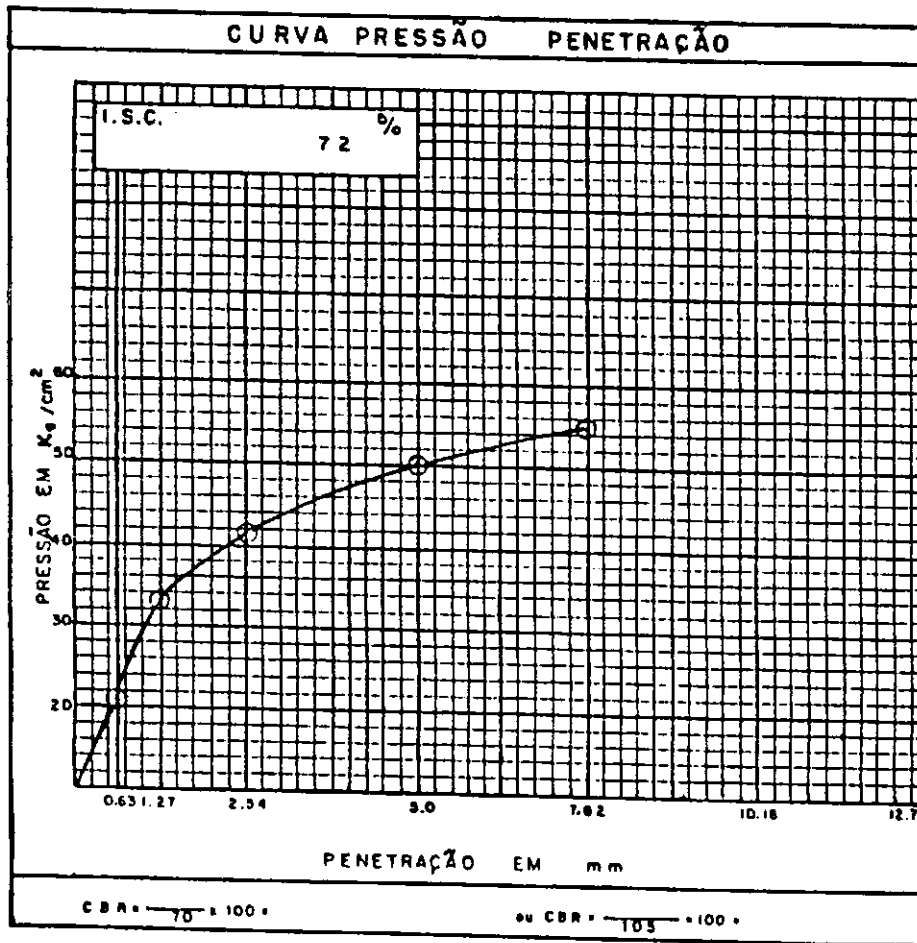


Fig - 100

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : LI das PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 07 Classificação : H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização : EST. 170 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 8,7 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões : 100 KPs		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	63	13,10		
1 min	0.05	1.27	133	31,36		
2 min	0.1	2.54	205	47,62	70	68,03
4 min	0.2	5.00	260	60,40	105	57,52
8 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

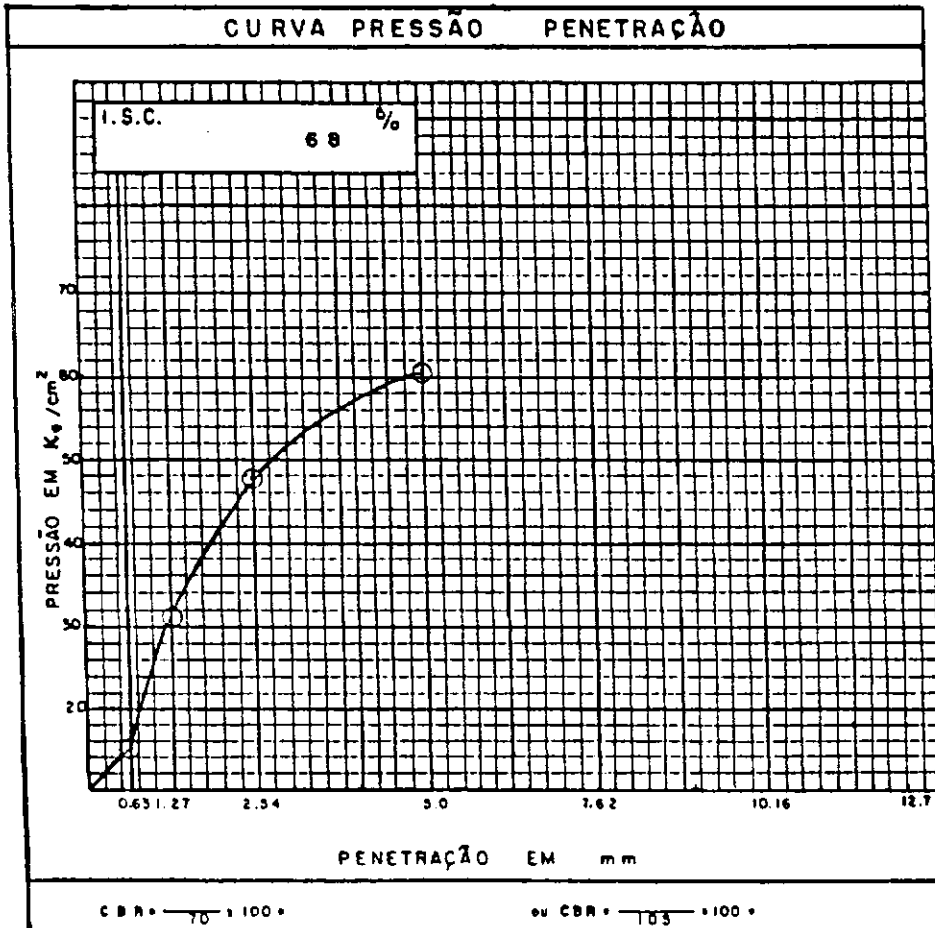


Fig - 101

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trácho : U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 08 Classificação : H. R. B. — A-2-4
 Localização : EST. 180 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 8,1 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	64	14,90		
1 min	0.05	1.27	98	22,30		
2 min	0.1	2.54	140	32,30	70	46,40
4 min	0.2	5.00	305	70,90	105	87,00
6 min	0.3	7.62	—	—	123	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

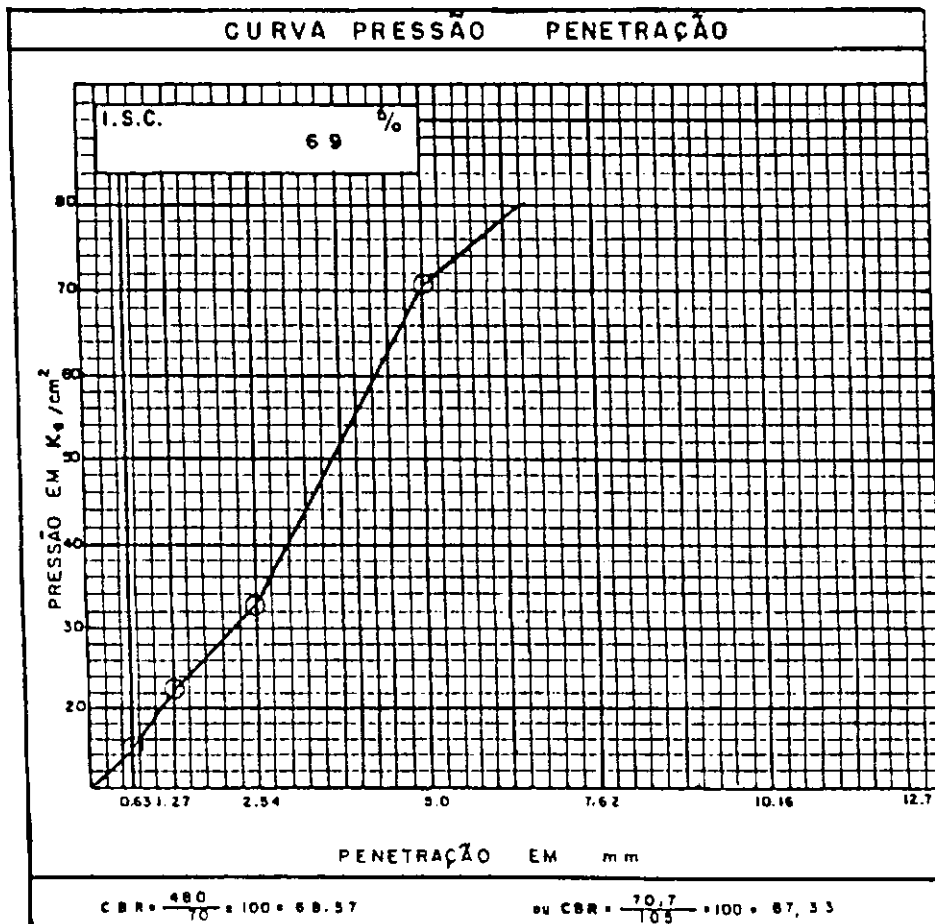


Fig. 102

GBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : L. das PALMARES - SANTANA do MUNDAUÍ
 Registro : 09 Classificação : H. R. B. A - 2 - 4
 Localização : EST. 190 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 7,5 %
 Camada : SUB - BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	82	19,03		
1 min	0.05	1.27	130	30,20		
2 min	0.1	2.54	170	39,50	70	56,40
4 min	0.2	5.00	203	47,80	105	49,30
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	192	

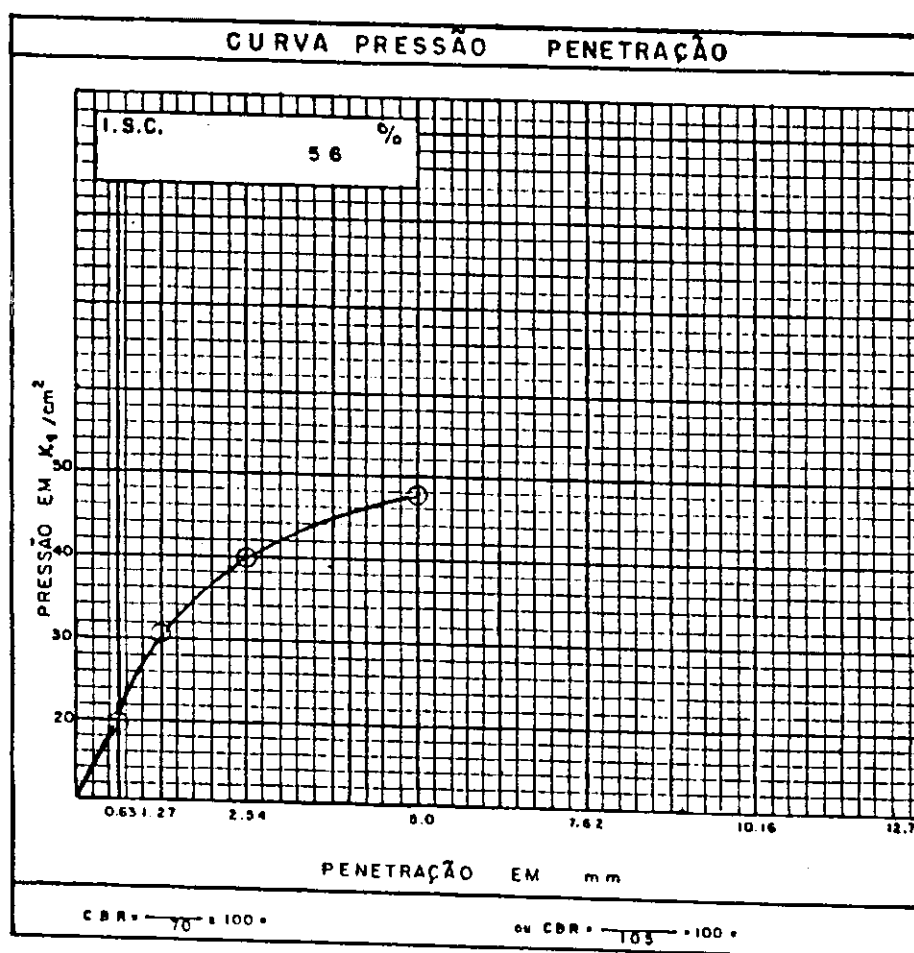


Fig. 103

CBR IN SITU

Obra : AL-205 Trêcho : L. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAUÍ
 Registro : 10 Classificação : H.R.B. - A - 2 - 4
 Localização : EST. 200 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 7,8 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do monômetro	Pressões a 100 KPo		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	1 0 2	23,70		
1 min	0.05	1.27	1 3 0	30,20		
2 min	0.1	2.54	1 3 8	32,10	70	45,90
4 min	0.2	5.00	1 6 4	38,10	105	58,20
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

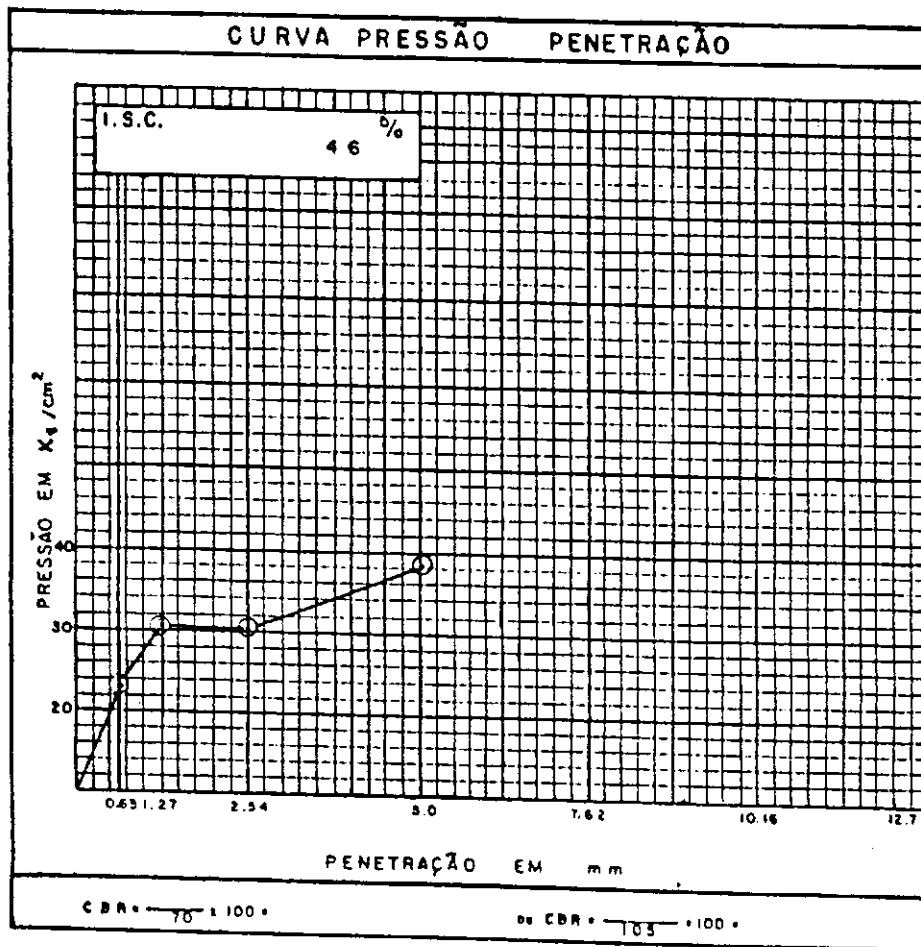


Fig - 104

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trácho: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 11 Classificação: H. R. B. A - 2 - 4
 Localização: EST. 210 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 9,3 %
 Camada: SUB_BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	115	28,70		
1 min	0.05	1.27	180	37,20		
2 min	0.1	2.54	190	44,15	70	63,10
4 min	0.2	5.00	250	56,10	105	55,30
6 min	0.3	7.62	290	67,40	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

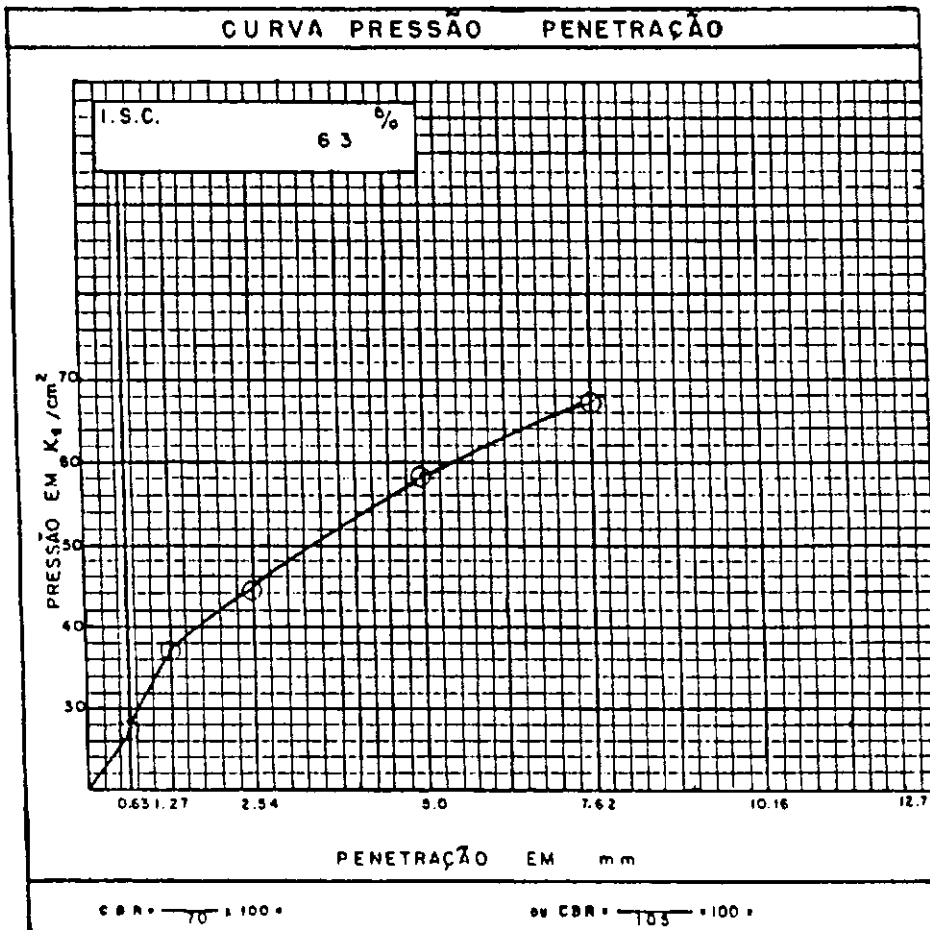


Fig - 105

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: LI. dos PALMARES - SANTANA do MUNDALÍ
 Registro: 12 Classificação: M.R.B. — A — 2 — 4
 Localização: EST. 220 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6,9 %
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	98	22,76		
1 min	0.05	1.27	148	34,38		
2 min	0.1	2.54	200	48,48	70	66,37
4 min	0.2	5.00	265	61,58	105	64,64
6 min	0.3	7.62	305	70,83	135	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

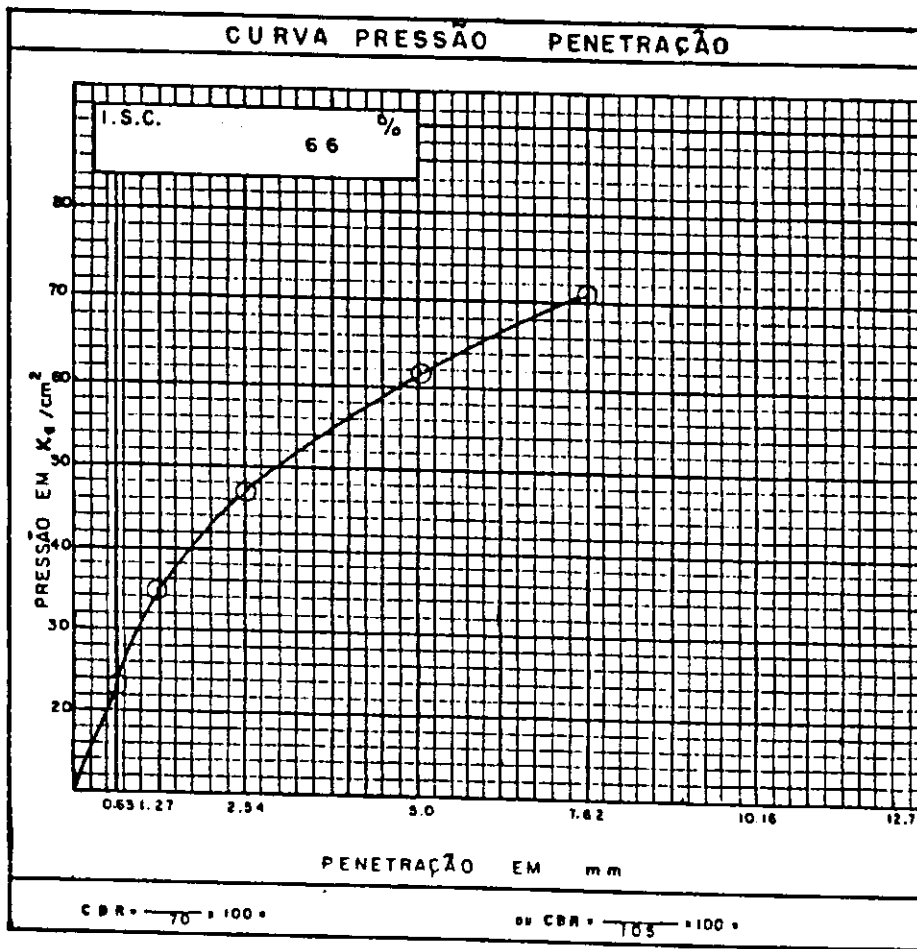


Fig. 106

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 13 Classificação: H.R. B - A - 2 - 4
 Localização: EST. 250 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 9,3 %
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	70	16,26		
1 min	0.05	1.27	128	29,73		
2 min	0.1	2.54	172	39,93	70	57,10
4 min	0.2	5.00	258	59,93	105	57,07
8 min	0.3	7.62	—	—	123	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

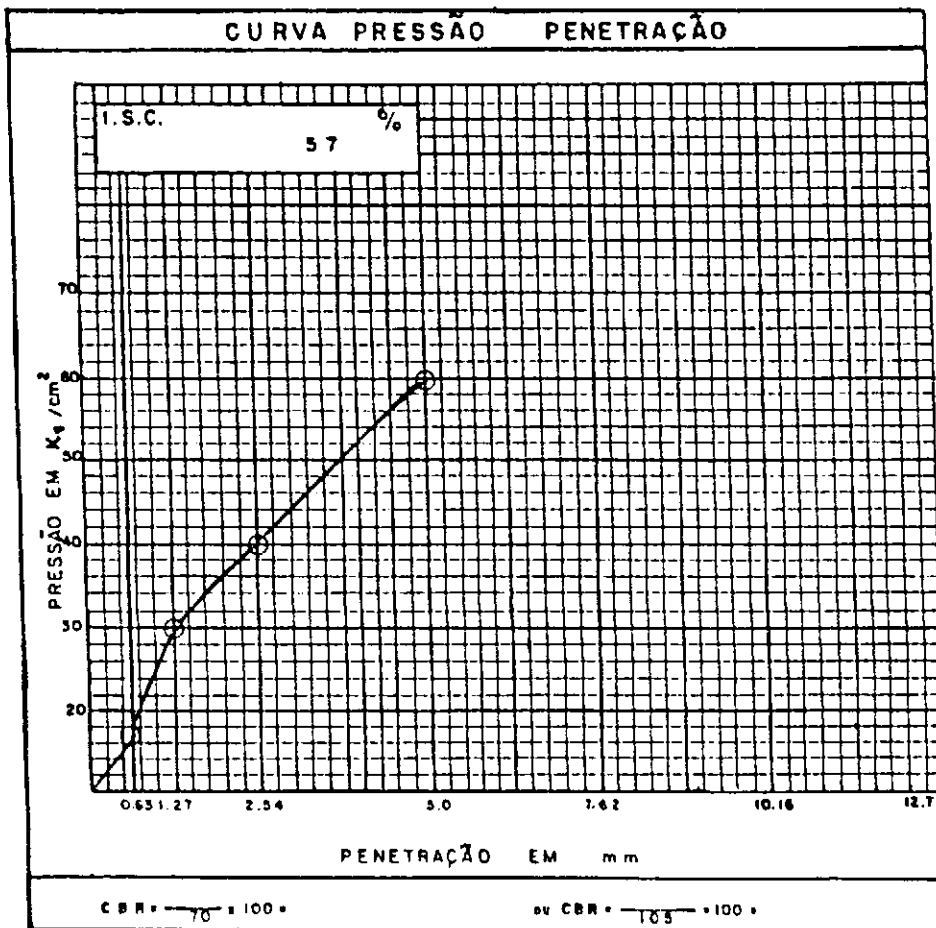


Fig. 107

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 16 Classificação : H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização : EST. 280 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 8,7 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do menômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	55	12,78		
1 min	0.05	1.27	122	28,34		
2 min	0.1	2.54	202	46,92	70	67,03
4 min	0.2	5.00	210	48,78	105	48,46
8 min	0.3	7.62	—	—	123	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

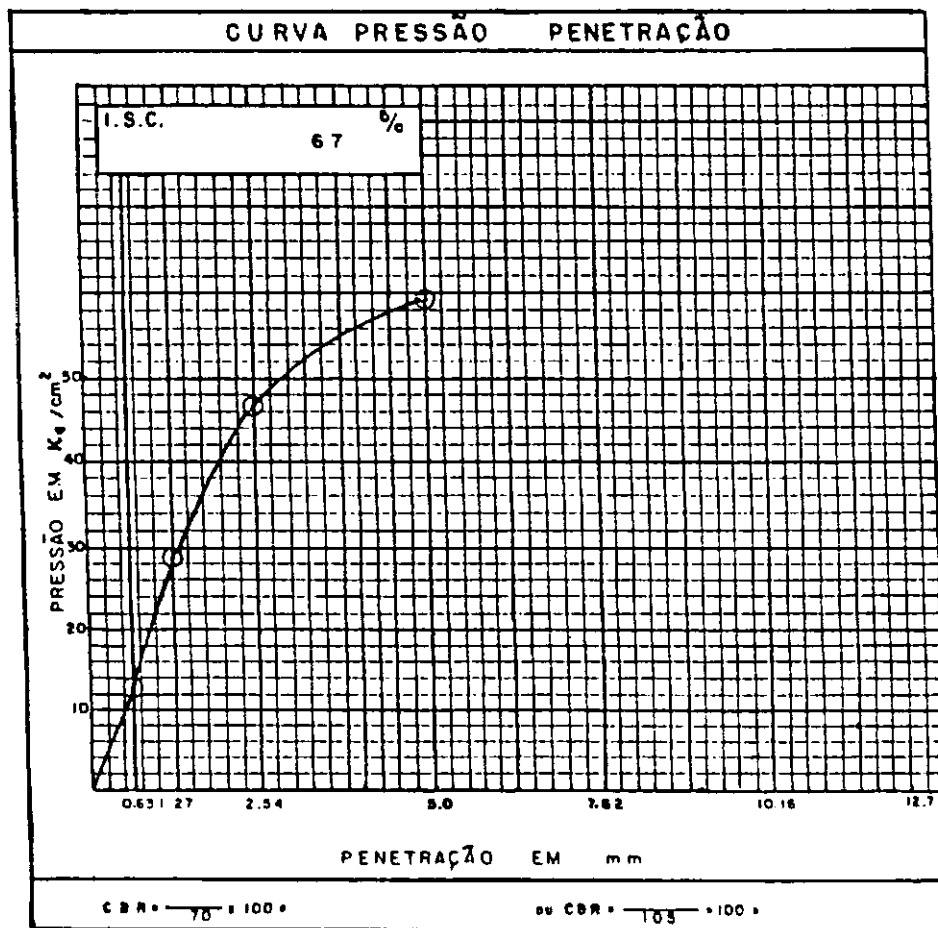


Fig - 110

GBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêço: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 17 Classificação: H. R. B. - A - 2 - 4
 Localização: EST. 290 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 8.7 %
 Camada: SUB BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do monômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	105	24,39		
1 min	0.05	1.27	180	37,17		
2 min	0.1	2.54	268	62,26	70	88,94
4 min	0.2	5.00	368	85,49	105	81,42
8 min	0.3	7.62	402	93,38	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

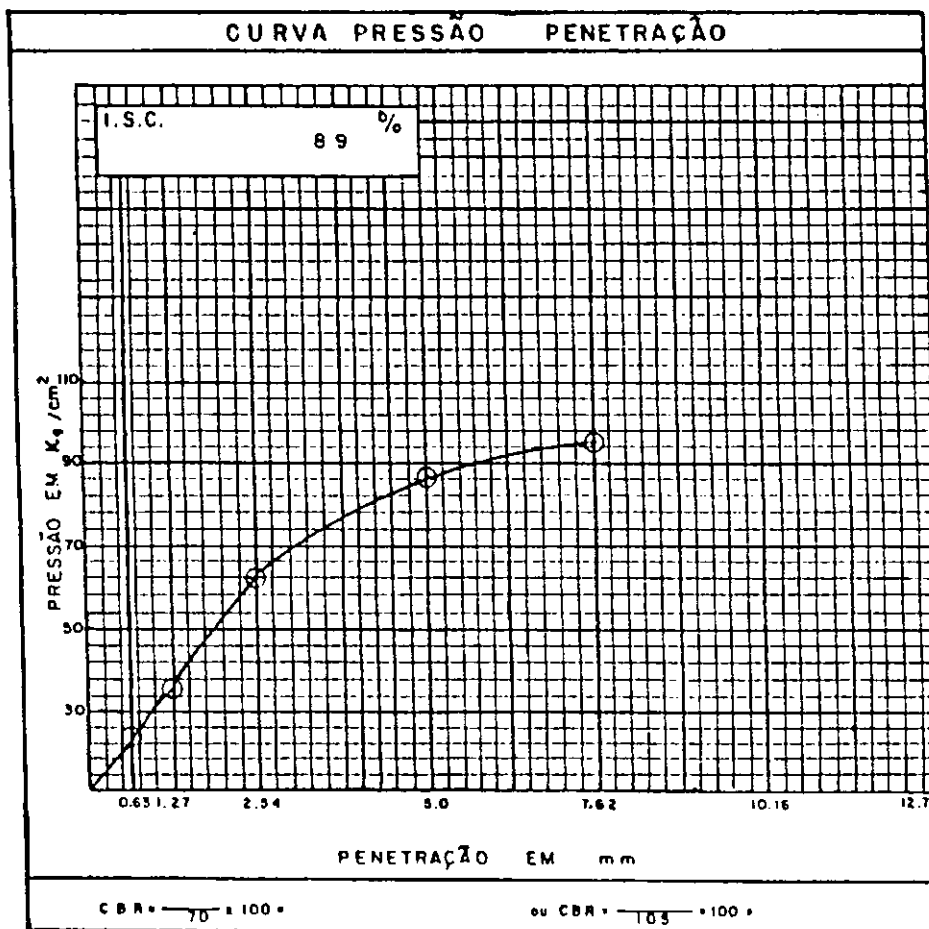


Fig. 111

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAÚ
 Registro: 18 Classificação: H. R. B. - A - 2 - 4
 Localização: EST. 300 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6.1%
 Comodo: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.023	0.63	90	20,91		
1 min	0.05	1.27	150	34,85		
2 min	0.1	2.54	205	47,62	70	68,03
4 min	0.2	5.00	240	55,75	105	53,10
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

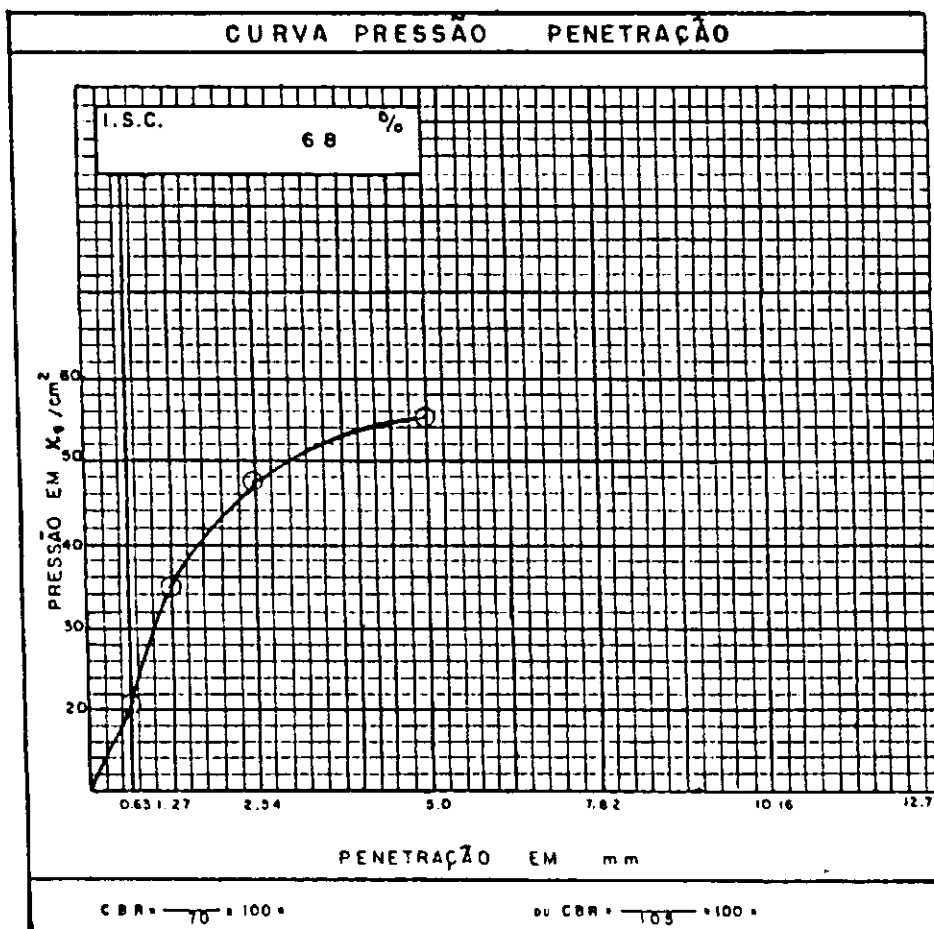


Fig. 112

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêço: LI. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 19 Classificação: H.R.B. — A — 2 — 4
 Localização: EST. 310 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 8.1 %
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	120	27.88		
1 min	0.05	1.27	150	34.85		
2 min	0.1	2.54	165	38.33	70	54.76
4 min	0.2	5.00	180	41.81	105	32.82
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

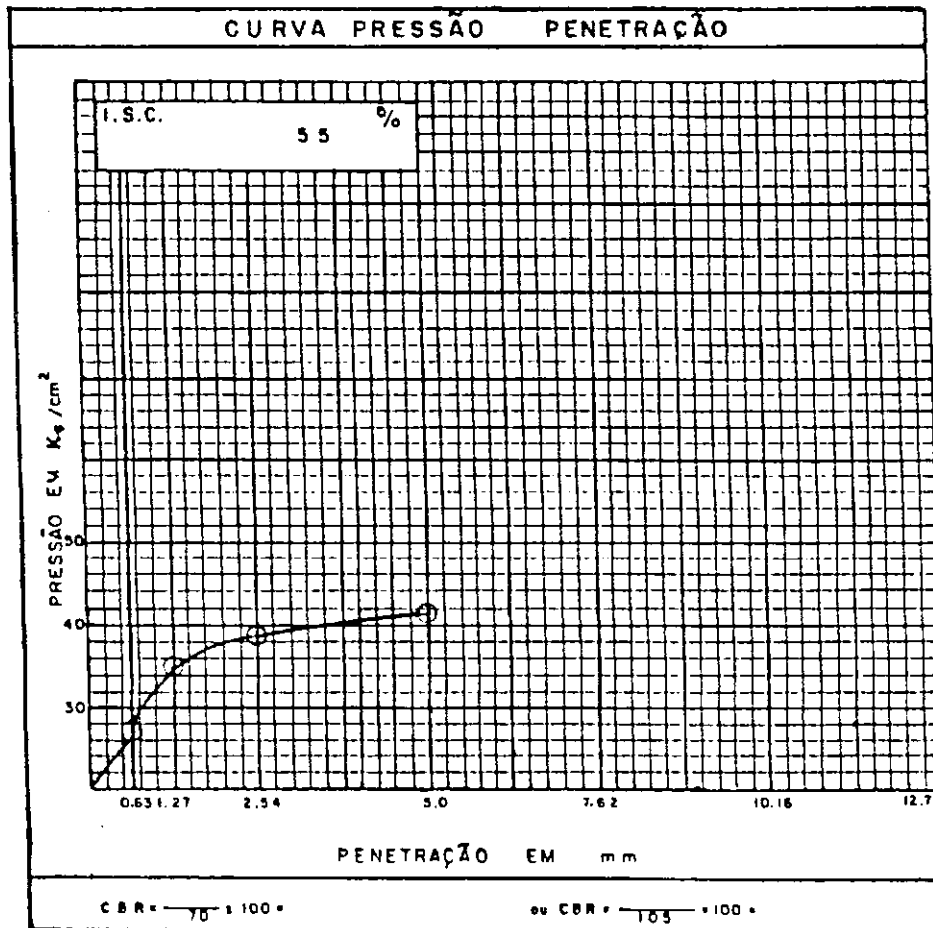
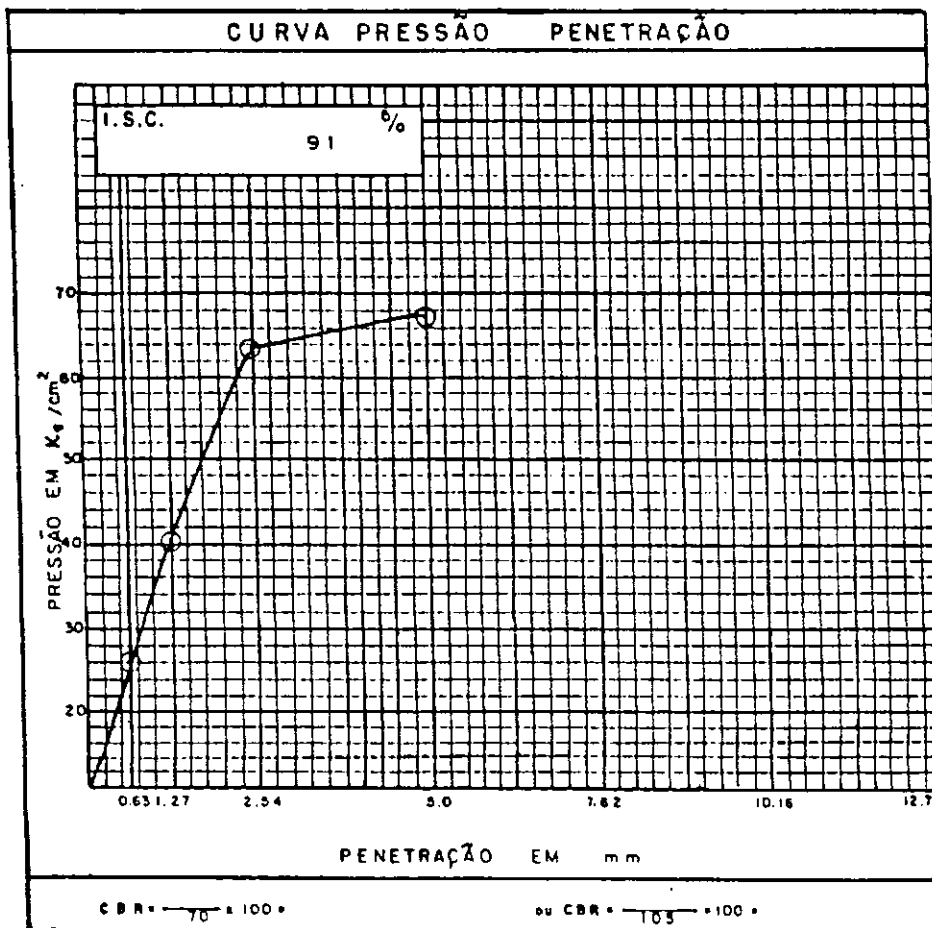


Fig. 113

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: L. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 20 Classificação: H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização: EST. 320 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 7,5 %
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	112	28,02		
1 min	0.05	1.27	175	40,83		
2 min	0.1	2.54	275	63,88	70	91,26
4 min	0.2	5.00	290	67,37	105	64,42
8 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 114

GBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 21 Classificação : H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização : EST. 330 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 7,5 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões : 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0,025	0,63	90	20,91		
1 min	0,05	1,27	140	32,52		
2 min	0,1	2,34	158	36,70	70	52,43
4 min	0,2	5,00	200	46,48	105	44,25
6 min	0,3	7,62	—	—	133	
8 min	0,4	10,16	—	—	161	
10 min	0,5	12,70	—	—	182	

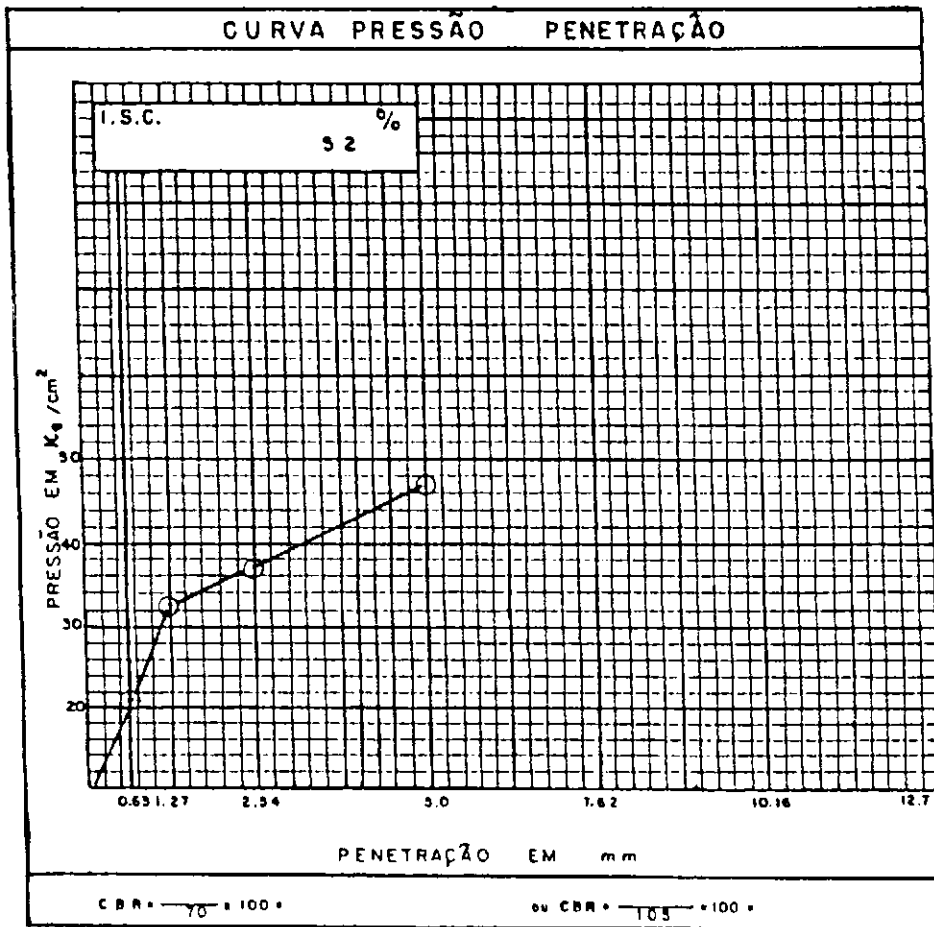


Fig. 115

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. das PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 22 Classificação : H. R. B. A 2 4
 Localização : EST. 340 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 7,5 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pal.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	132	30,66		
1 min	0.05	1.27	203	47,16		
2 min	0.1	2.54	305	70,85	70	101,21
4 min	0.2	5.00	375	87,11	105	82,96
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

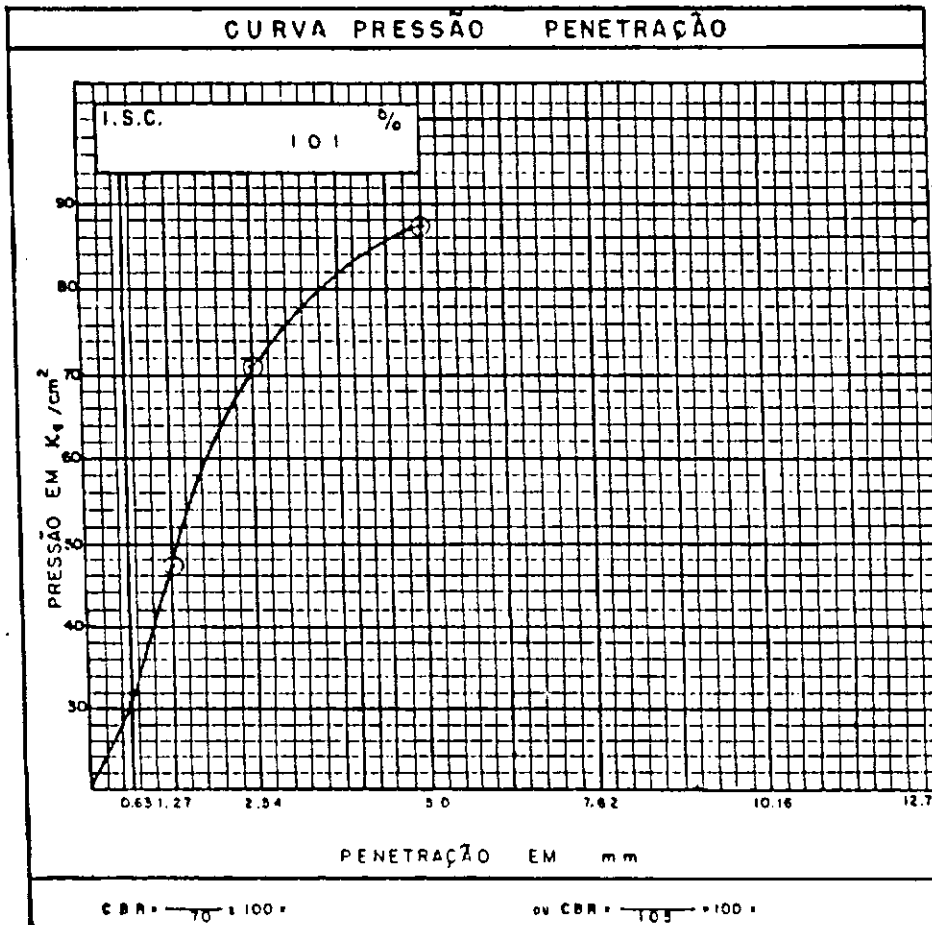


Fig. 116

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêço: LI. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 23 Classificação: H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização: EST. 350 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade de: 8.1%
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.023	0.63	2 1 0	4 8,7 8		
1 min	0.03	1.27	2 8 0	6 3,0 4		
2 min	0.1	2.54	3 0 0	6 9,8 9	70	99,56
4 min	0.2	5.00	4 3 0	9 9,8 9	103	95,13
8 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

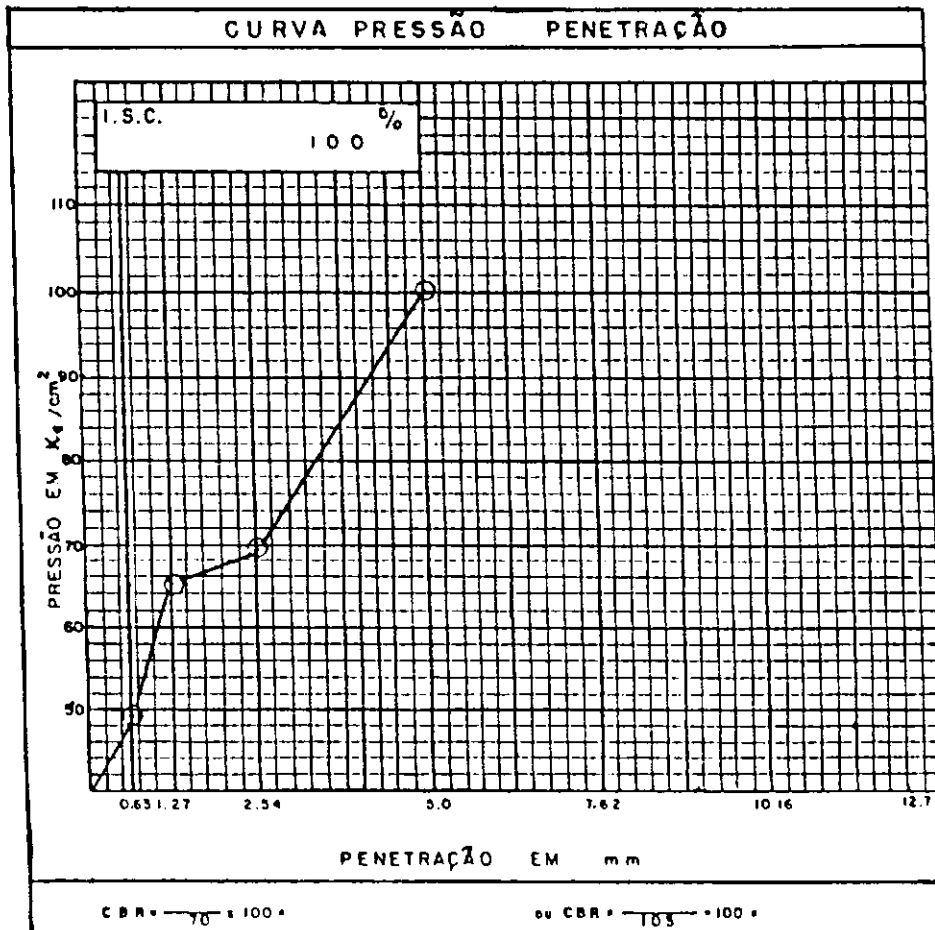


Fig. 117

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 24 Classificação: H. R. B. A 2 4
 Localização: EST. 360 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 7,5 %
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	90	20,91		
1 min	0.05	1.27	188	39,03		
2 min	0.1	2.54	280	60,40	70	86,29
4 min	0.2	5.00	—	—	105	
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

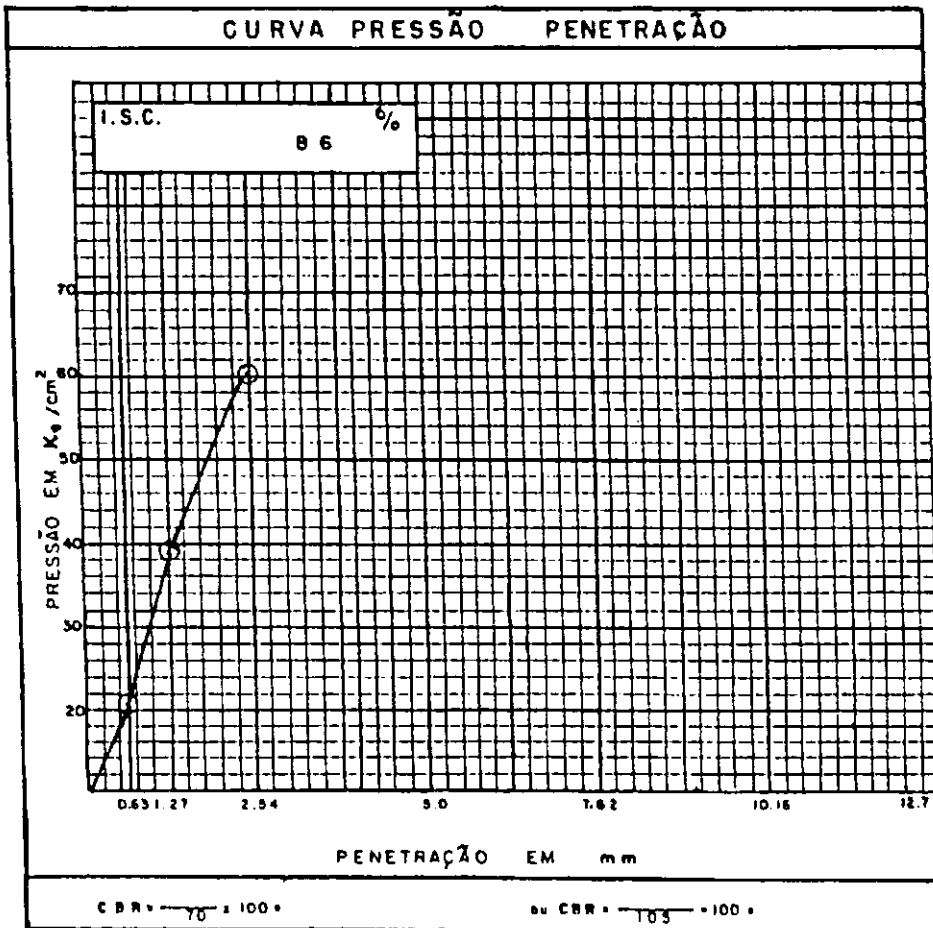
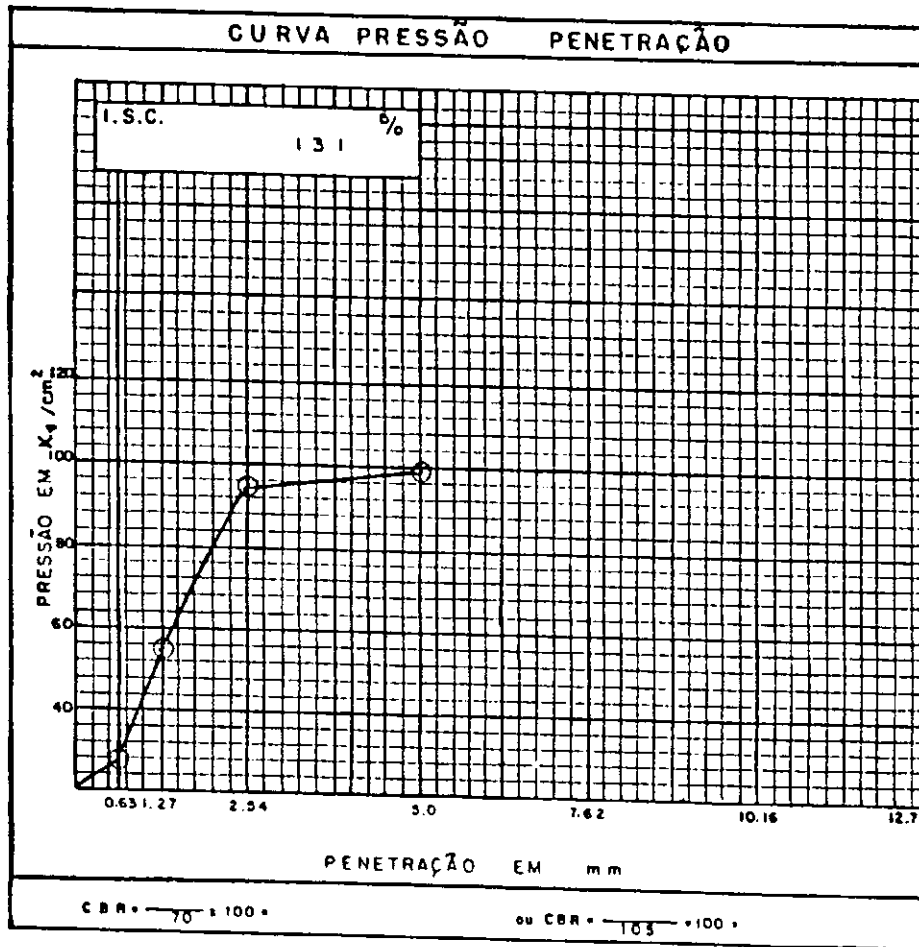


Fig. 118

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PAI. MARE S. SANTANA do MUNDAU
 Registro: 25 Classificação: H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização: EST. 370 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 8.1 %
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pot.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	1 2 5	2 9, 0 4		
1 min	0.05	1.27	2 3 5	5 4, 5 9		
2 min	0.1	2.54	3 9 5	9 1, 7 8	70	131, 10
4 min	0.2	5.00	4 2 0	9 7, 5 7	105	102, 45
6 min	0.3	7.62	—	—	123	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 119

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 26 Classificação: H. R. B. - A - 2 - 4
 Localização: EST. 380 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 8,7 %
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do menômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	1 8 0	41,81		
1 min	0.05	1.27	2 1 5	49,94		
2 min	0.1	2.54	2 2 0	51,11	70	73,00
4 min	0.2	5.00	2 8 0	63,05	105	81,95
6 min	0.3	7.62	3 0 0	69,69	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

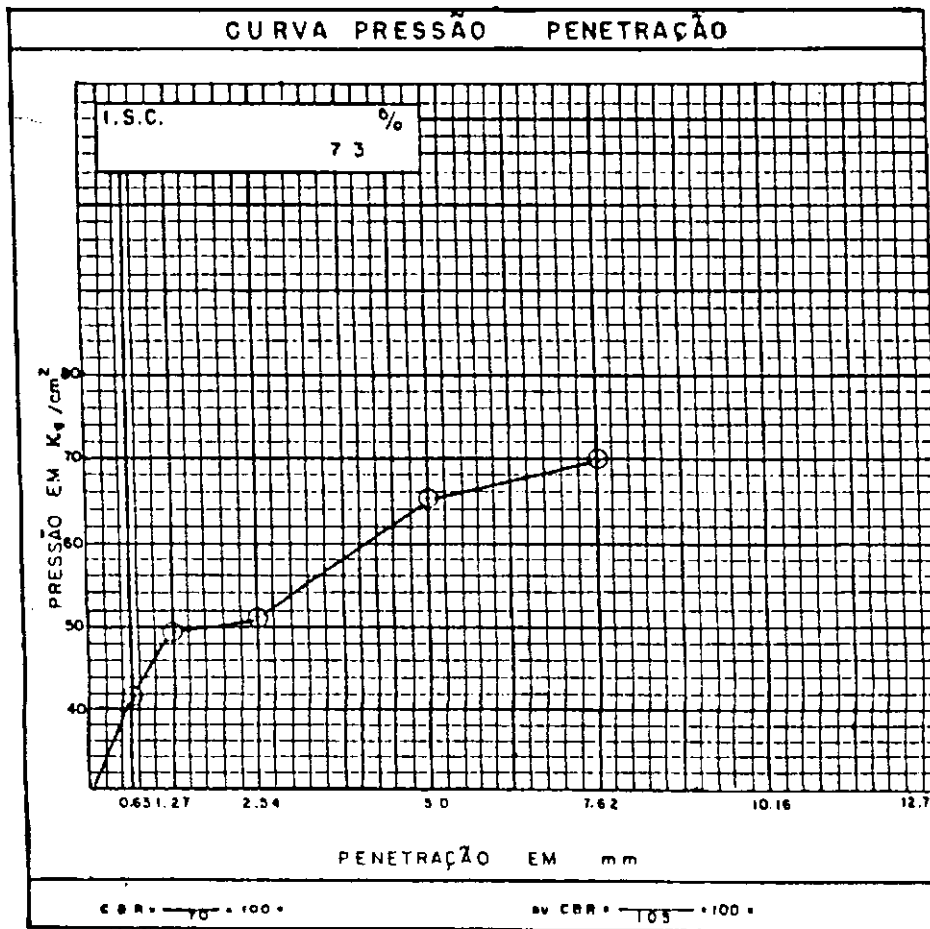


Fig. 120

GBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trácho: U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 27 Classificação: M. R. B. - A - 2 - 4
 Localização: EST. 390 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 8,7 %
 Camada: SUB BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	95	22,07		
1min	0.05	1.27	180	41,81		
2min	0.1	2.54	295	88,53	70	97,90
4min	0.2	5.00	385	84,79	105	80,73
6min	0.3	7.62	—	—	123	
8min	0.4	10.16	—	—	161	
10min	0.5	12.70	—	—	182	

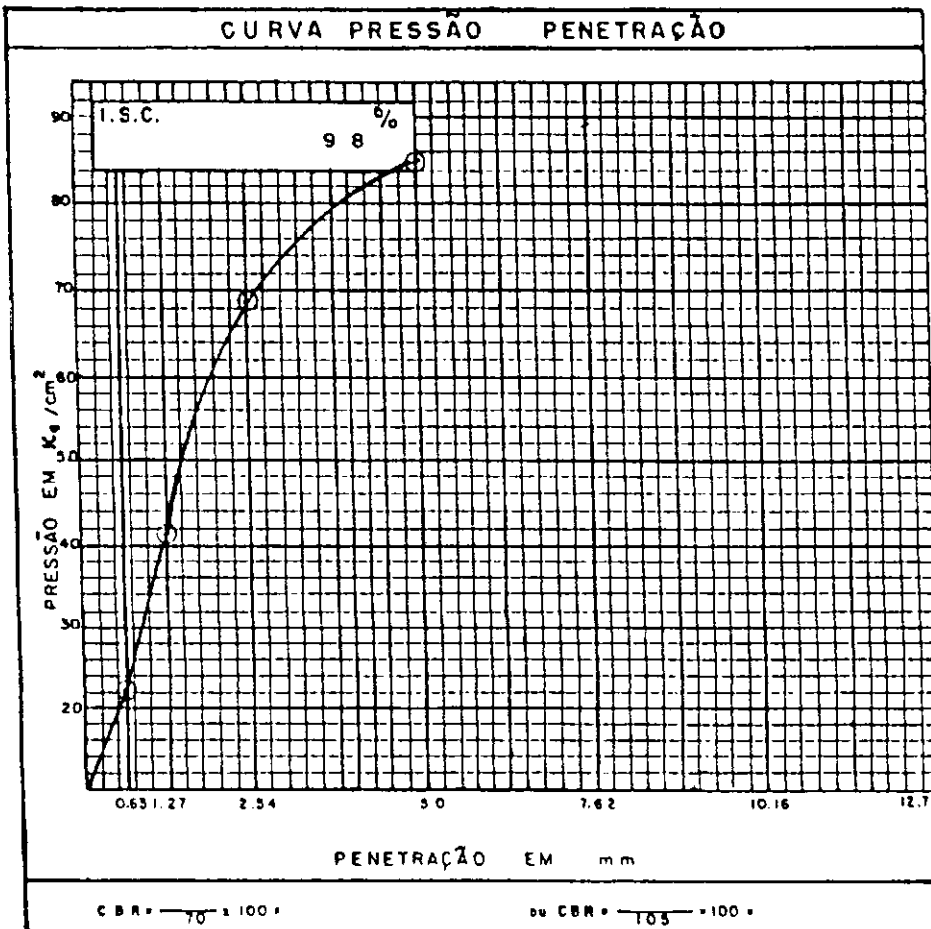


Fig. 121

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêço : U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 28 Classificação : H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização : EST. 400 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 9,3 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões : 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinado	padrões	%
30 s	0.025	0.63	140	34,30		
1 min	0.05	1.27	230	33,43		
2 min	0.1	2.54	330	70,52	70	112,17
4 min	0.2	5.00	430	99,89	105	95,14
8 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

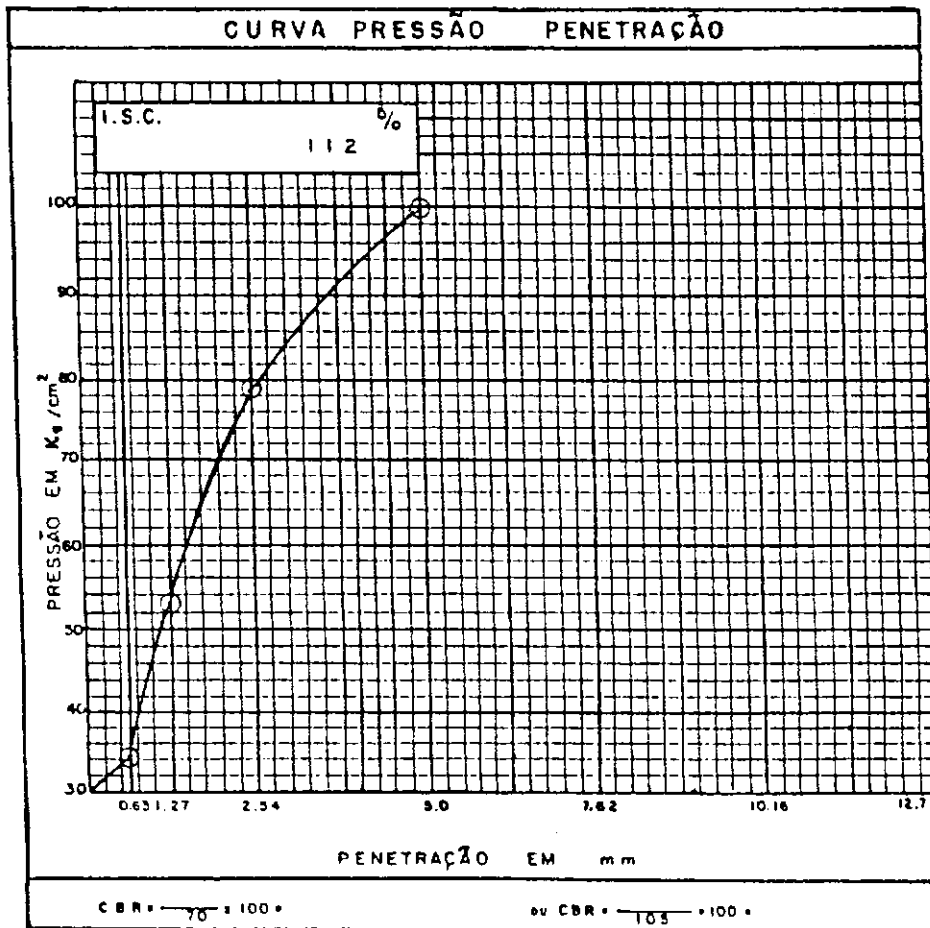
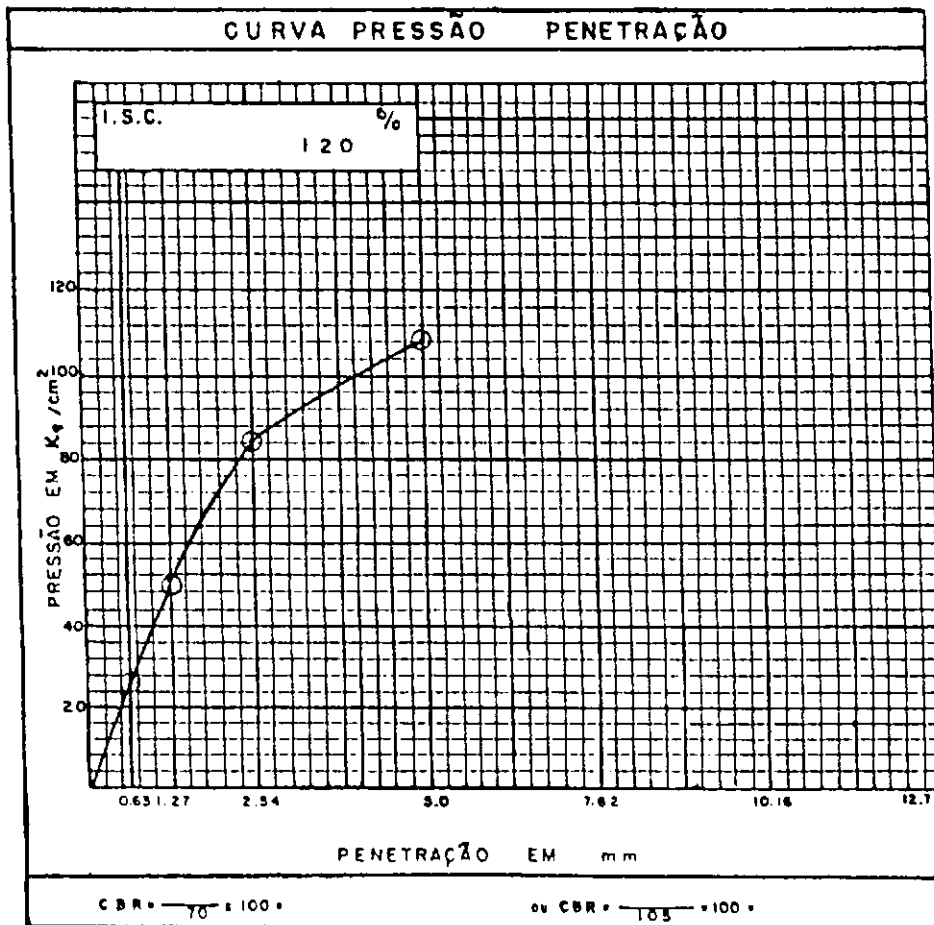


Fig. 122

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêço: IL. dos PAI MARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 29 Classificação: H. R. B. A 2 4
 Localização: EST. 410 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 9.3 %
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões: 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	110	25,55		
1min	0.05	1.27	205	47,82		
2min	0.1	2.54	383	84,32	70	120,46
4min	0.2	5.00	485	108,20	105	103,05
6min	0.3	7.62	—	—	123	
8min	0.4	10.16	—	—	161	
10min	0.5	12.70	—	—	182	

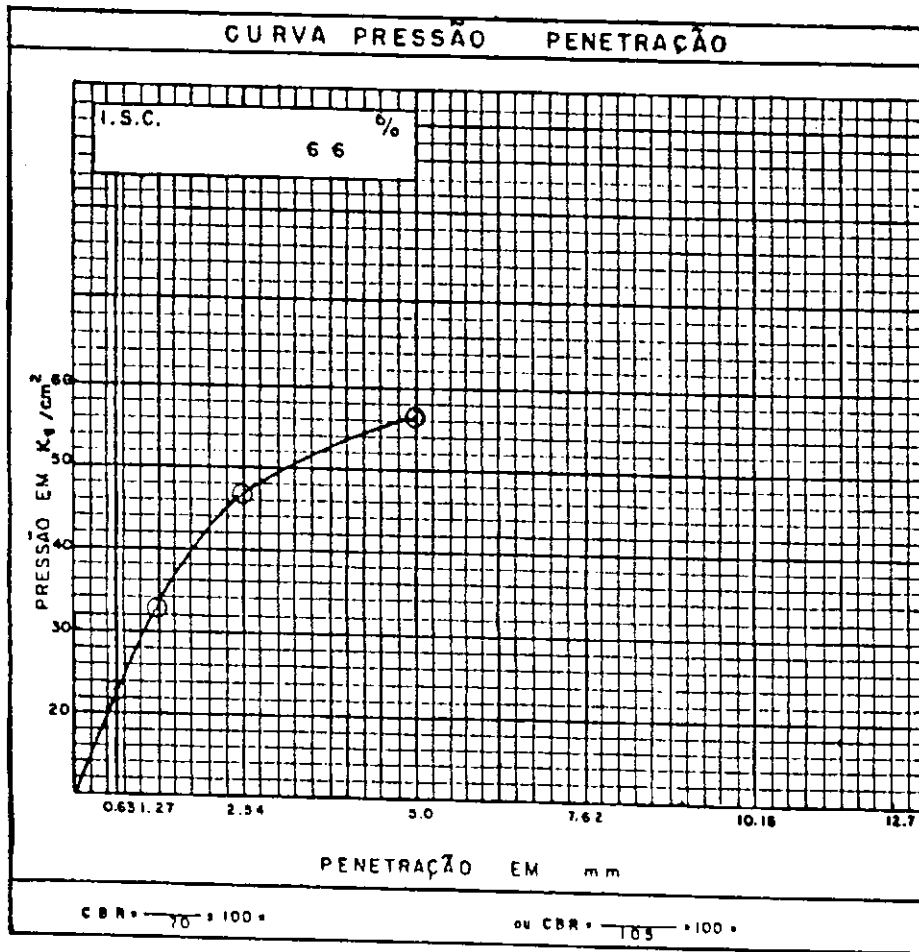


Fig_123

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 30 Classificação: H. R. B. A - 2 - 4
 Localização: EST. 420 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 9.3 %
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões : 100 KPo		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.023	0.63	1 0 0	2 3, 2 3		
1 min	0.05	1.27	1 4 0	3 2, 5 2		
2 min	0.1	2.54	2 0 0	4 6, 4 6	70	66,37
4 min	0.2	5.00	2 4 2	5 8, 2 2	105	53,54
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 124

GBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : L. das PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 31 Classificação : H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização : EST. 430 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 8,7 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	145	53,88		
1 min	0.05	1.27	248	57,81		
2 min	0.1	2.54	378	87,81	70	152,74
4 min	0.2	5.00	400	92,92	105	88,49
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

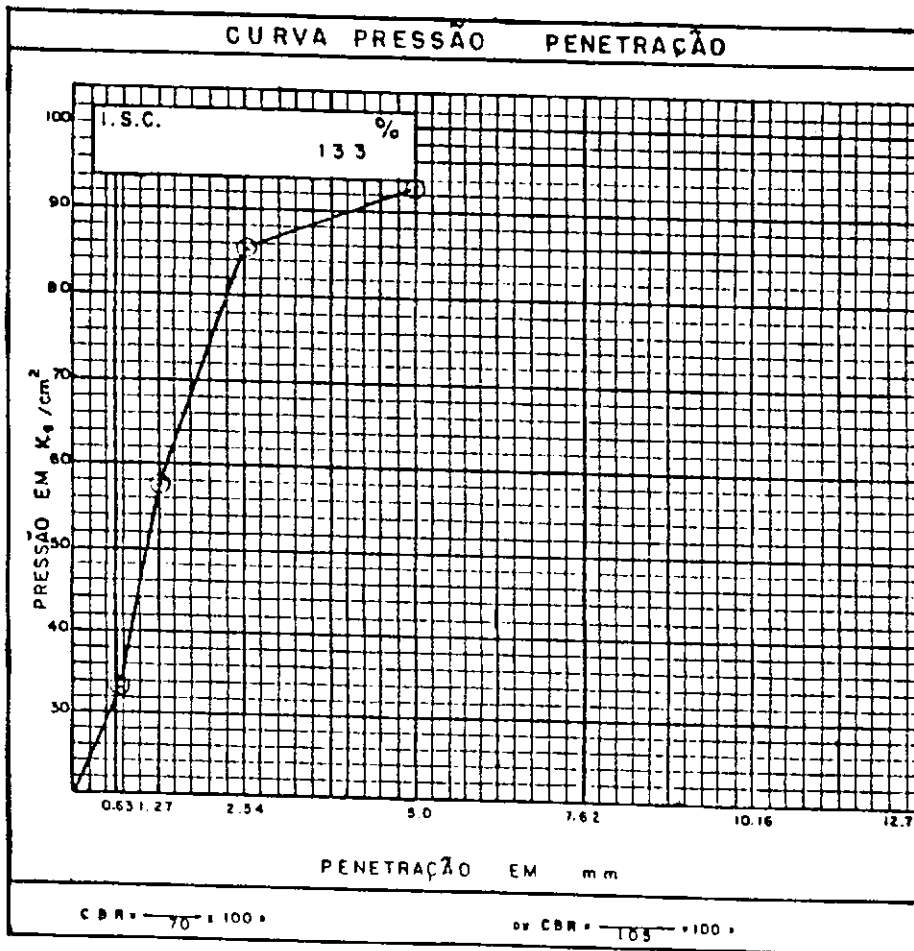


Fig. 125

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: LI. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 32 Classificação: H. R. B. A - 2 - 4
 Localização: EST. 450 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 7,5 %
 Camada: SUB BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	94	21,84		
1 min	0.05	1.27	137	31,82		
2 min	0.1	2.54	137	38,47	70	52,10
4 min	0.2	5.00	200	48,48	105	44,25
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

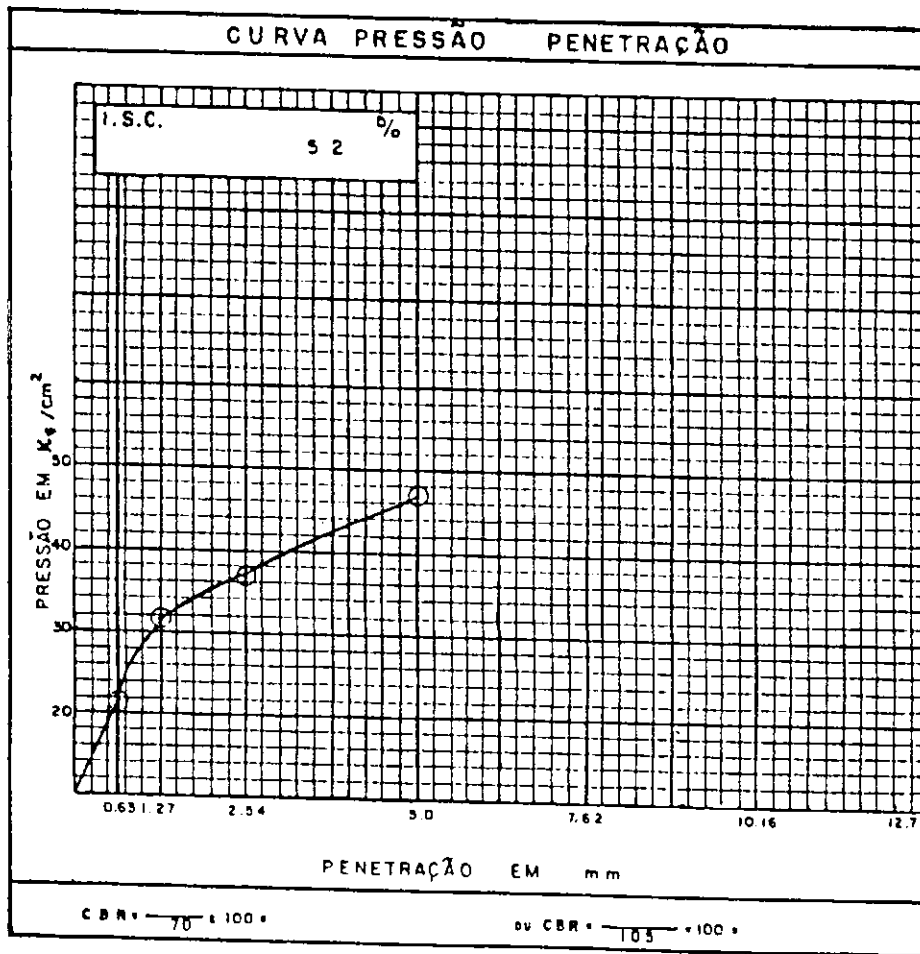


Fig - 126

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: L. das PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 33 Classificação: H. R. B. - A - 2 - 4
 Localização: EST. 465 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 7,5 %
 Camada: SUB - BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	141	32,73		
1 min	0.05	1.27	192	44,60		
2 min	0.1	2.54	250	58,10	70	83,00
4 min	0.2	5.00	320	74,34	105	70,80
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	192	

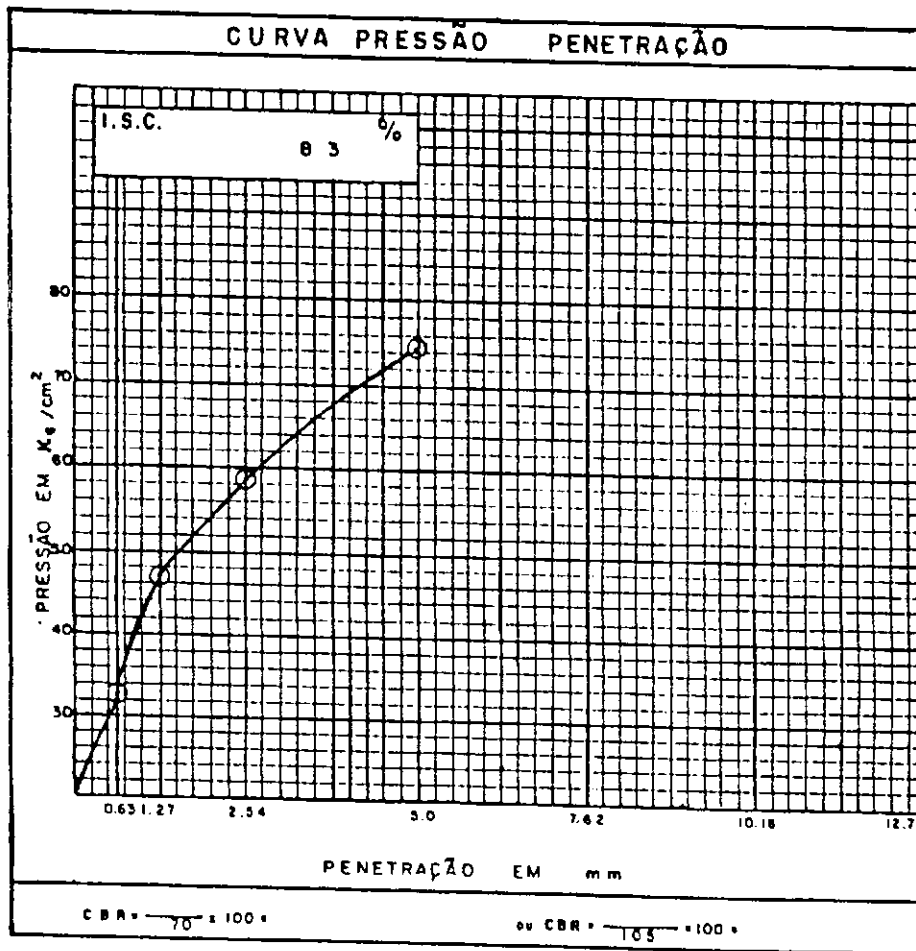


Fig - 127

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. dos PAI MARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 34 Classificação : H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização : EST. 480 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 9.3 %
 Camada : SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões : 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	150	34,85		
1 min	0.05	1.27	178	41,35		
2 min	0.1	2.54	194	45,10	70	64,43
4 min	0.2	5.00	200	46,46	105	44,25
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

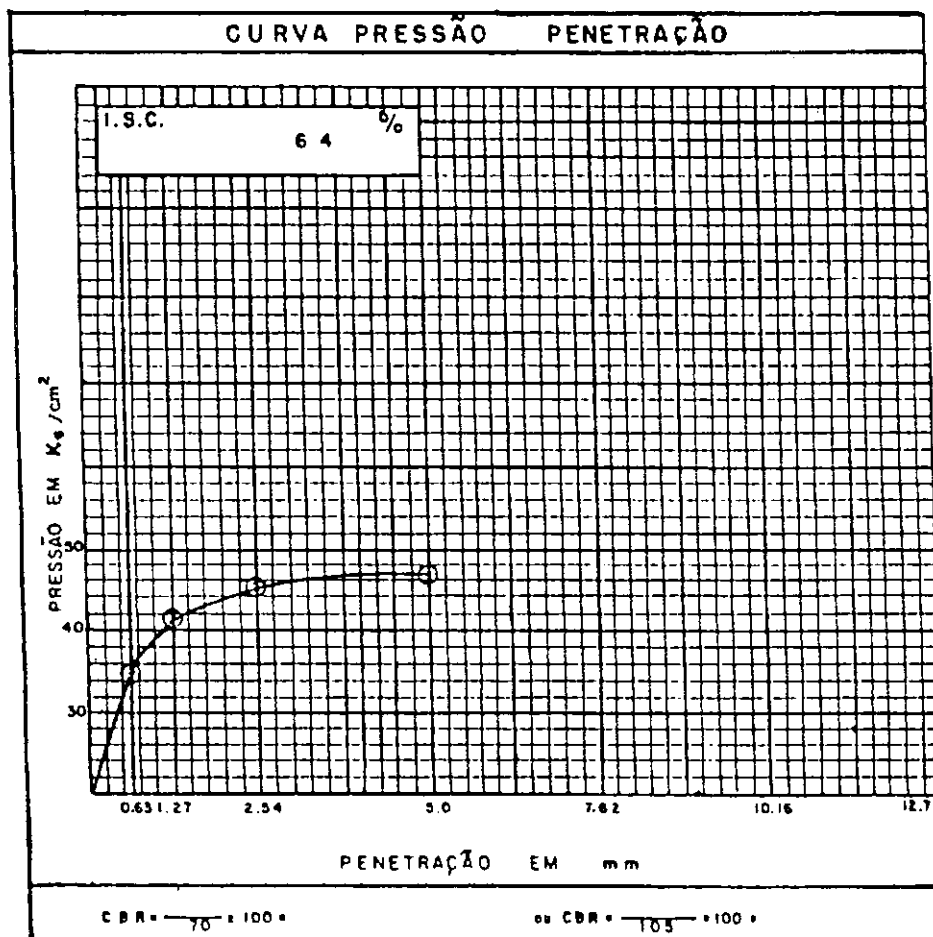


Fig. 128

GBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: L. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 35 Classificação: H. R. B. — A — 2 — 4
 Localização: EST. 495 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 9,3 %
 Camada: SUB-BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPo		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	190	44,14		
1 min	0.05	1.27	218	50,84		
2 min	0.1	2.34	222	51,57	70	73,67
4 min	0.2	5.00	250	58,10	103	53,31
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	192	

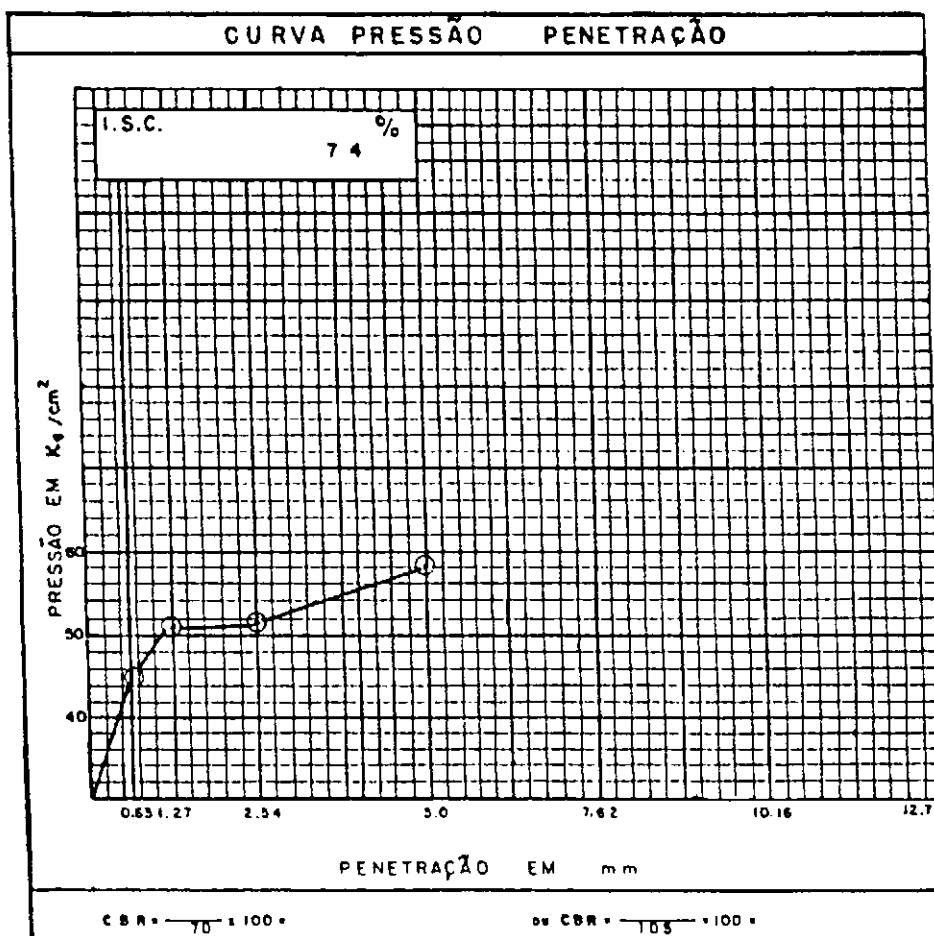


Fig. 129

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: FL - 205 TRECHO: ILHA PALMARES - SANGANA DA MUNDARI
 LOCALIZAÇÃO: EST. 0 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 01 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²

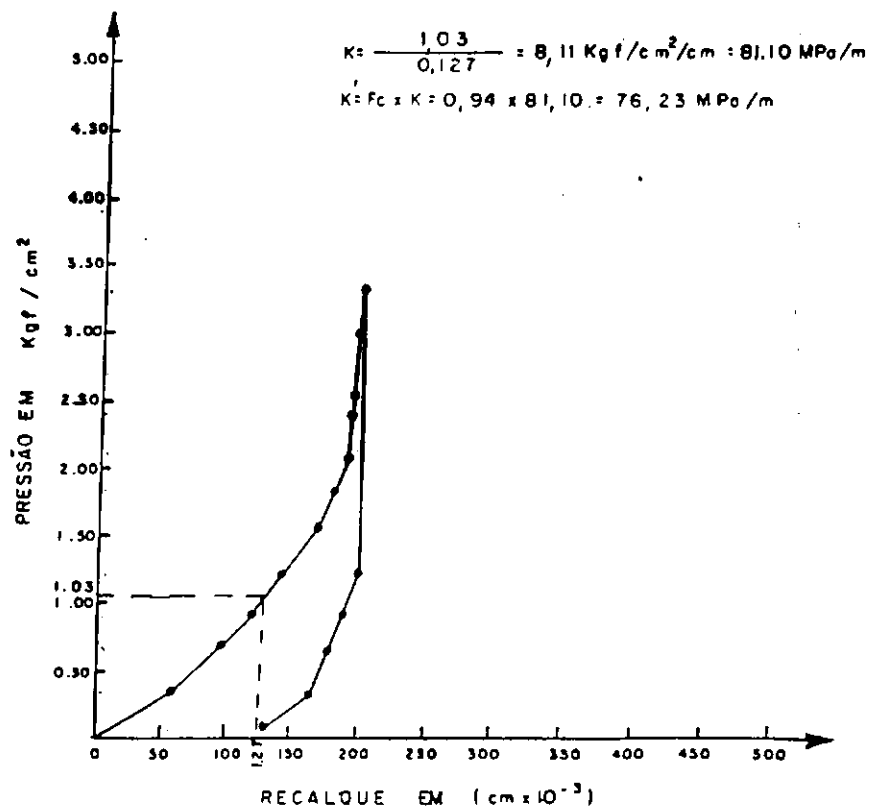


Fig. 130

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHA PALMARES - SANGANA DA MUNDARI
 LOCALIZAÇÃO: EST. 15 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 02 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²

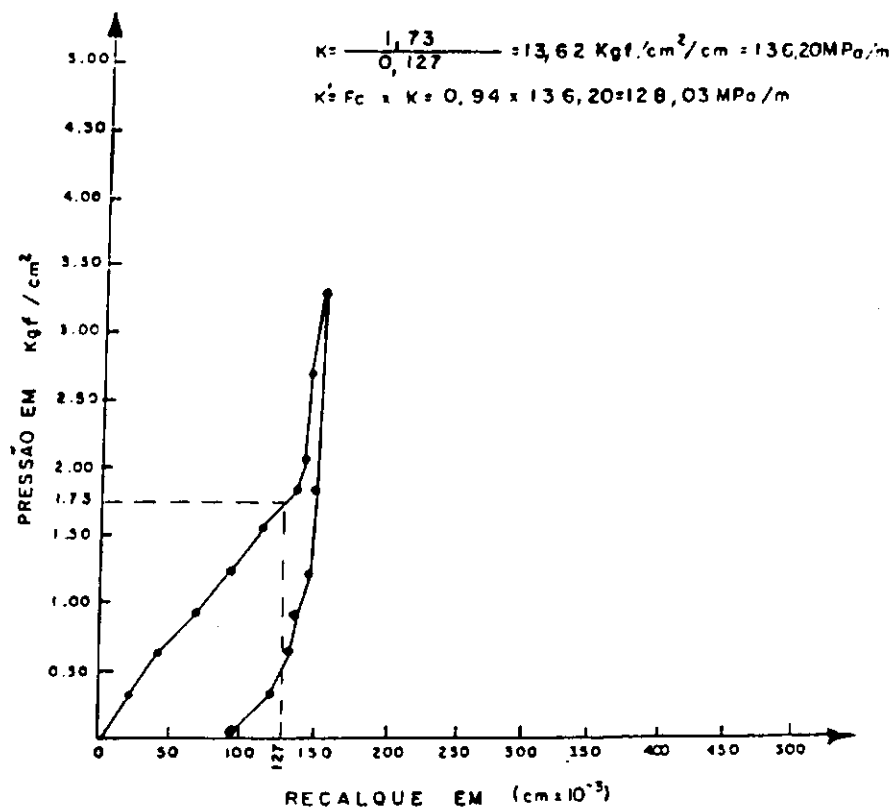
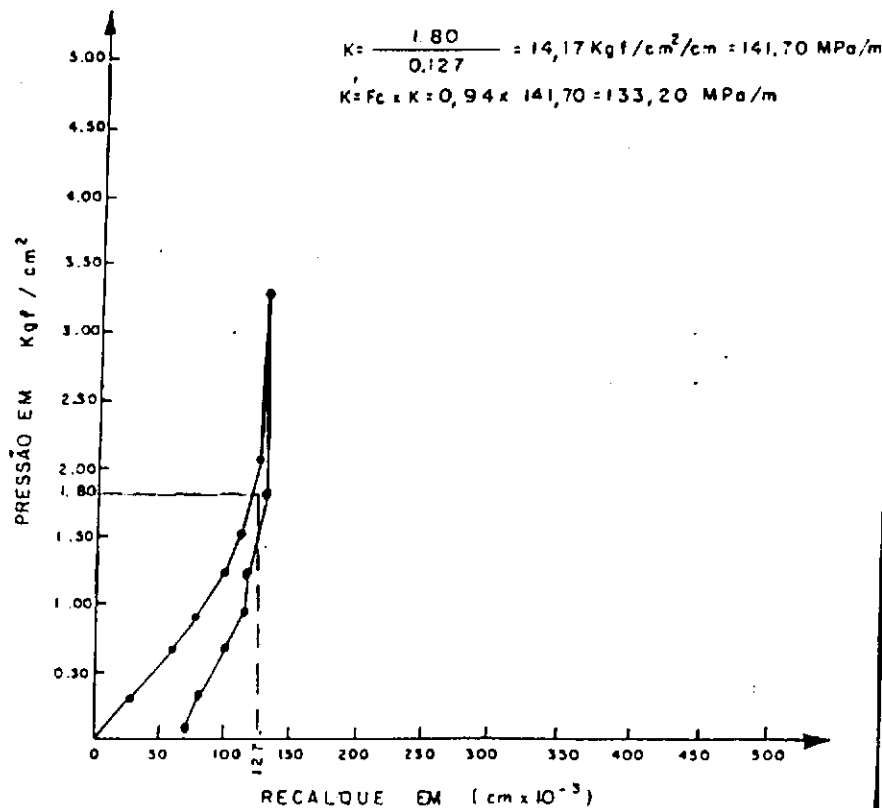


Fig. 131

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

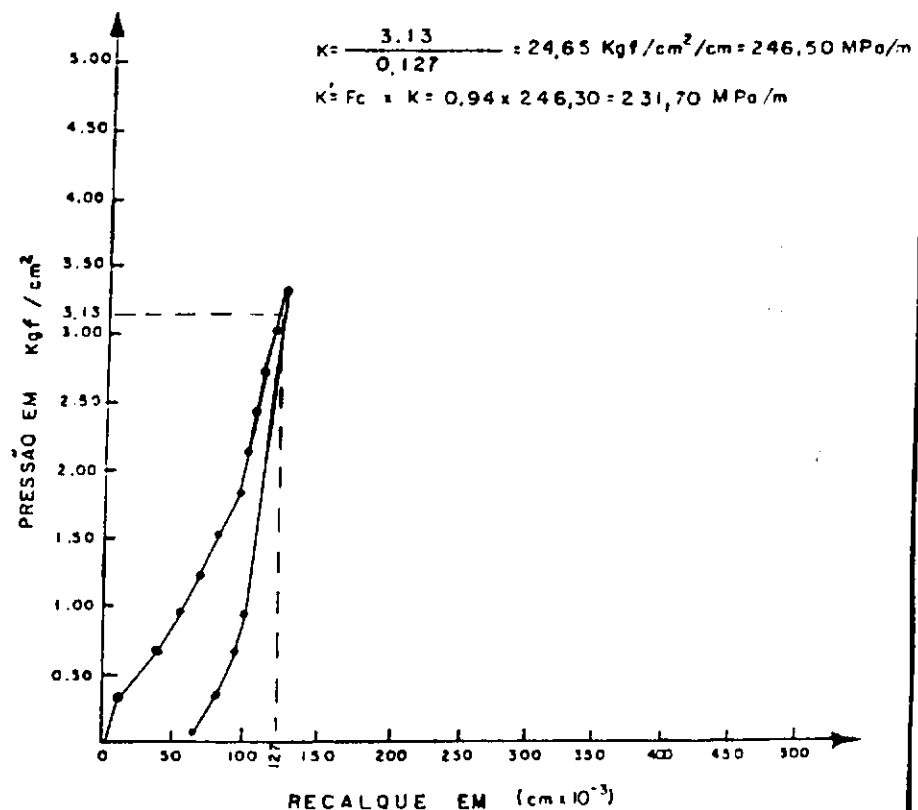
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILhé de PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 40 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 03 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB - BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²



Fig_ 132

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

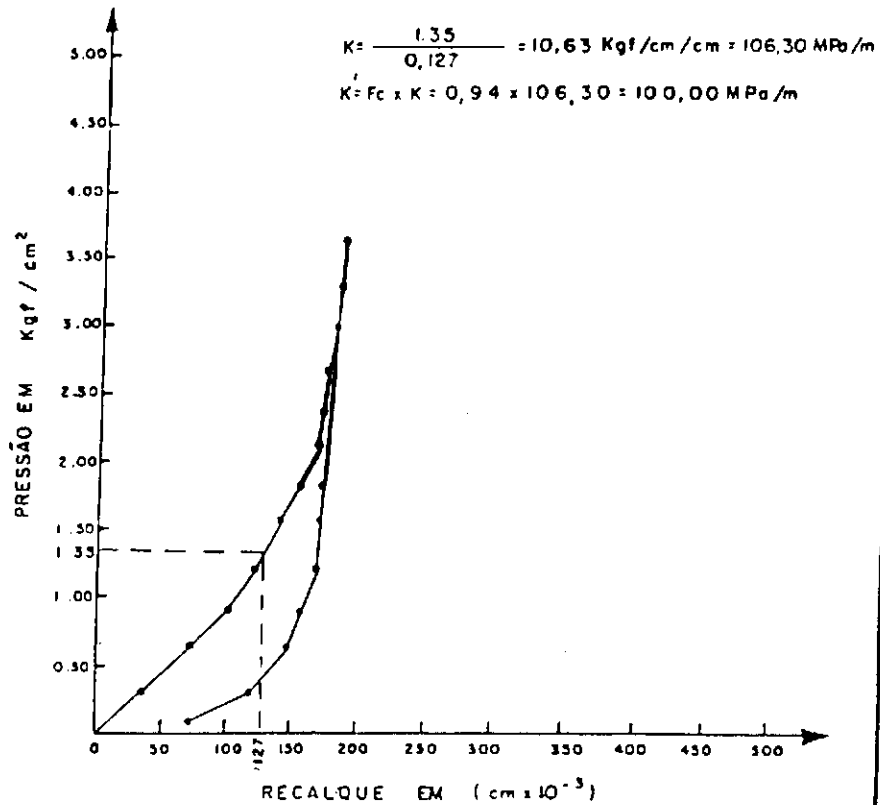
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILhé de PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 50 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 04 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB - BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²



Fig_ 133

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

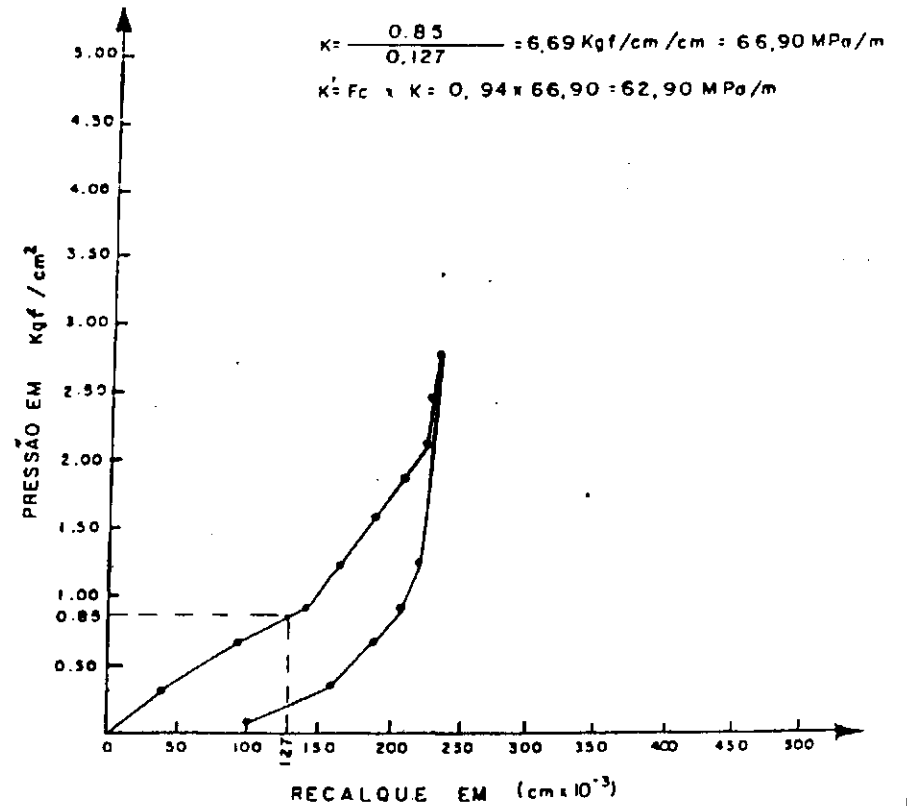
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 60 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. - A-2-4
 Nº DO TESTE: 05 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2,922,47 Cm²



Fig_ 134

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

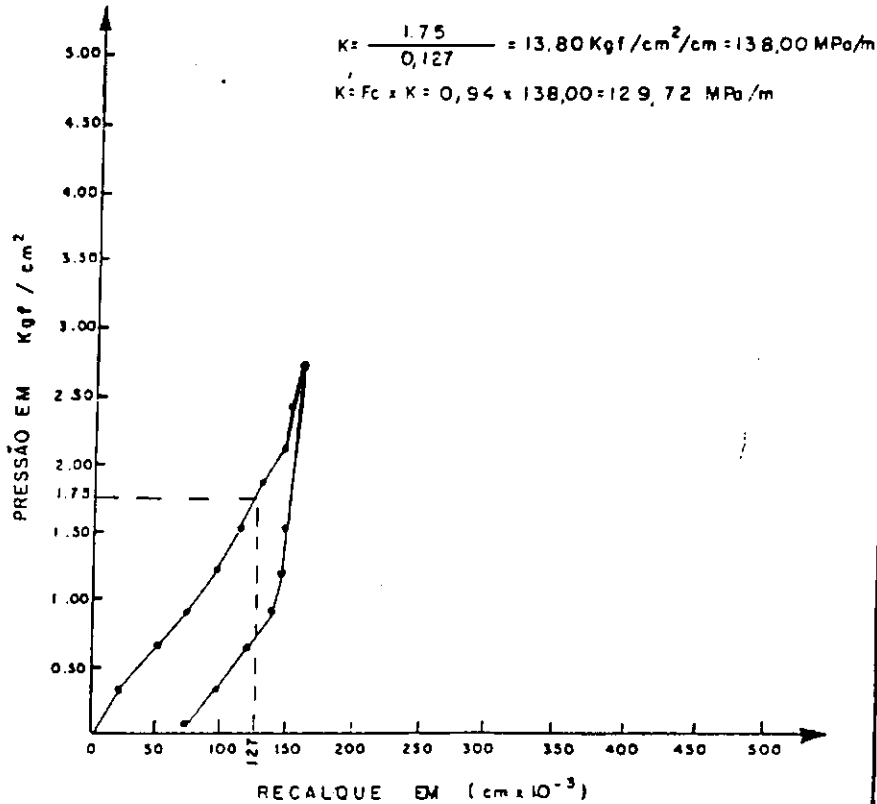
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 70 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. - A-2-4
 Nº DO TESTE: 06 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2,922,47 Cm²



Fig_ 135

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

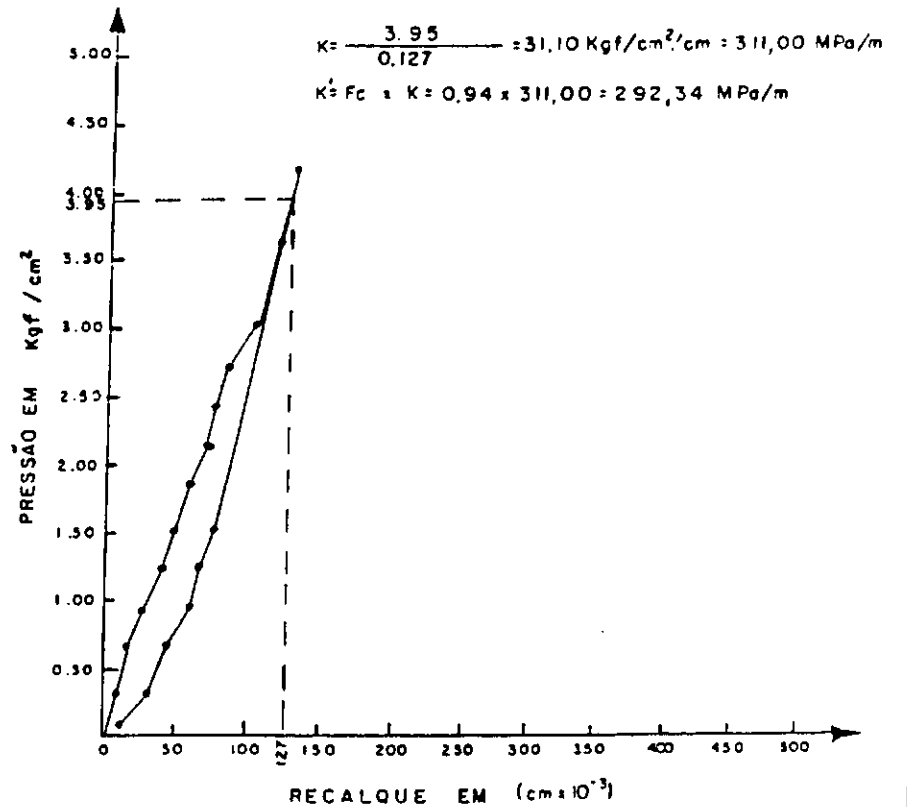
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 80 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 07 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB - BASE ÁREA DA PLACA: 2,922,47 Cm²



Fig_ 136

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 90 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 08 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB - BASE ÁREA DA PLACA: 2,922,47 Cm²



Fig_ 137

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAUÍ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 180 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 09 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²

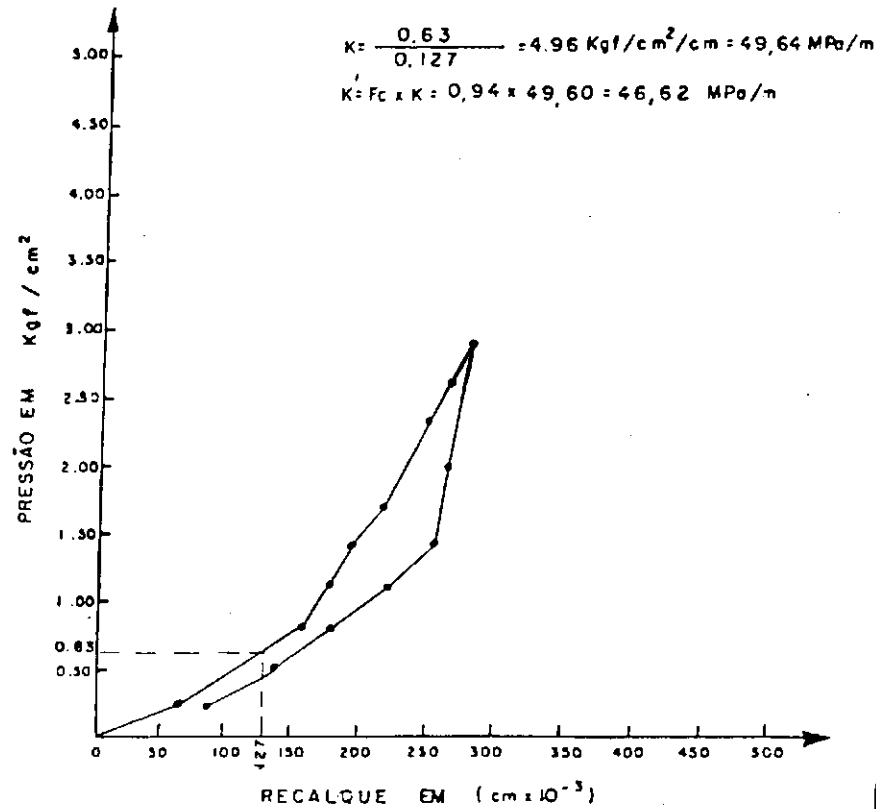


Fig _ 138

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAUÍ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 190 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 10 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²

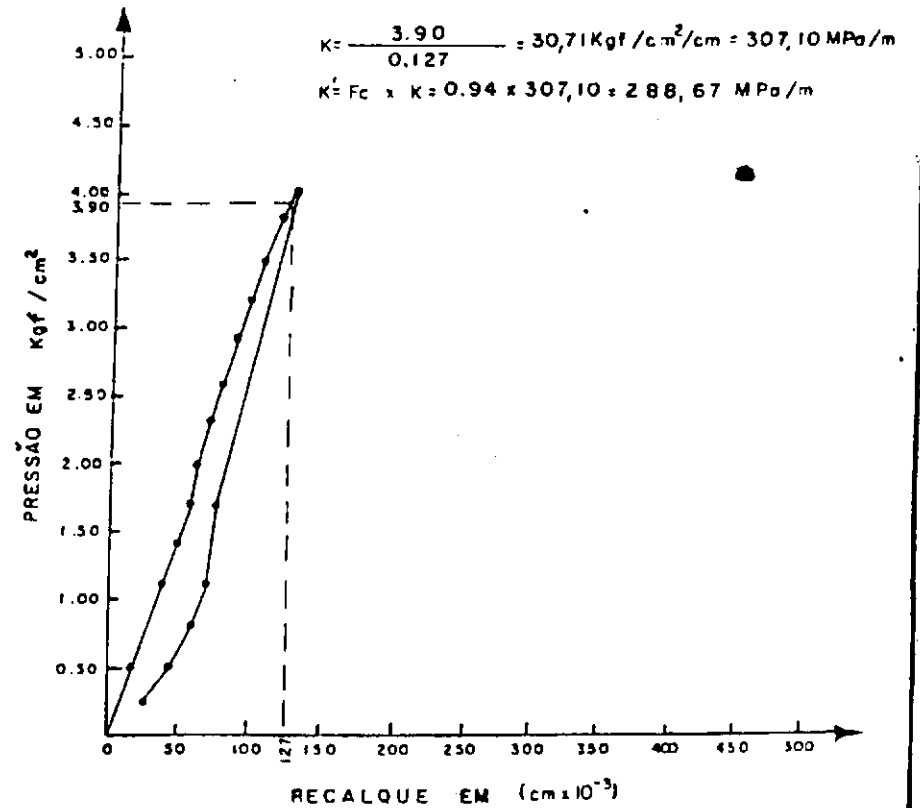


Fig _ 139

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILGAPAL MARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 330 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 11 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²

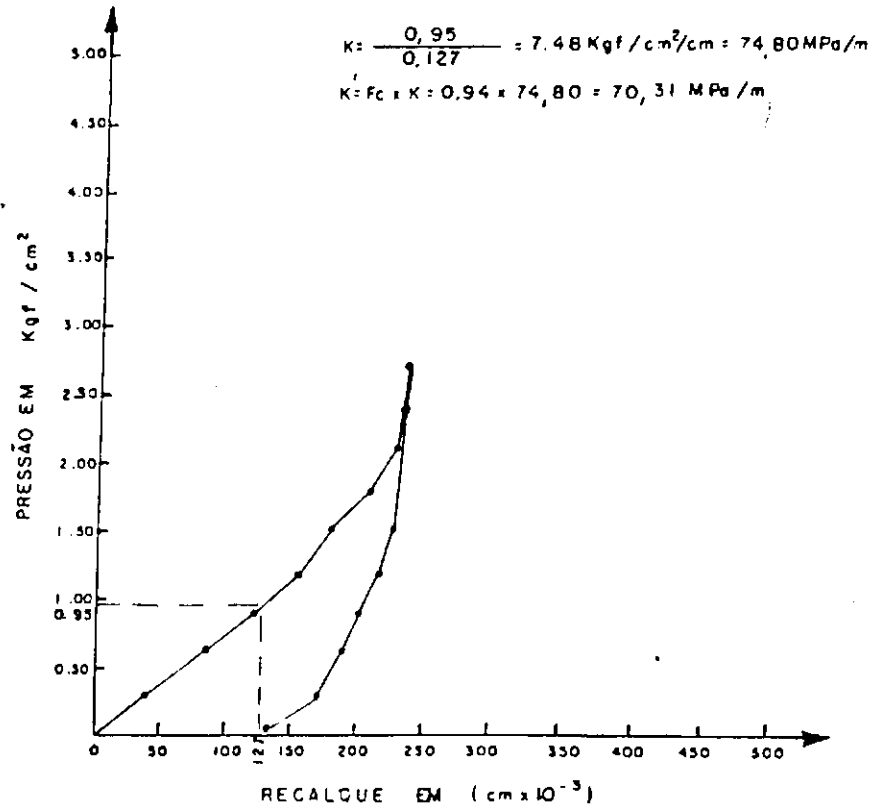


Fig _ 140

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILGAPAL MARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 340 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 12 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²

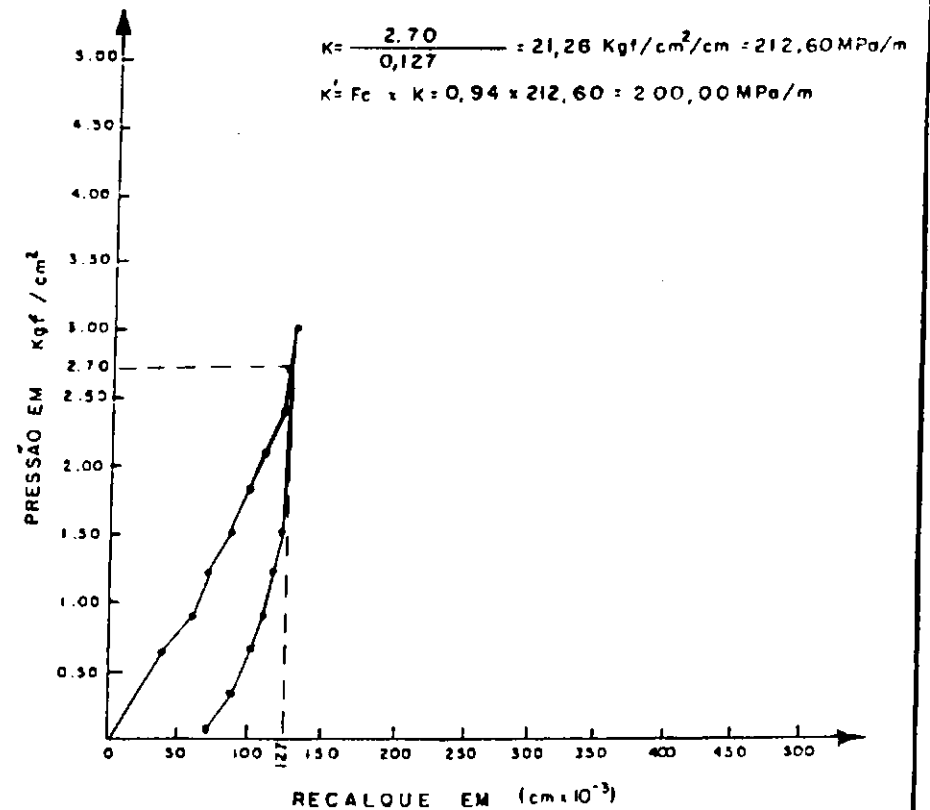
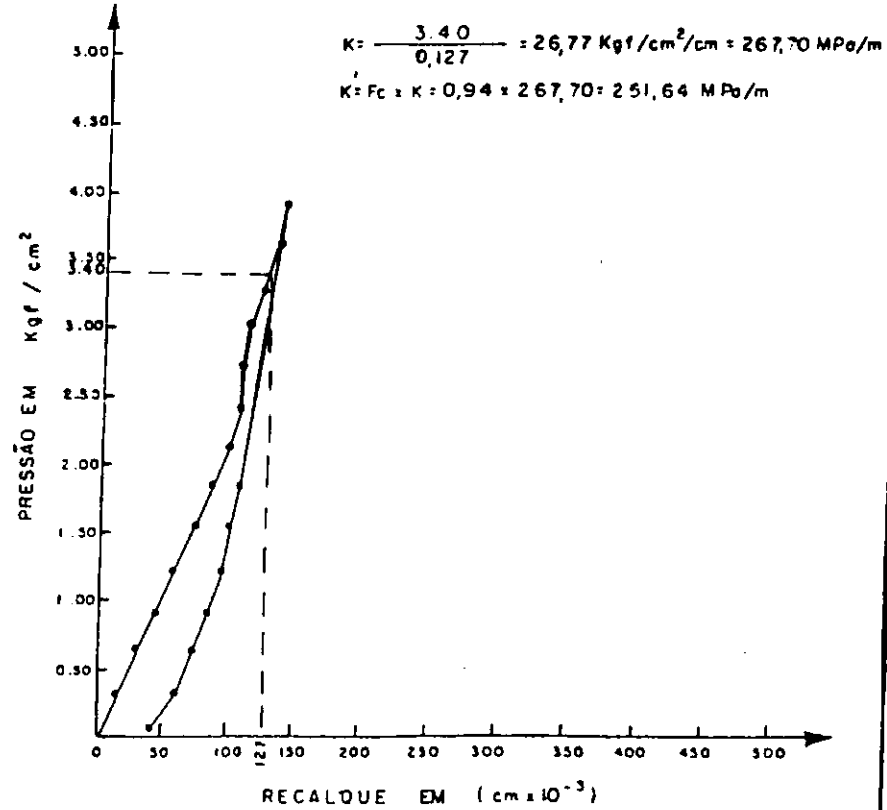


Fig _ 141

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

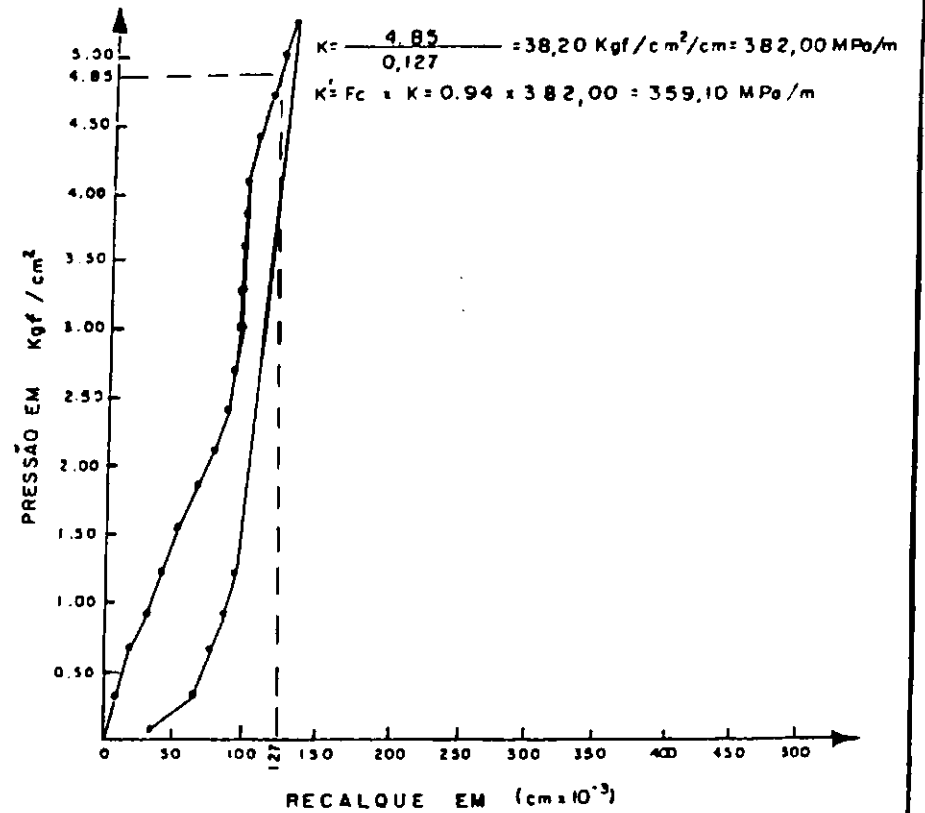
RODOVIA: EL - 205 TRECHO: ILHAS PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 350 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 13 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²



Fig_ 142

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

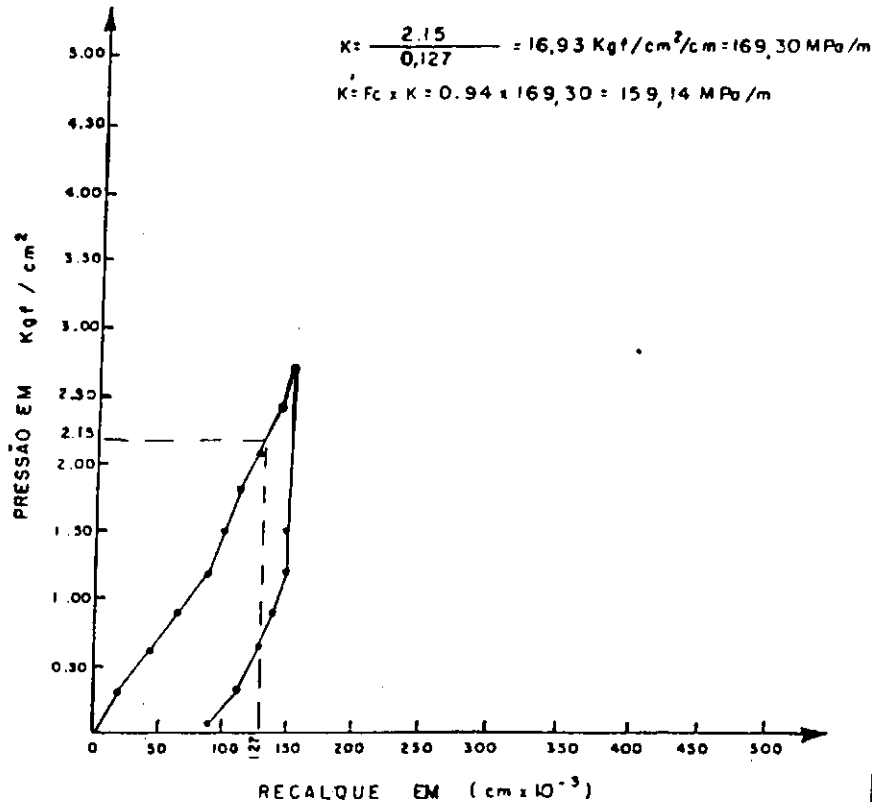
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILHAS PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 360 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 14 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²



Fig_ 143

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

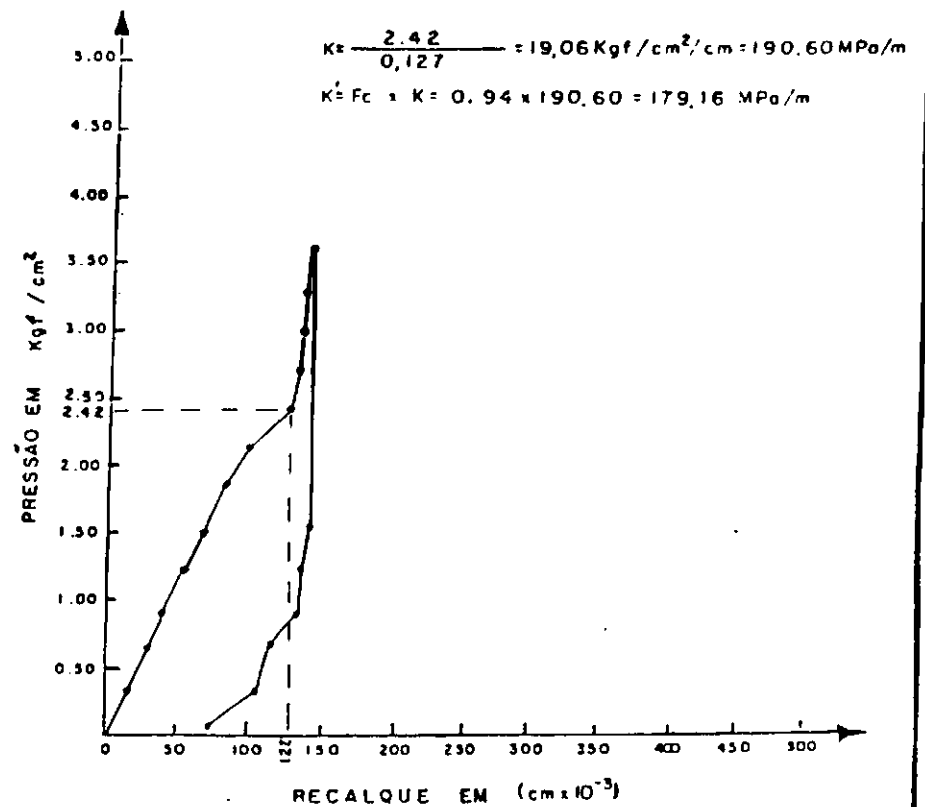
RODOVIA: EL - 205 TRECHO: IL. dos PALMARES - SANTANA do M. INCAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 370 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 15 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB - BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²



Fig_ 144

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

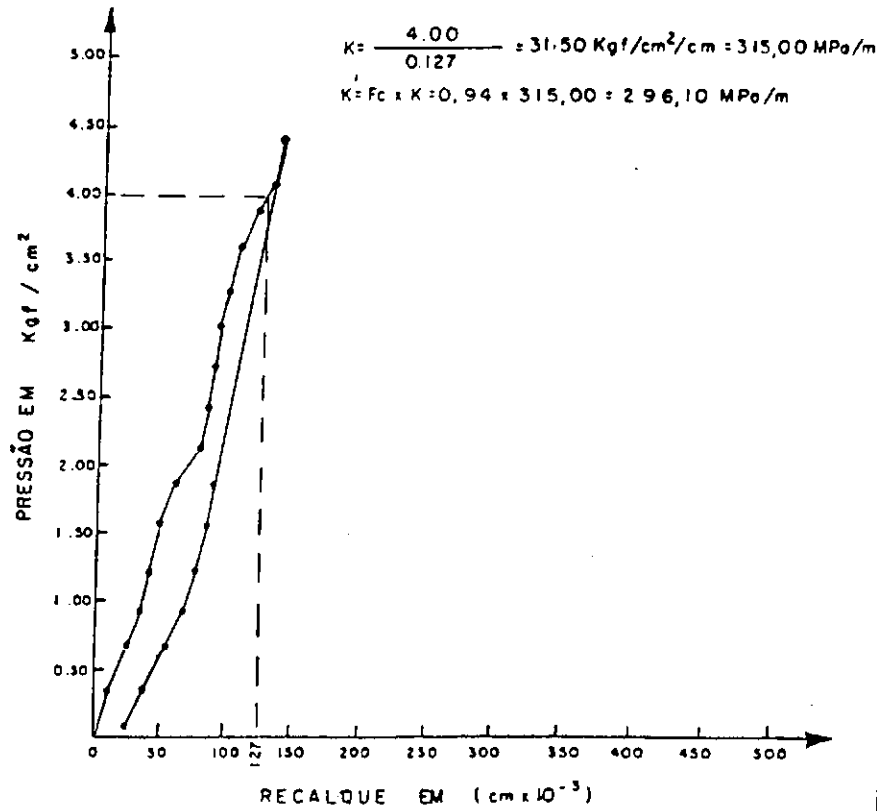
RODOVIA: EL - 205 TRECHO: IL. dos PALMARES - SANTANA do M. INCAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 380 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 16 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB - BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²



Fig_ 145

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

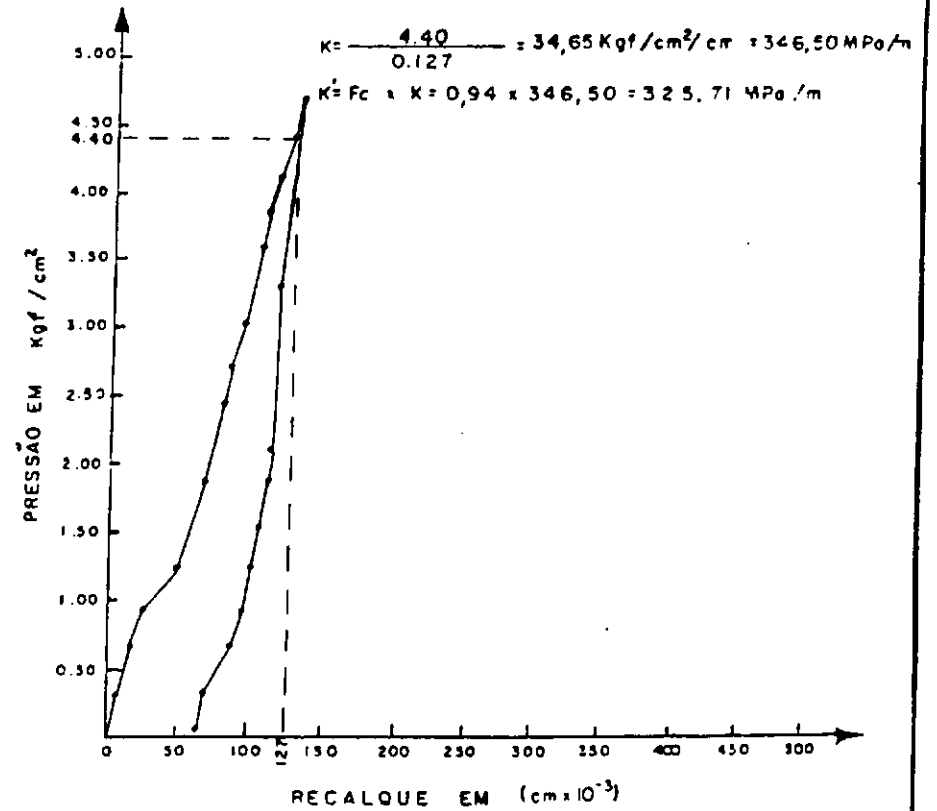
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL. dos PALMARES - SANCANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 390 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-2-4
 Nº DO TESTE: 17 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 cm
 CAMADA: SUB BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²



Fig_ 146

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

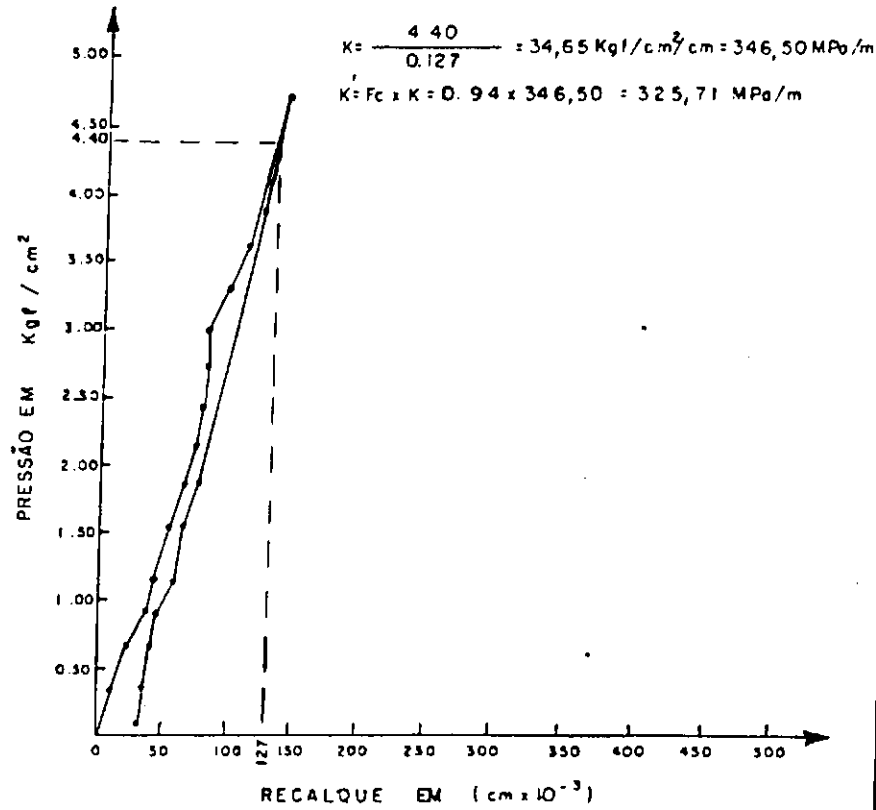
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL. dos PALMARES - SANCANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 400 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A-2-4
 Nº DO TESTE: 18 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 cm
 CAMADA: SUB BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²



Fig_ 147

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

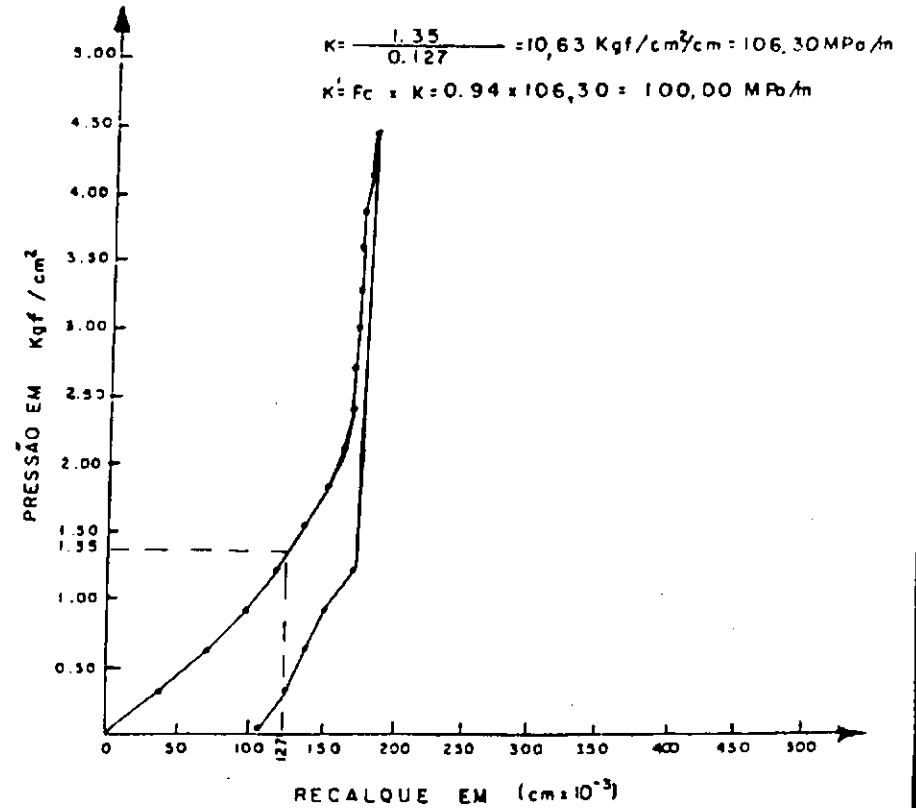
RODOVIA: AL-205 TRECHO: ILHA DE PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 410 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A 2.4
 Nº DO TESTE: 19 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²



Fig_ 148

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

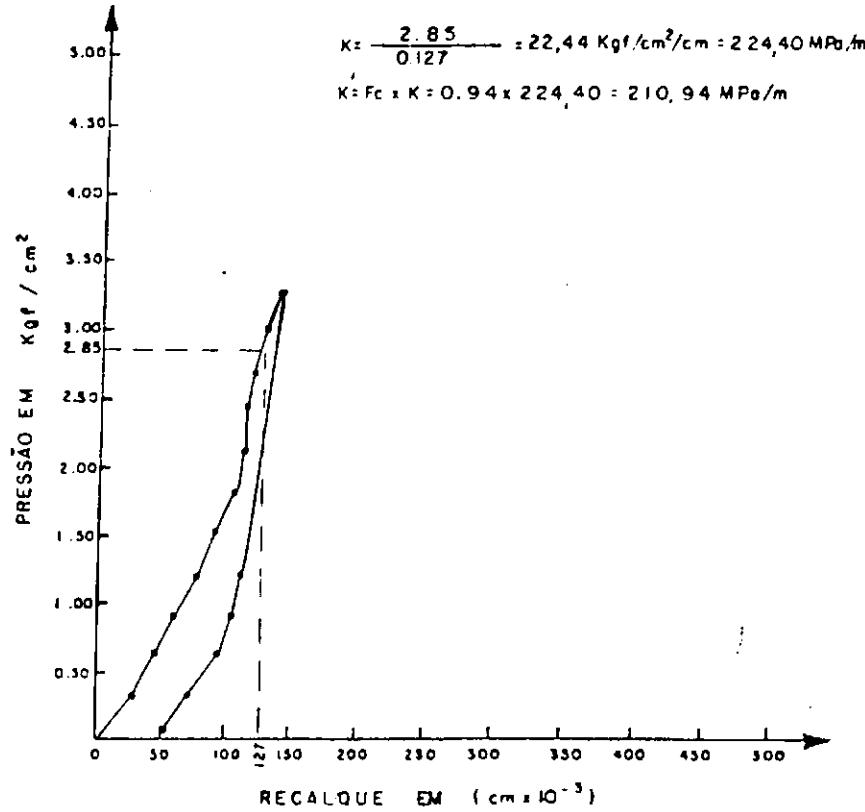
RODOVIA: AL-205 TRECHO: ILHA DE PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 420 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. A 2.4
 Nº DO TESTE: 20 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²



Fig_ 149

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

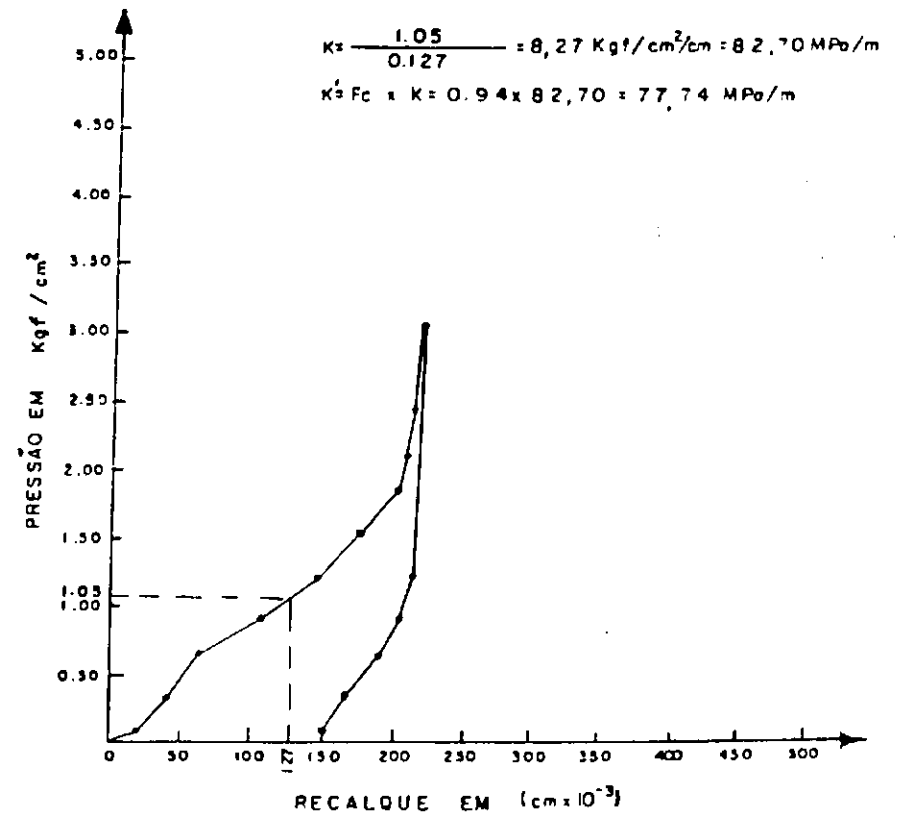
RODOVIA: AL-205 TRECHO: ILHA PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 465 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. - A-2-4
 Nº DO TESTE: 23 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²



Fig_ 152

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

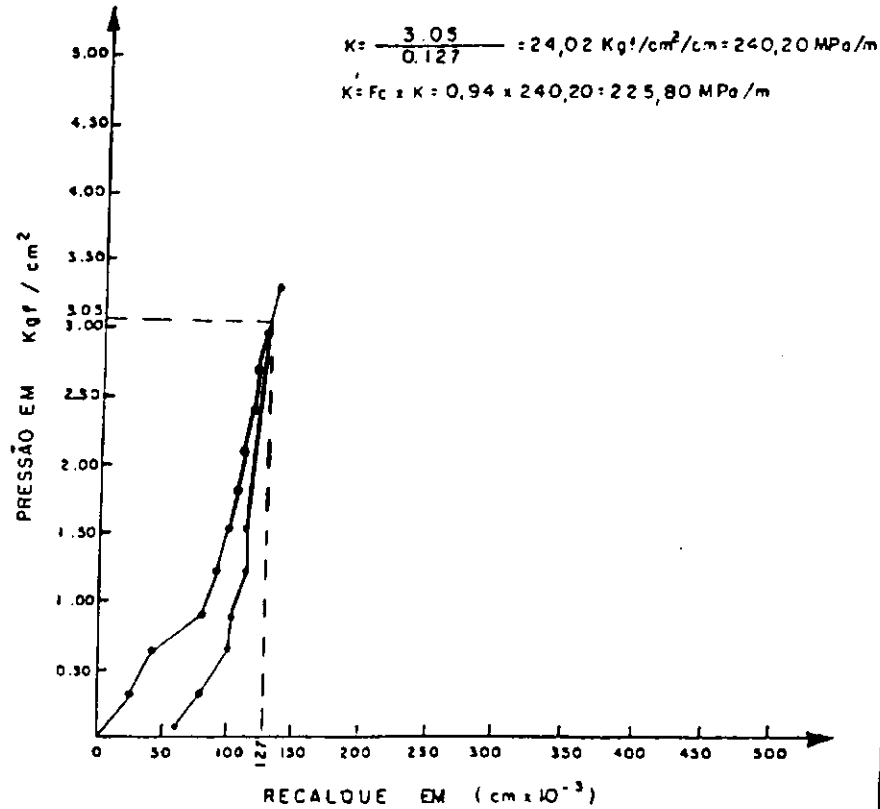
RODOVIA: AL-205 TRECHO: ILHA PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 480 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. - A-2-4
 Nº DO TESTE: 24 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²



Fig_ 153

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

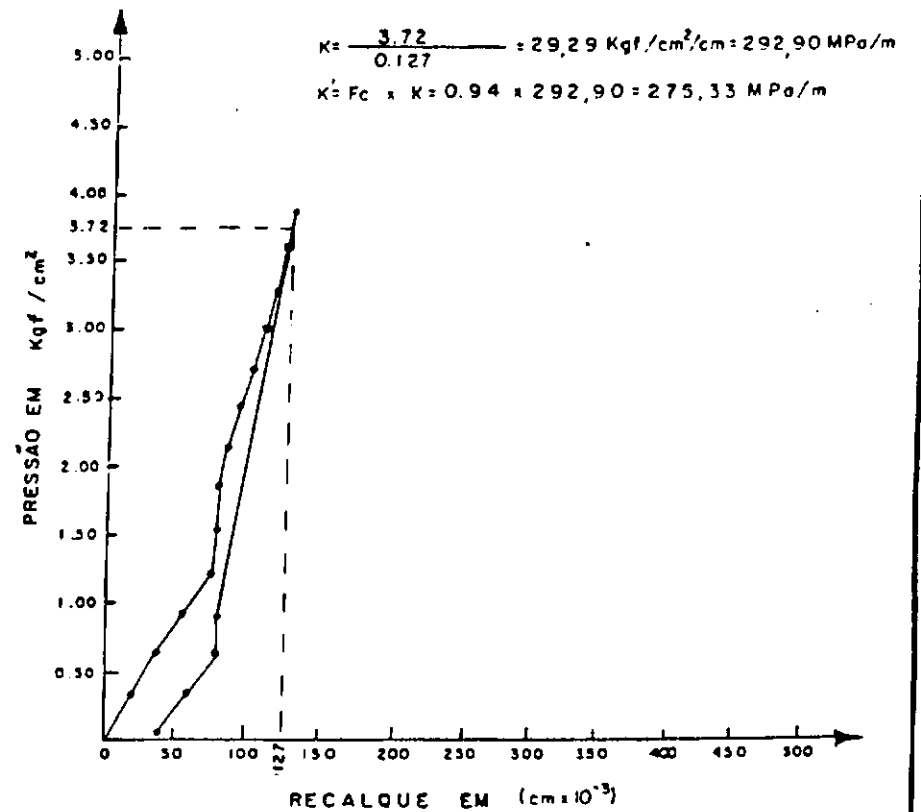
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILhéus PALMARES - SANTANA DA MUNDUBÁ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 495 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 25 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²



Fig_ 154

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

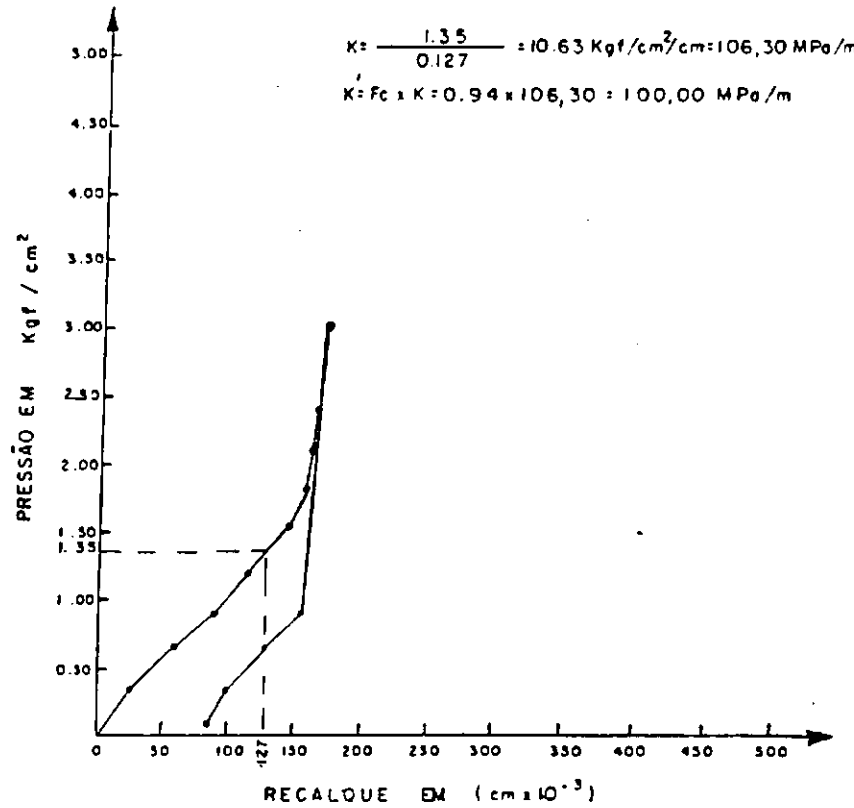
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: ILhéus PALMARES - SANTANA DA MUNDUBÁ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 510 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 26 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²



Fig_ 155

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

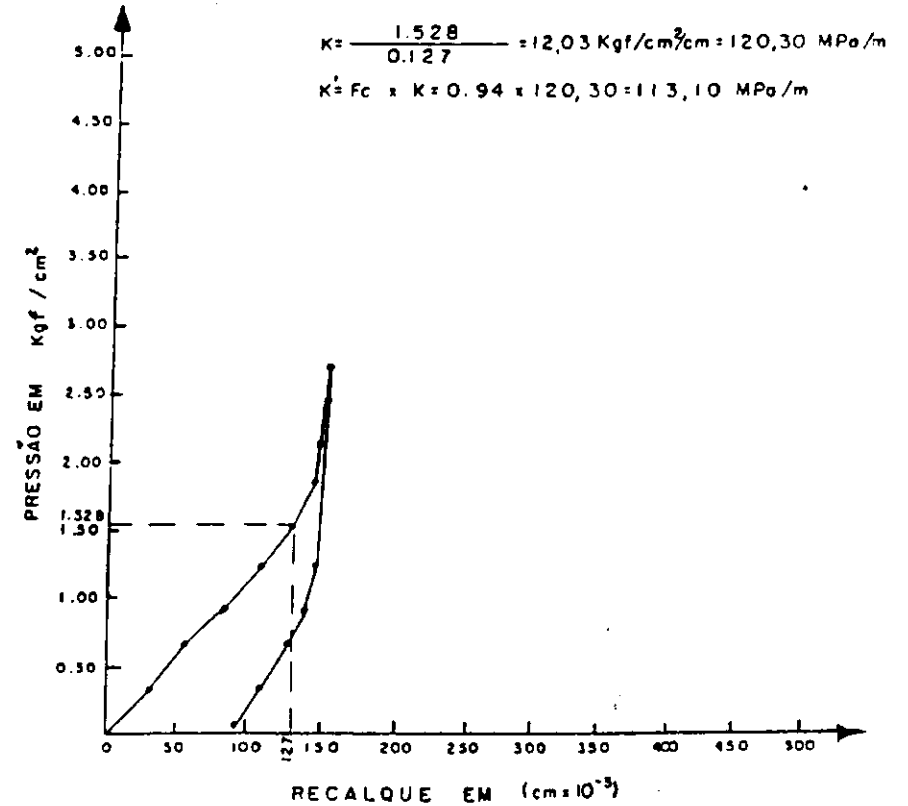
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL 400 PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 430 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 21 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²



Fig_ 150

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

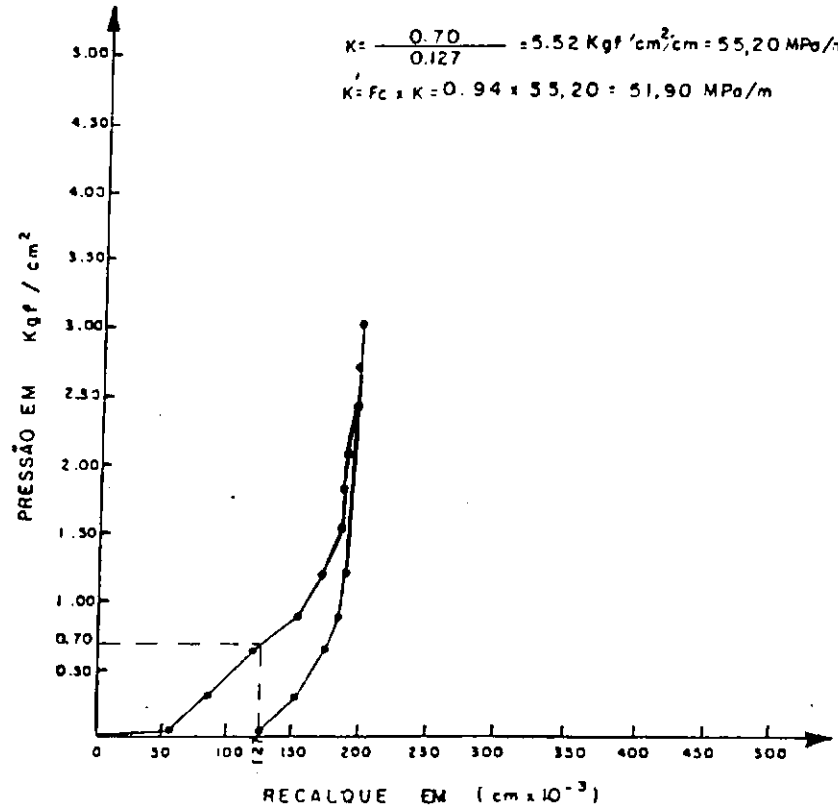
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL 400 PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 450 CLASSIFICAÇÃO: H.R.B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 22 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²



Fig_ 151

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

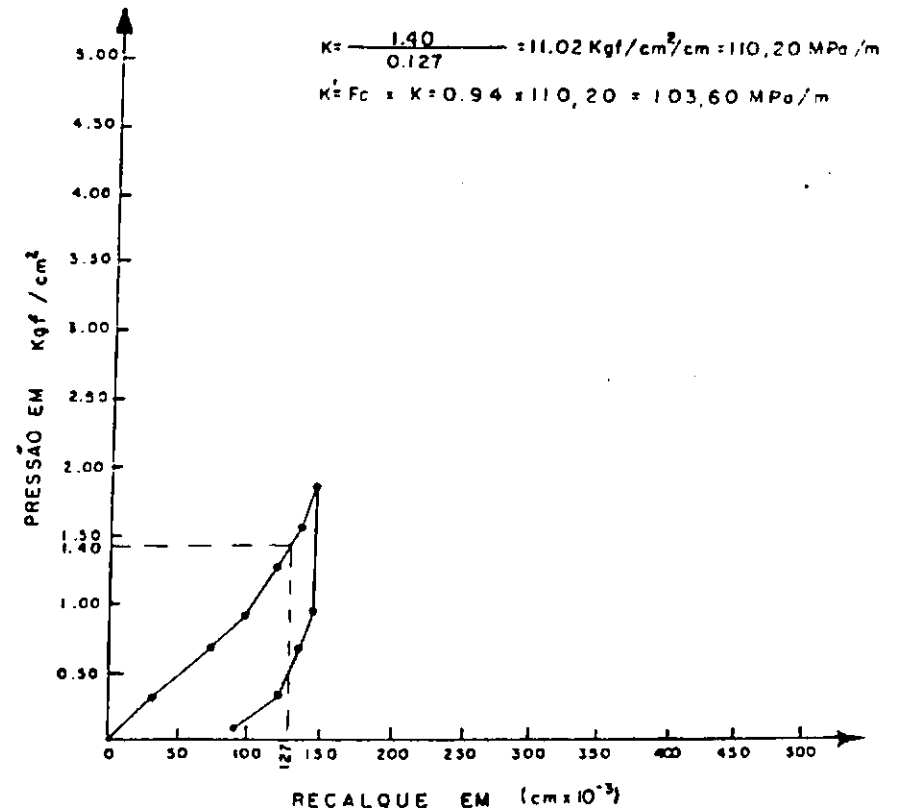
RODOVIA: FL - 205 TRECHO: ILHOS PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 525 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 27 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm



Fig_ 156

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

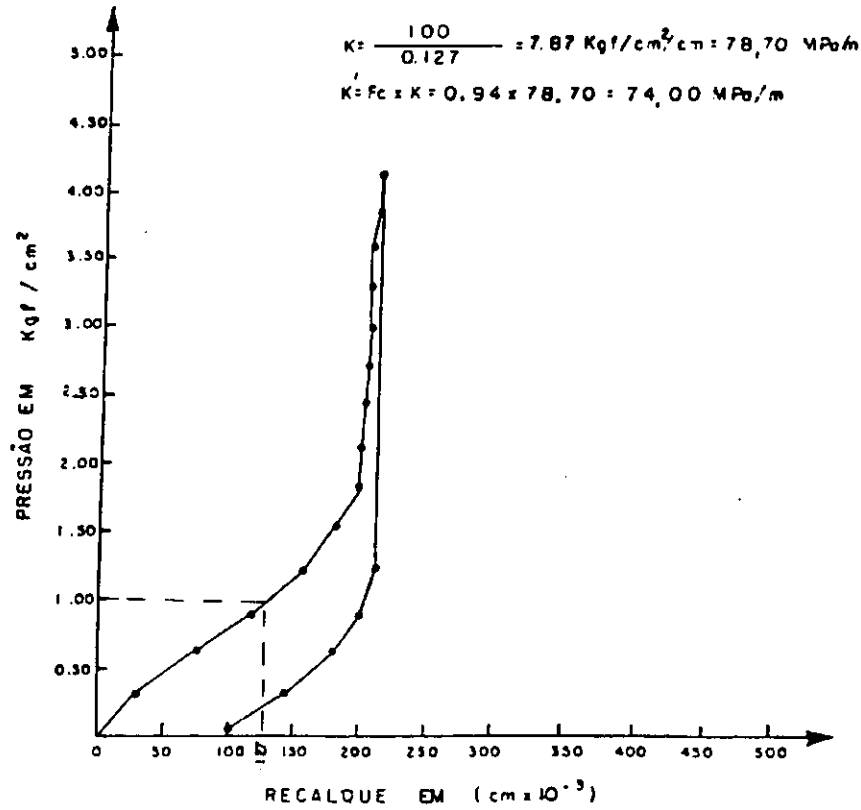
RODOVIA: FL - 205 TRECHO: ILHOS PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 540 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 28 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm



Fig_ 157

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

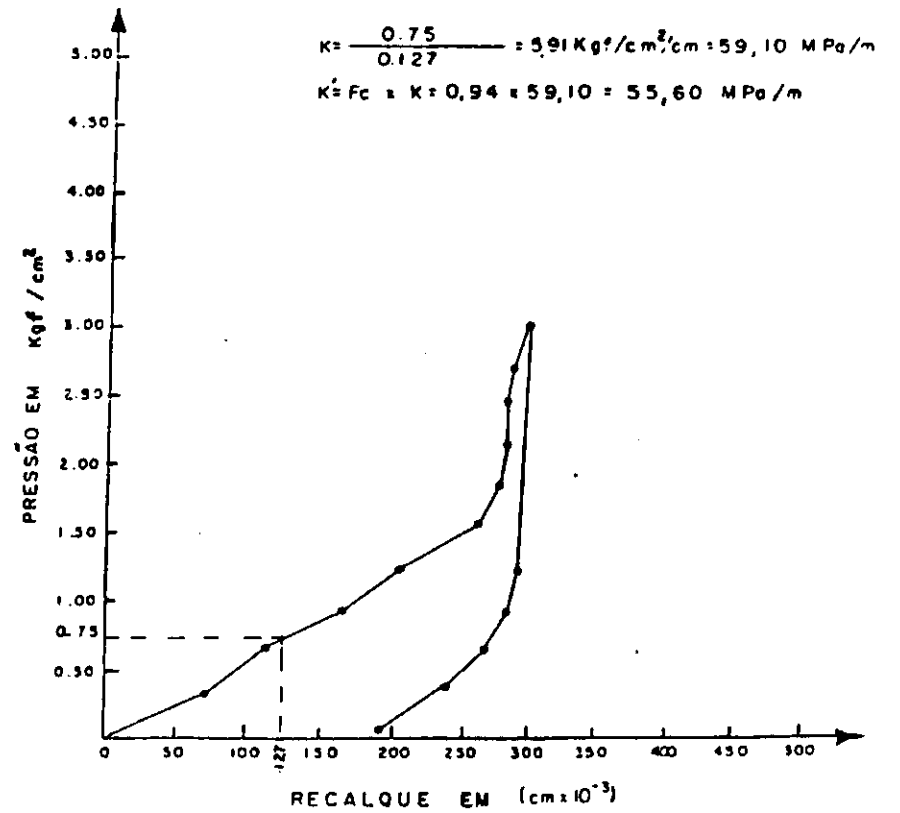
RODOVIA: PI - 205 TRECHO: ILHA DE PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 555 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 29 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²



Fig_ 158

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

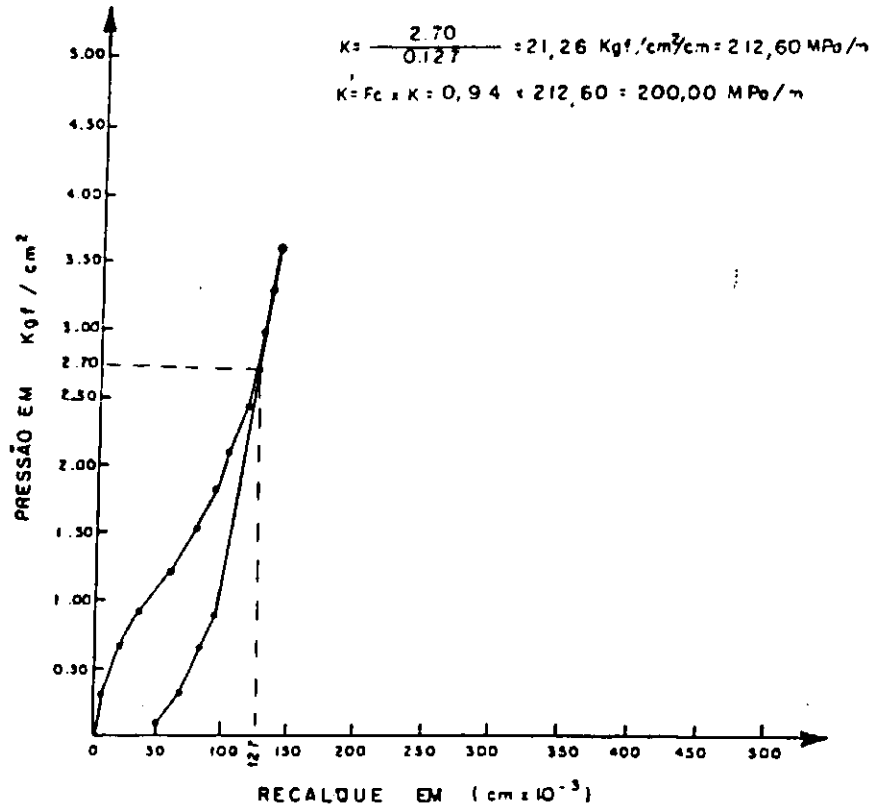
RODOVIA: PI - 205 TRECHO: ILHA DE PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 570 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 30 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 Cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 Cm²



Fig_ 159

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

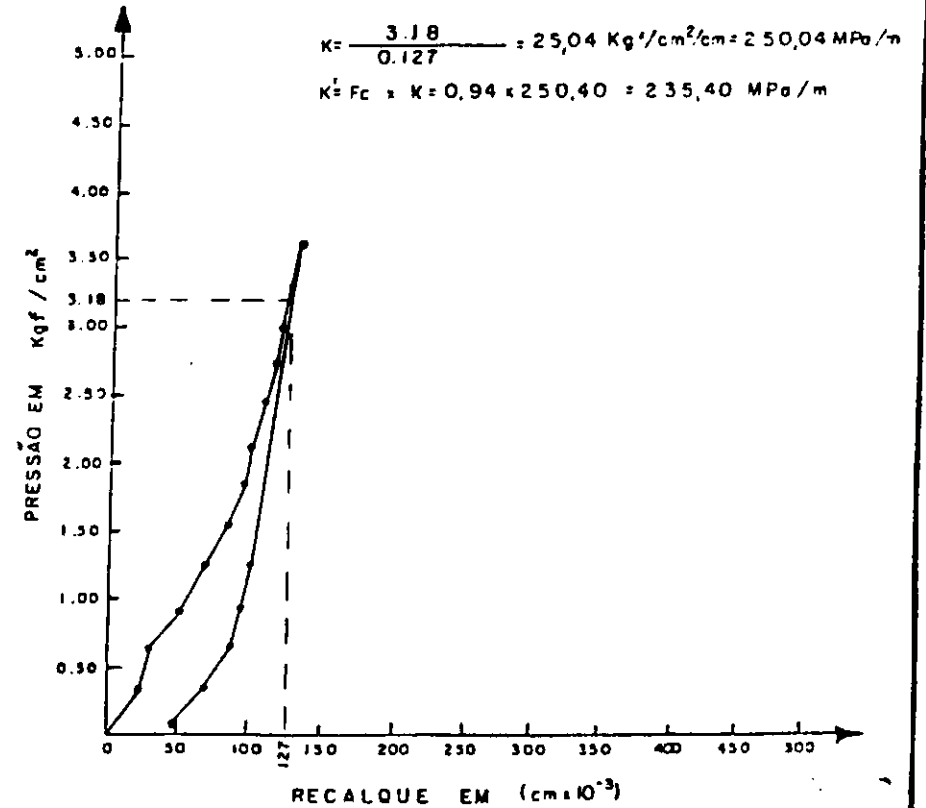
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL DE PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 585 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 31 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²



Fig_ 160

ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACAS

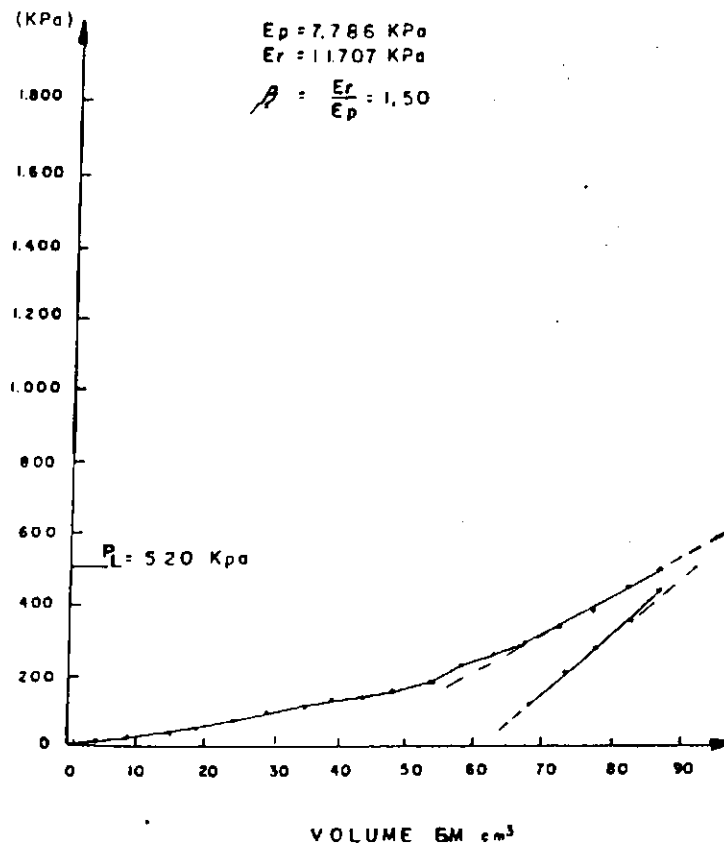
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: IL DE PALMARES - SANTANA DO MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 600 CLASSIFICAÇÃO: H. R. B. - A - 2 - 4
 Nº DO TESTE: 32 FATOR DE CORREÇÃO (Fc): 0,94
 PROFUNDIDADE: SUPERFÍCIE DIÂMETRO DA PLACA: 61,00 cm
 CAMADA: SUB-BASE ÁREA DA PLACA: 2.922,47 cm²



Fig_ 161

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

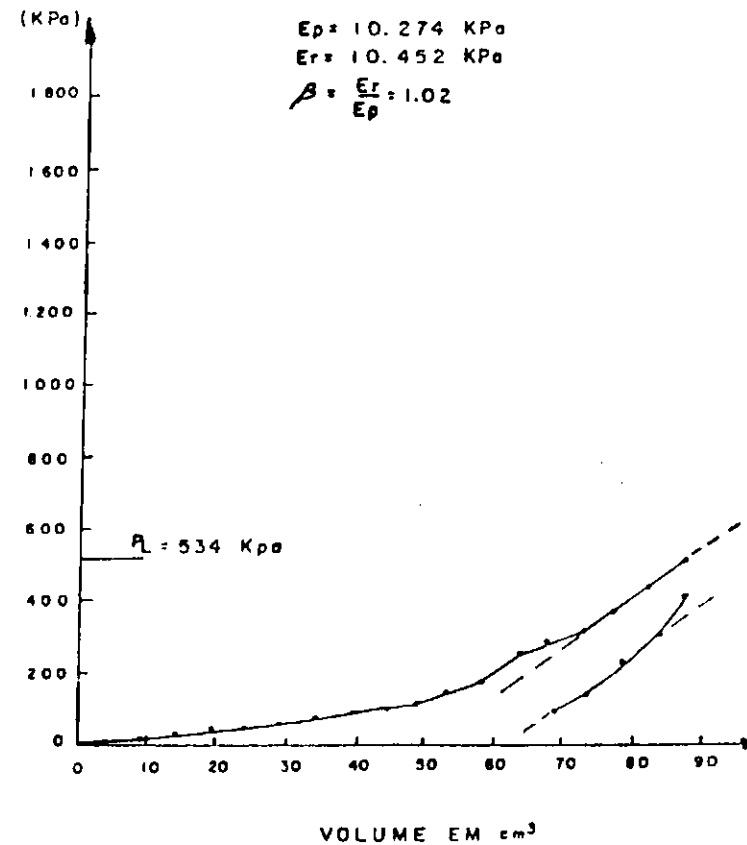
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST - 0 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 01 TEMPERATURA 33°
 PROFUNDIDADE: 40 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,00 m
 UMIDADE: 6,4% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 162

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

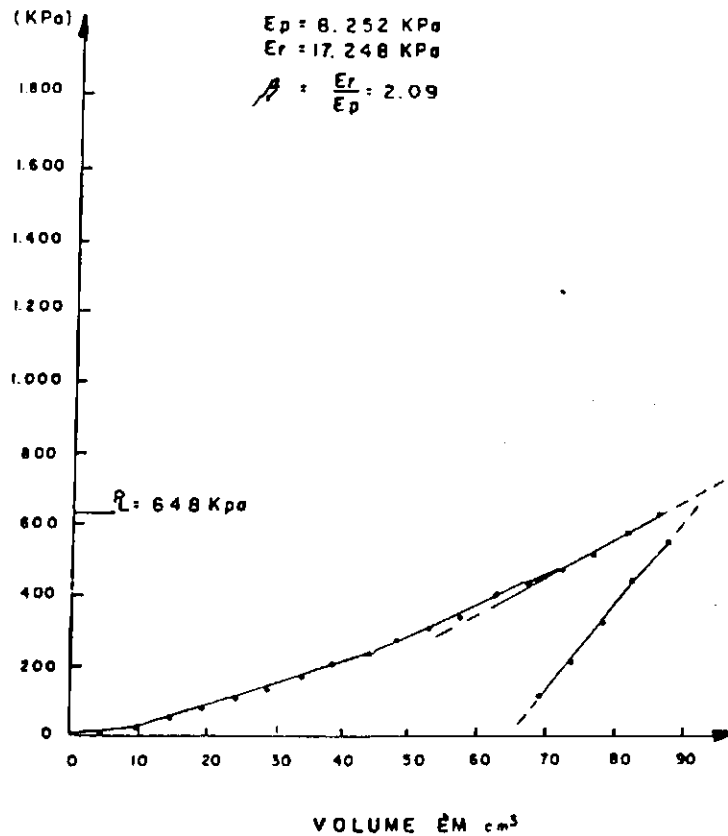
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST - 15 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 02 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 45 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 0,95 m
 UMIDADE: 5,2% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 163

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

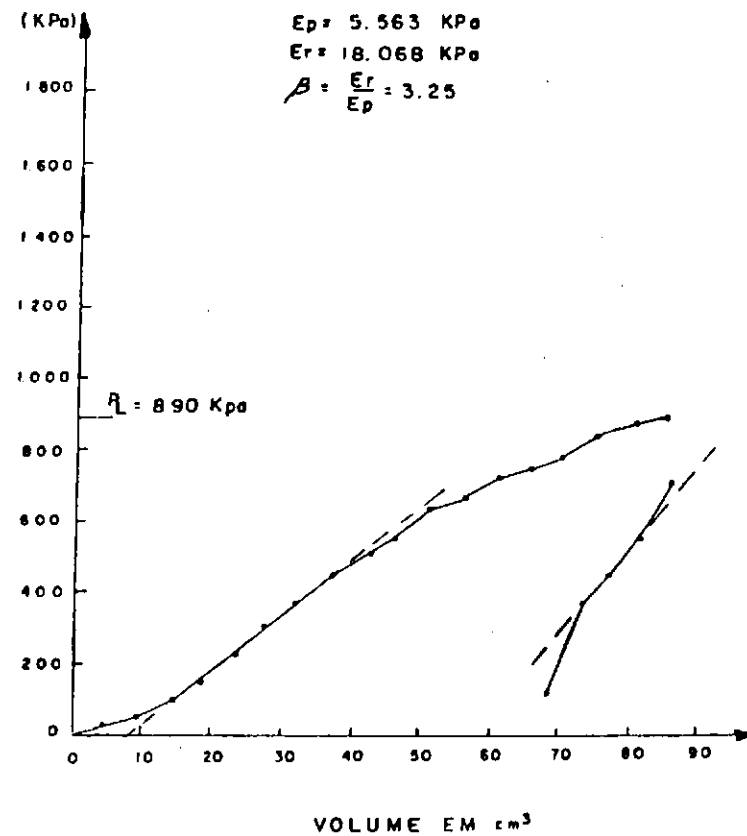
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 30 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 03 TEMPERATURA: 31°
 PROFUNDIDADE: 45 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,02 m
 UMIDADE: 5,2% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 164

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

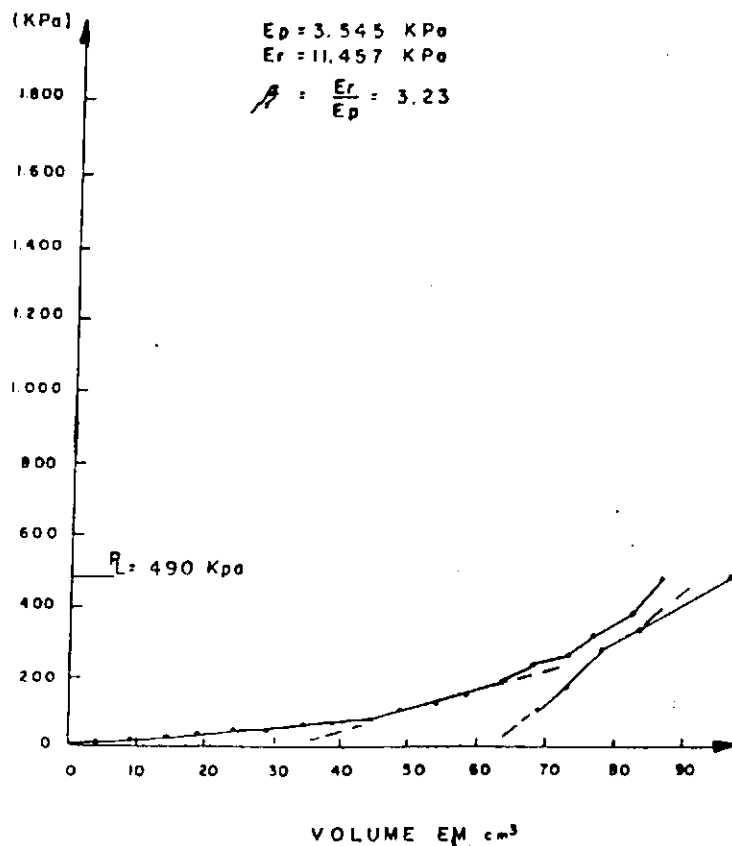
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 40 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 04 TEMPERATURA: 30°
 PROFUNDIDADE: 51 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,10 m
 UMIDADE: 6,4% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 165

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

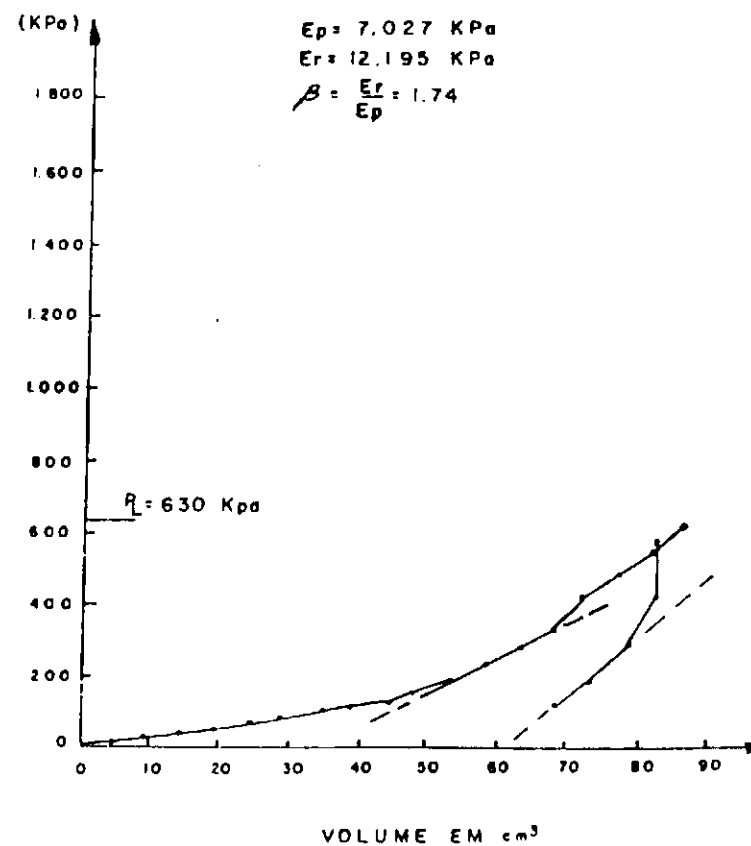
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAÚ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 50 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 05 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,08 m
 UMIDADE: 7,5% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 166

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

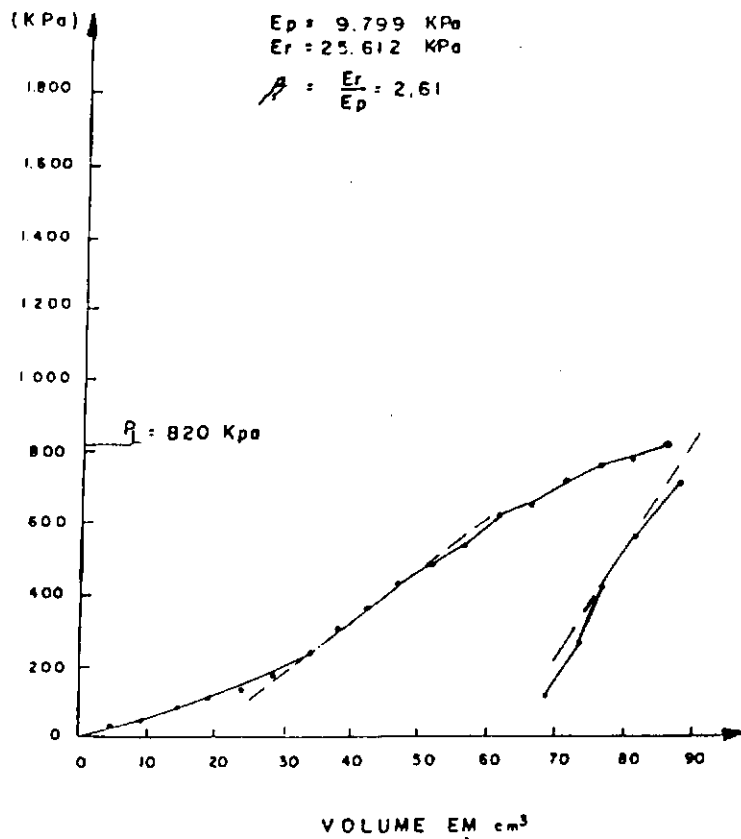
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAÚ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 60 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 06 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 53 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,10 m
 UMIDADE: 5,8% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 167

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

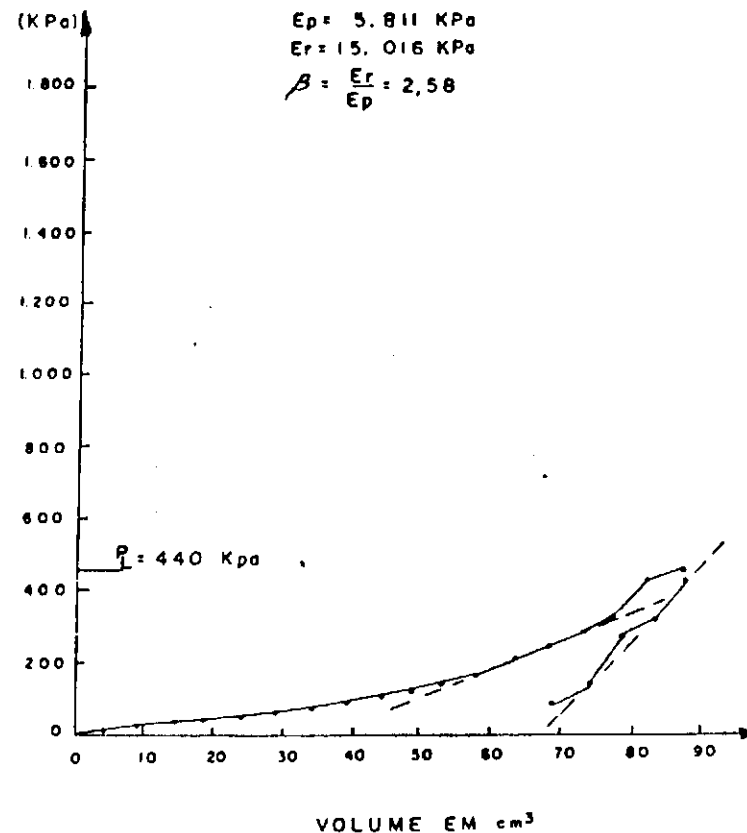
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 70 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 07 TEMPERATURA 37°
 PROFUNDIDADE: 53 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,12 m
 UMIDADE: 6,4 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 168

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

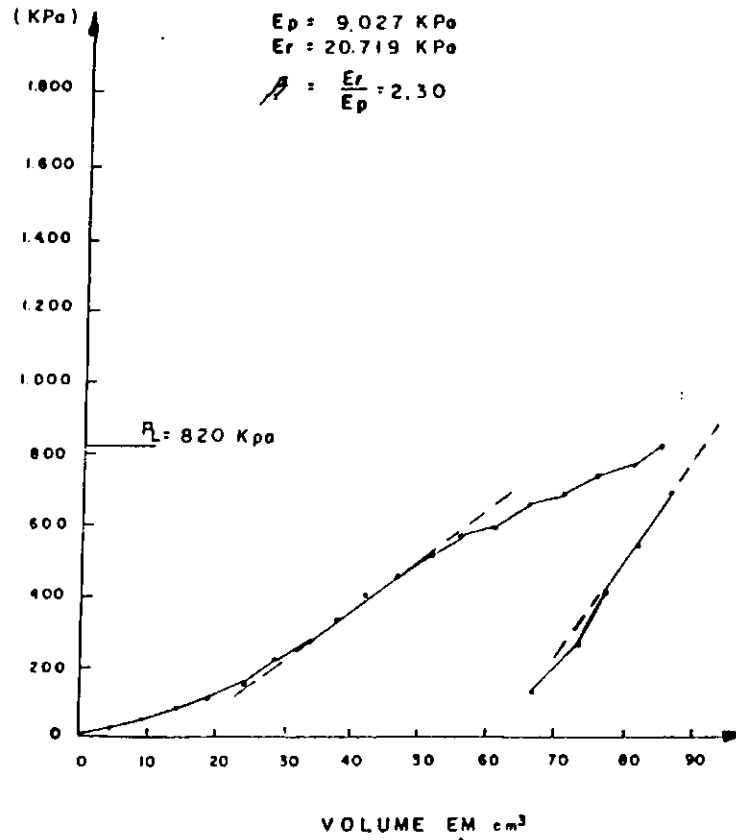
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 80 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 08 TEMPERATURA 37°
 PROFUNDIDADE: 53 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,12 m
 UMIDADE: 6,4 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 169

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

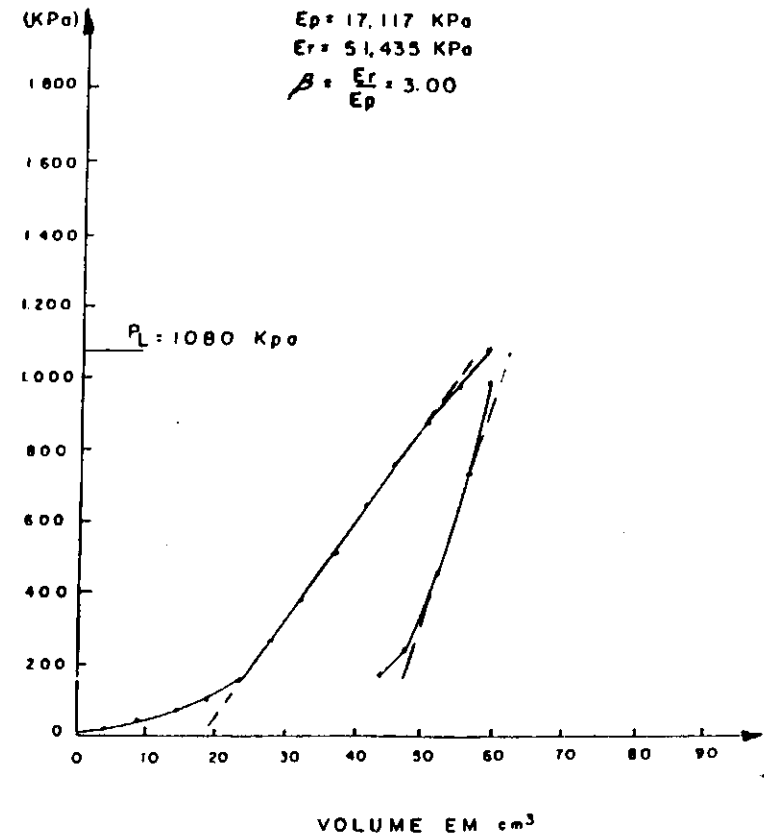
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 90 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 09 TEMPERATURA 35°
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,10 m
 UMIDADE: 6,4% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 170

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 110 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 10 TEMPERATURA 33°
 PROFUNDIDADE: 49 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,08 m
 UMIDADE: 6,4% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 171

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 120 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 11 TEMPERATURA: 30°
 PROFUNDIDADE: 51 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,10 m
 UMIDADE: 6,4% CAMADA: SUB-BASE

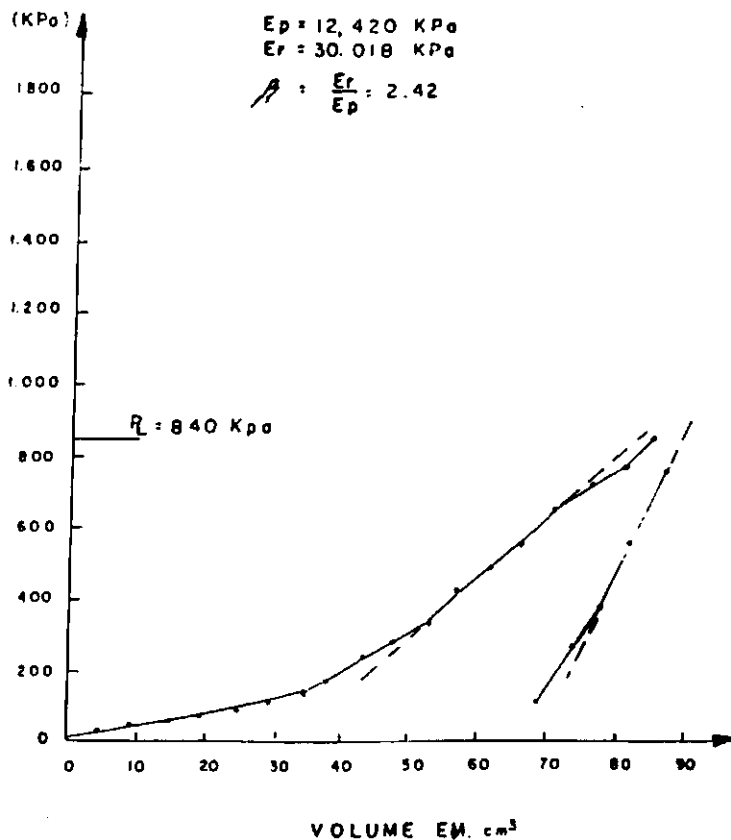


Fig. 172

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 130 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 12 TEMPERATURA: 36°
 PROFUNDIDADE: 51 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,11 m
 UMIDADE: 6,4% CAMADA: SUB-BASE

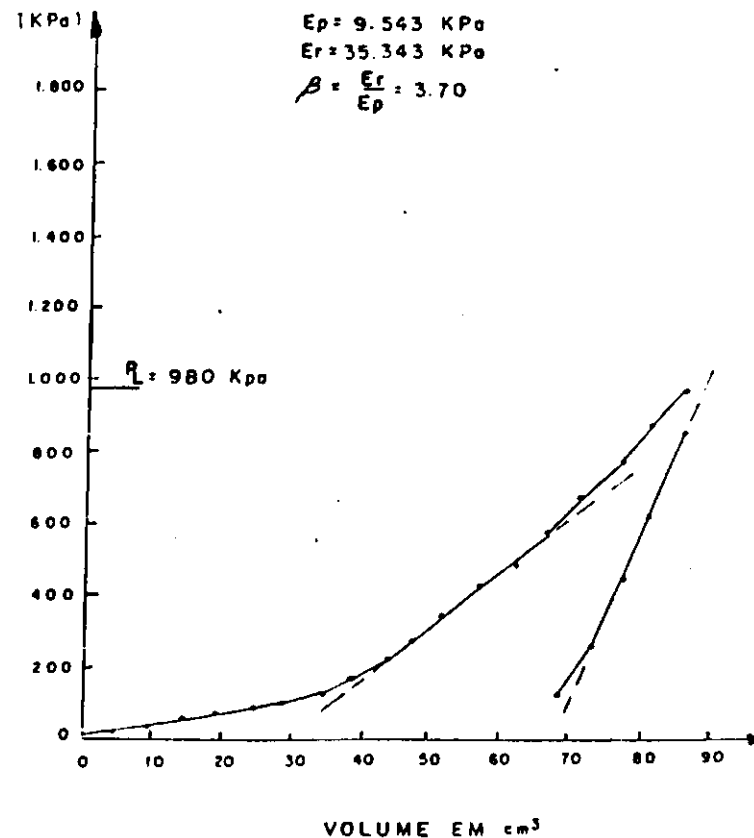
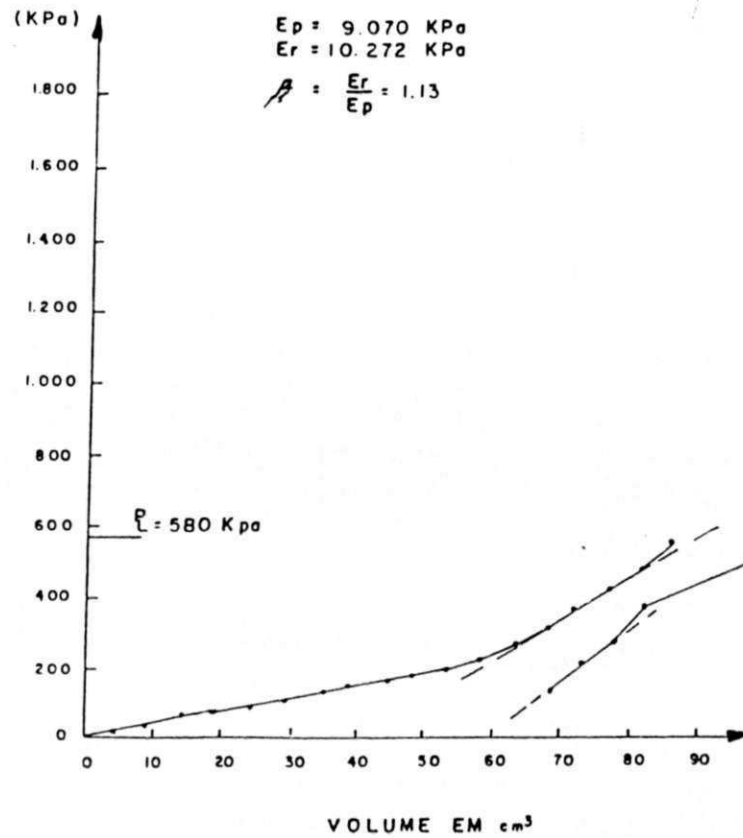


Fig. 176

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

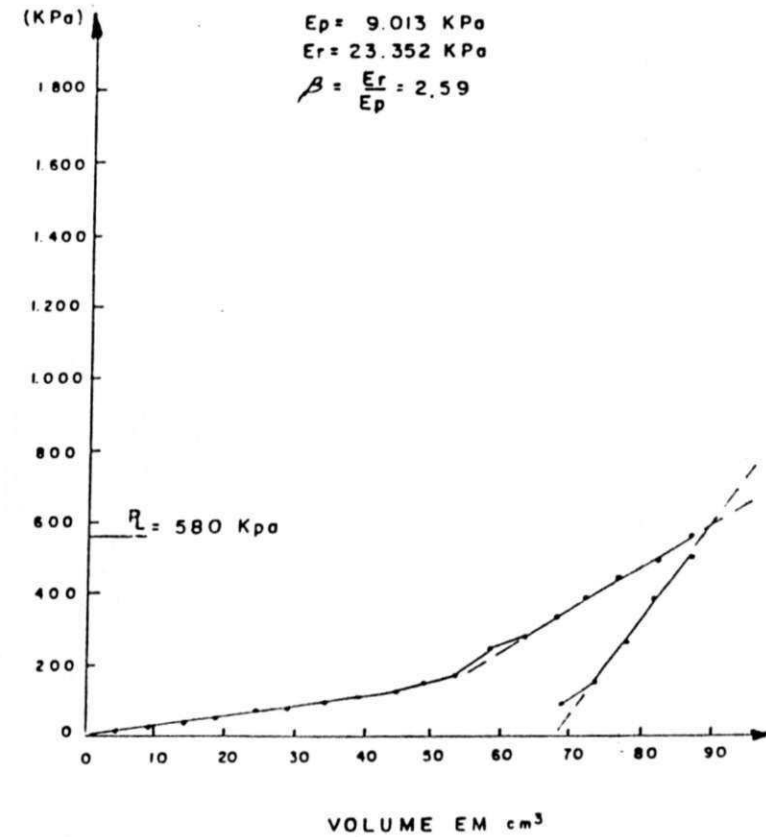
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 150 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 13 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 48 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,06 m
 UMIDADE: 5,8% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 174

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

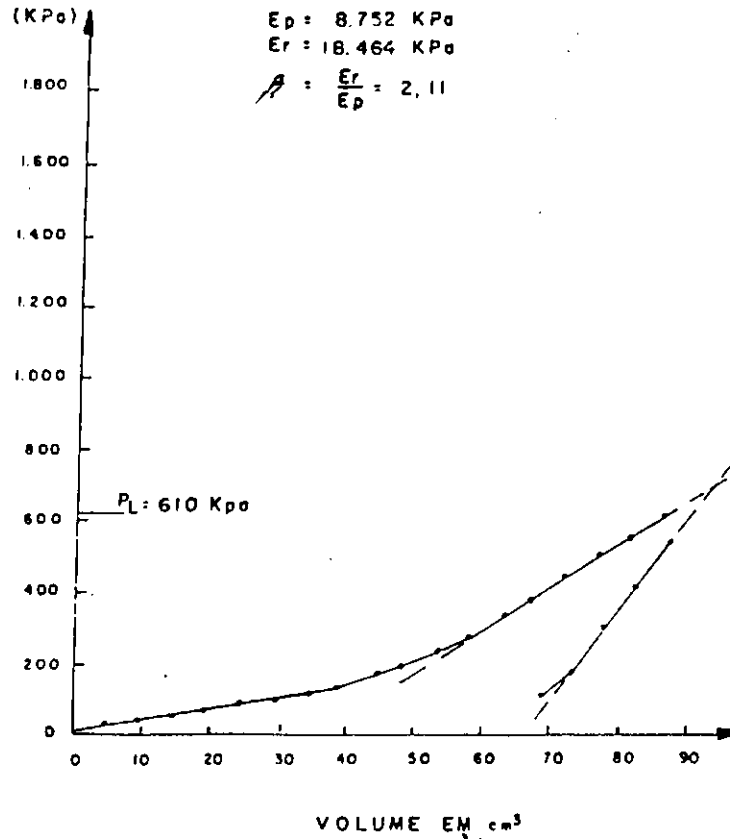
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 180 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 14 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 51 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,10 m
 UMIDADE: 4,7% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 175

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

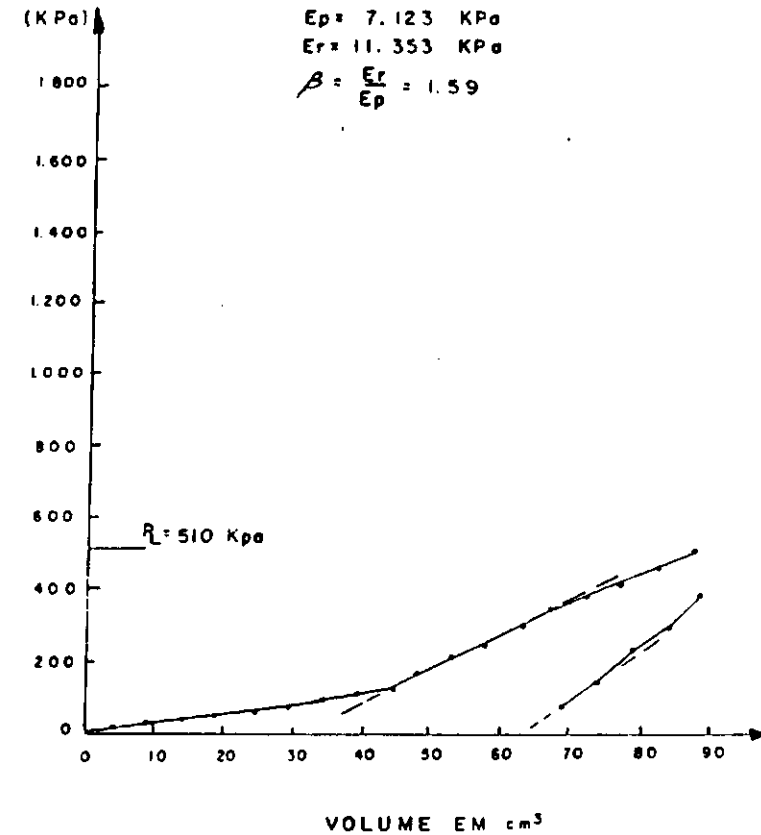
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 190 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 15 TEMPERATURA: 30°
 PROFUNDIDADE: 52 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,11 m
 UMIDADE: 6,4 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 176

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

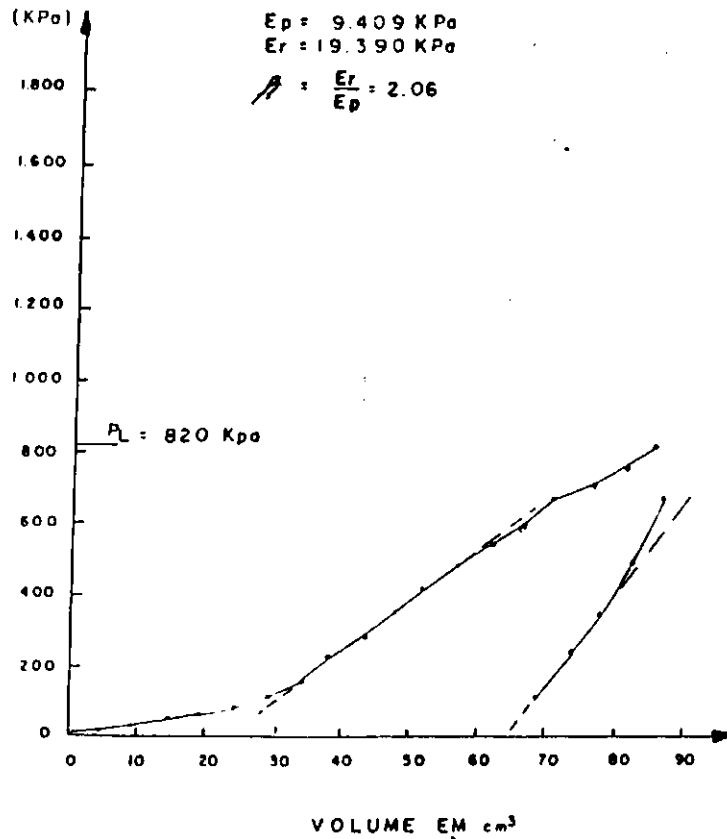
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 220 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 16 TEMPERATURA: 28°
 PROFUNDIDADE: 51,5 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,10 m
 UMIDADE: 6,4 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 177

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

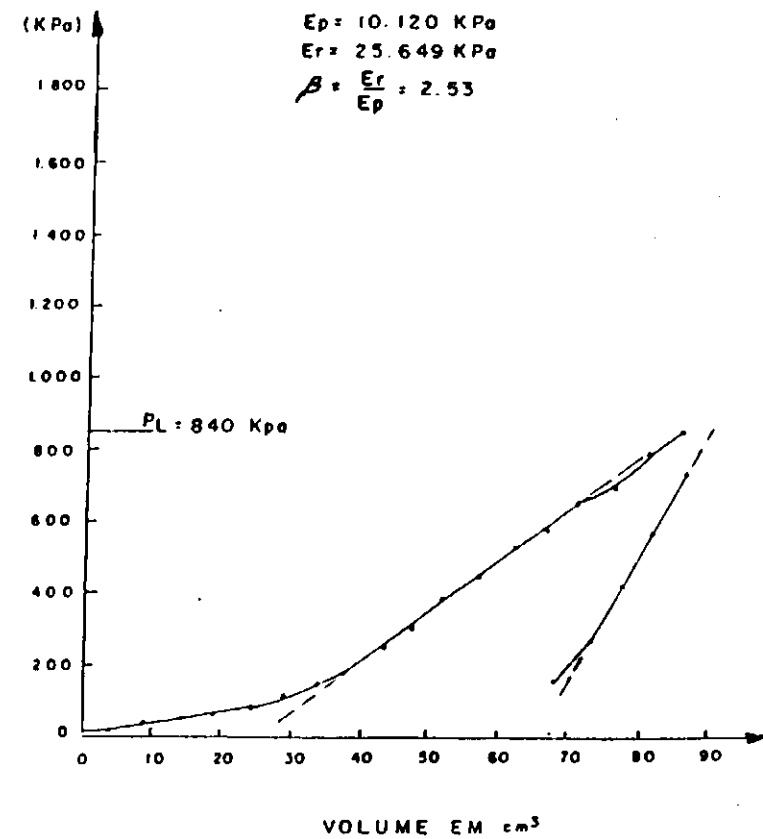
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAÚ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 250 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 17 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 52 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,11m
 UMIDADE: 6,4 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 178

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAÚ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 270 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 18 TEMPERATURA 25°
 PROFUNDIDADE: 49,5 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,08m
 UMIDADE: 4,7 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 179

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 290 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 19 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,09 m
 UMIDADE: 5,2 % CAMADA: SUB-BASE

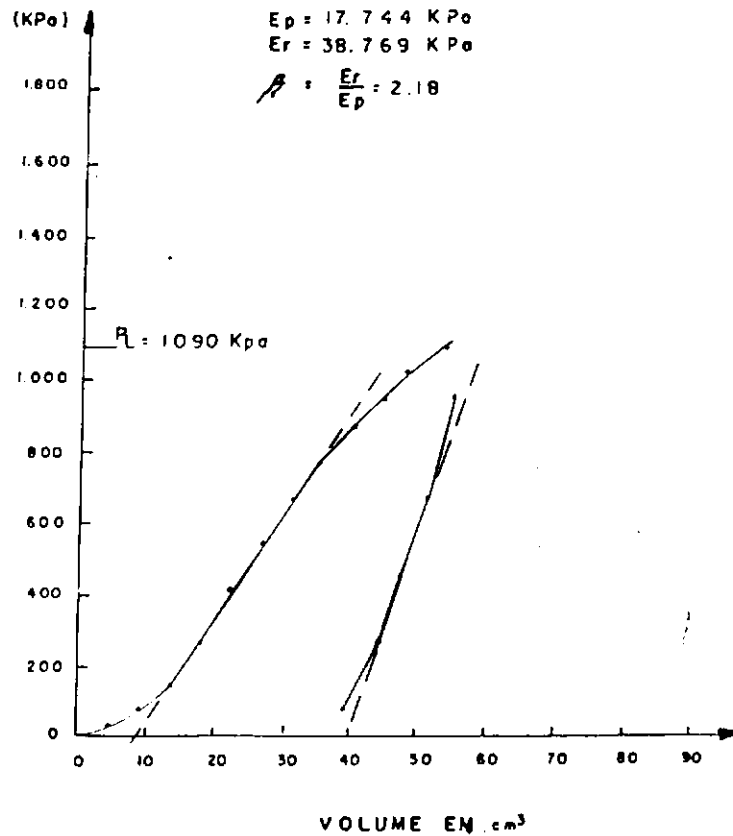


Fig. 180

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 330 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 20 TEMPERATURA 25°
 PROFUNDIDADE: 48 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,07 m
 UMIDADE: 5,8 % CAMADA: SUB-BASE

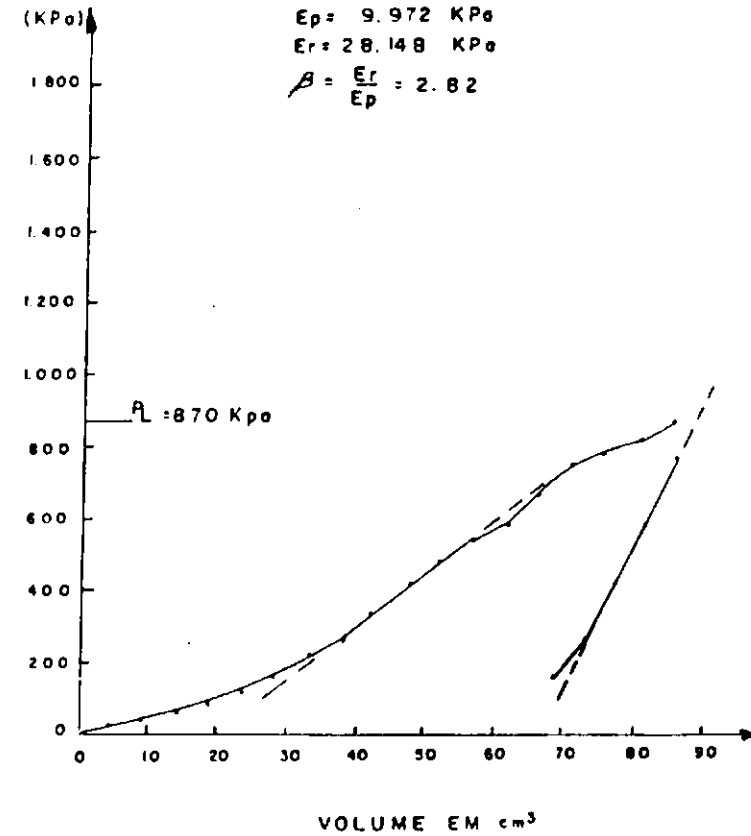
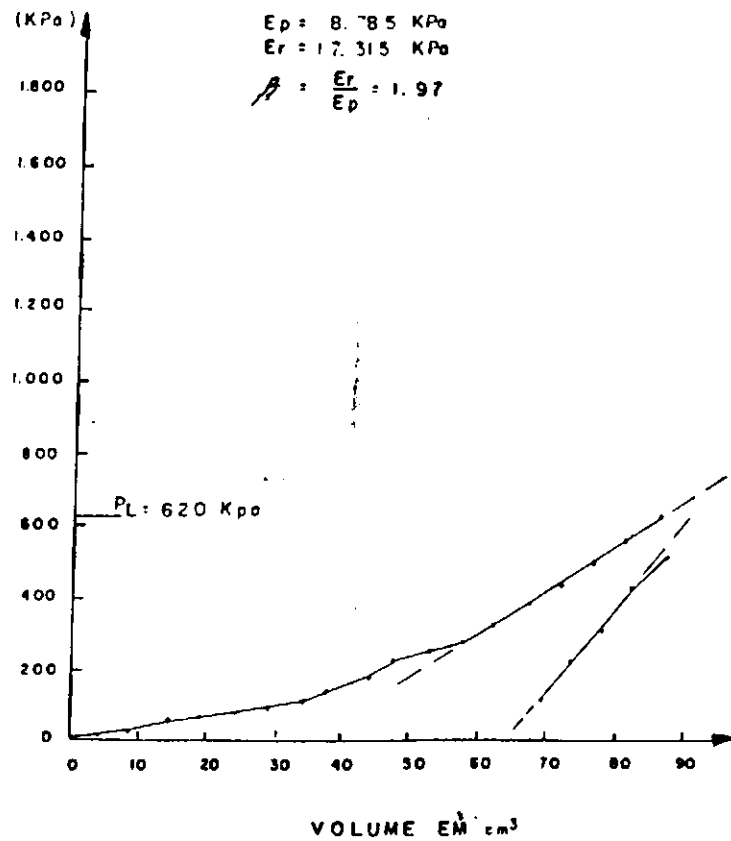


Fig. 181

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

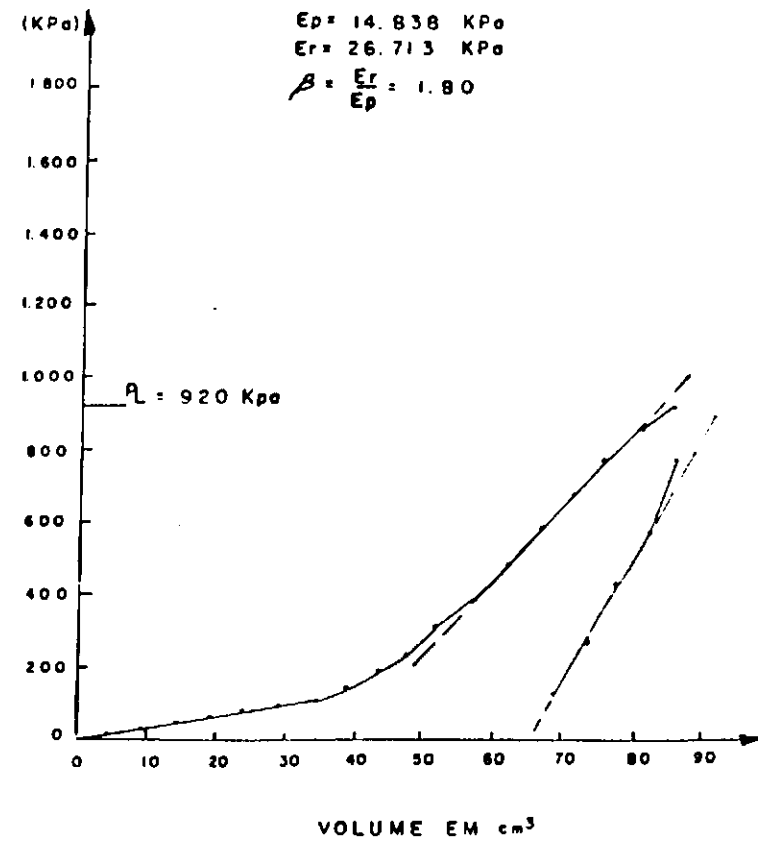
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 340 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 21 TEMPERATURA 28°
 PROFUNDIDADE: 50 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,09 m
 UMIDADE: 6,4% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 182

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

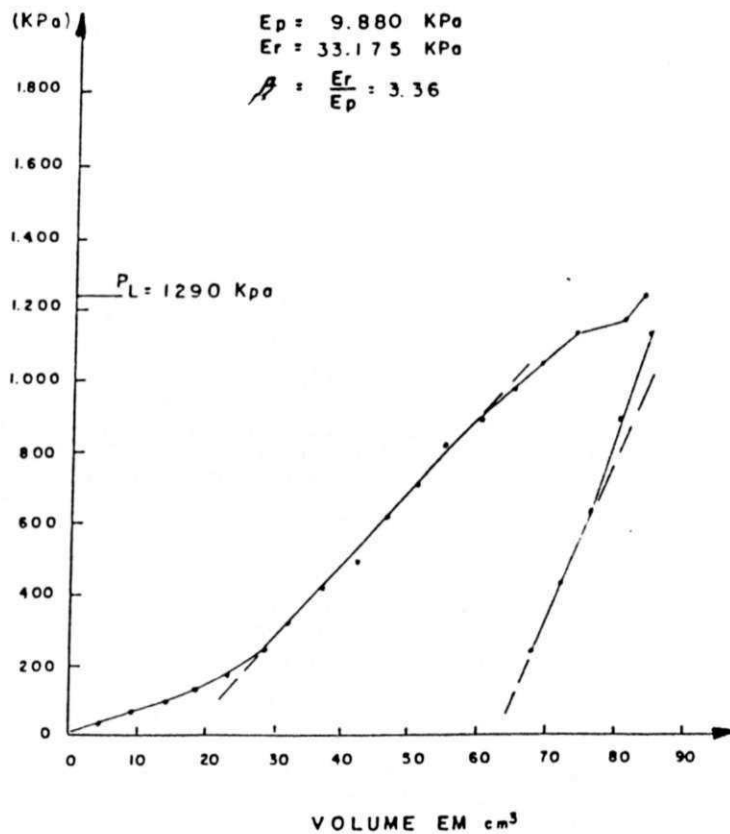
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 350 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 22 TEMPERATURA 27°
 PROFUNDIDADE: 49 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,07 m
 UMIDADE: 5,2% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 183

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

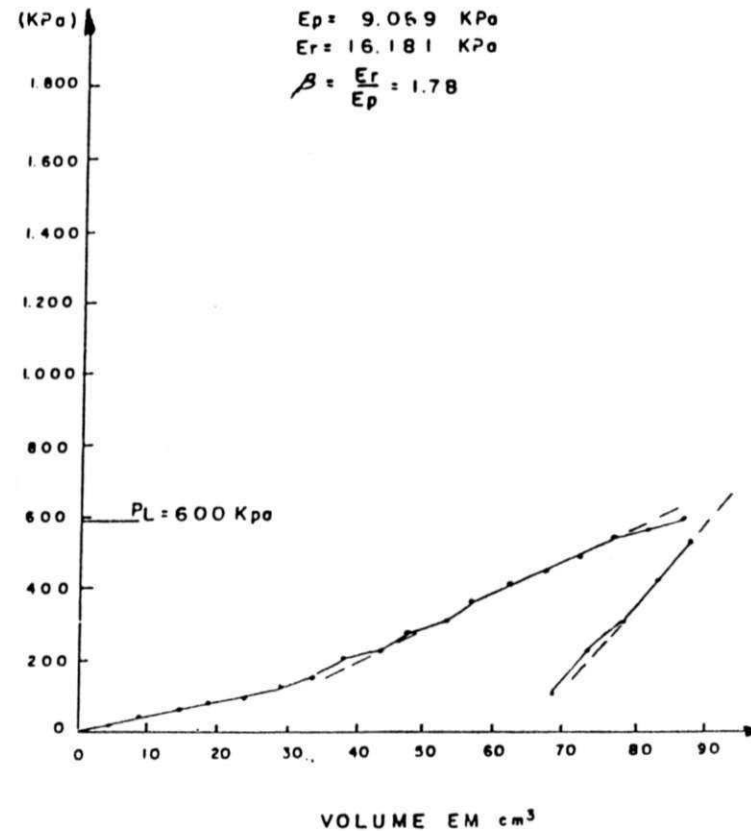
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAÚ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 360 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 23 TEMPERATURA 35°
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.09 m
 UMIDADE: 5.2% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 184

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAÚ
 LOCALIZAÇÃO: EST. 370 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 24 TEMPERATURA 35°
 PROFUNDIDADE: 50 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.09 m
 UMIDADE: 5.2% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 185

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 380 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 25 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 49 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.08 m
 UMIDADE: 4.7% CAMADA: SUB-BASE

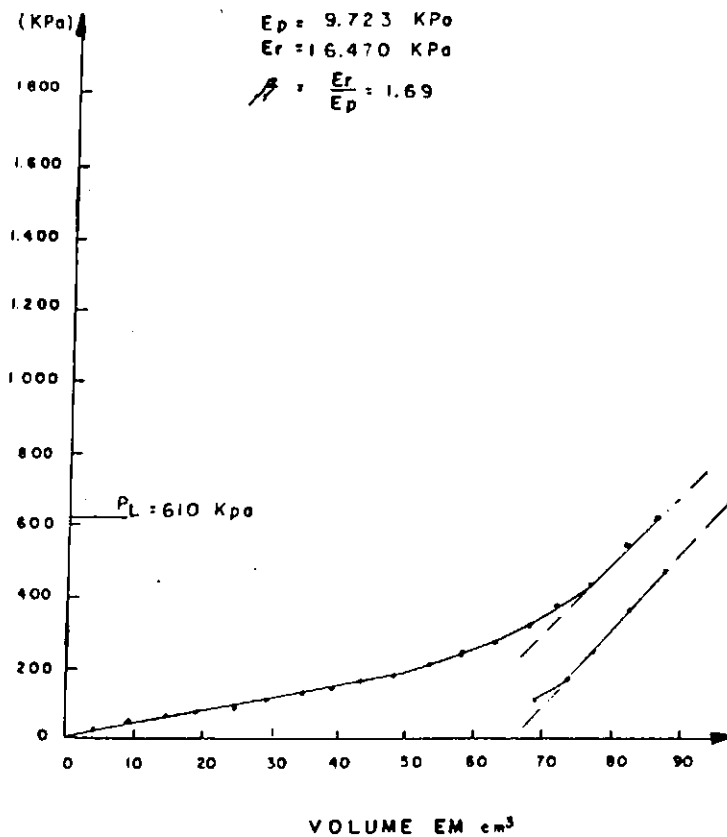


Fig. 186

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 390 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 26 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 51 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.10 m
 UMIDADE: 4.7% CAMADA: SUB-BASE

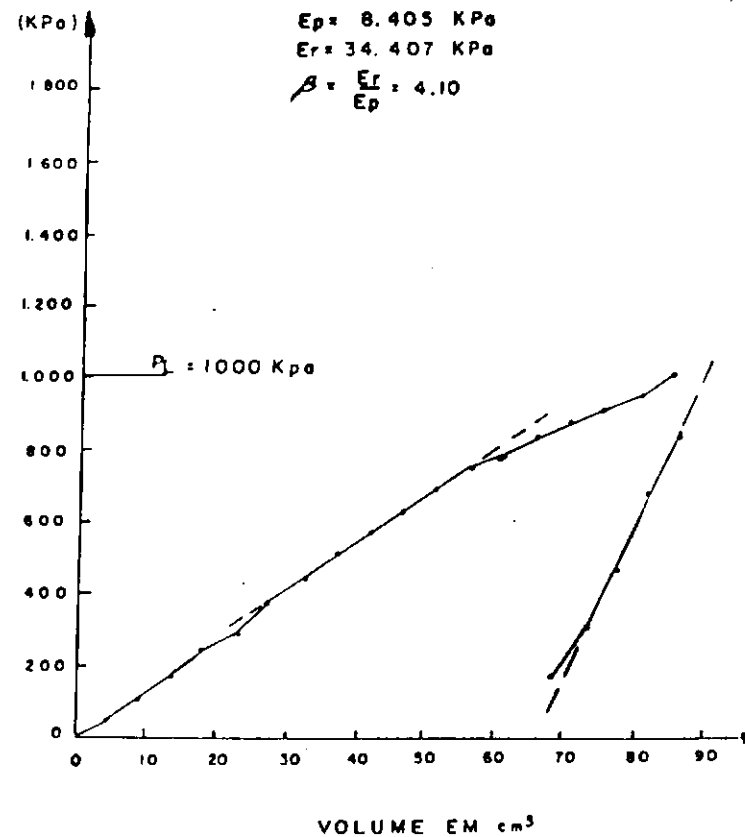
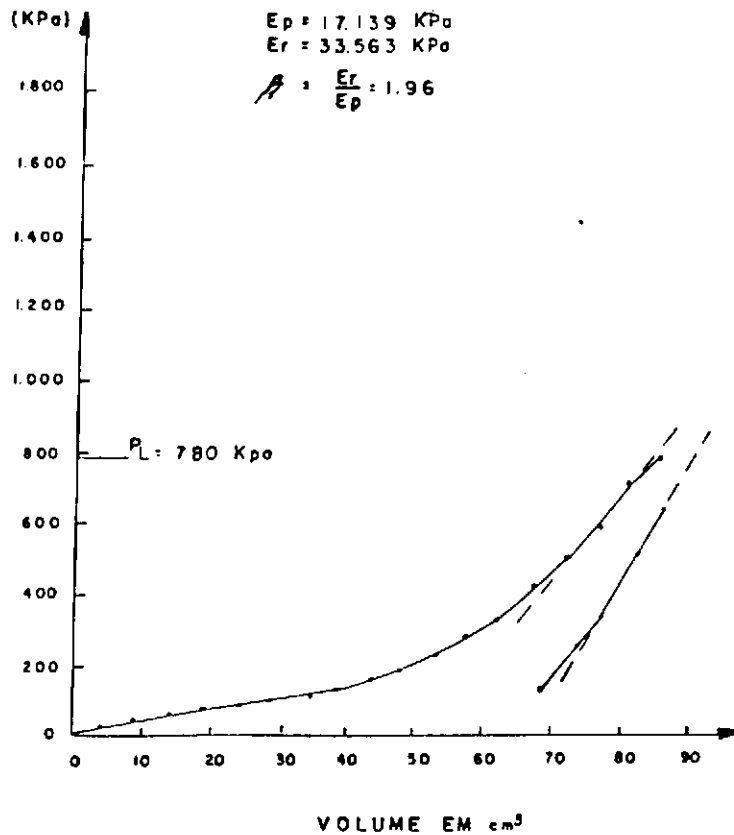


Fig. 187

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

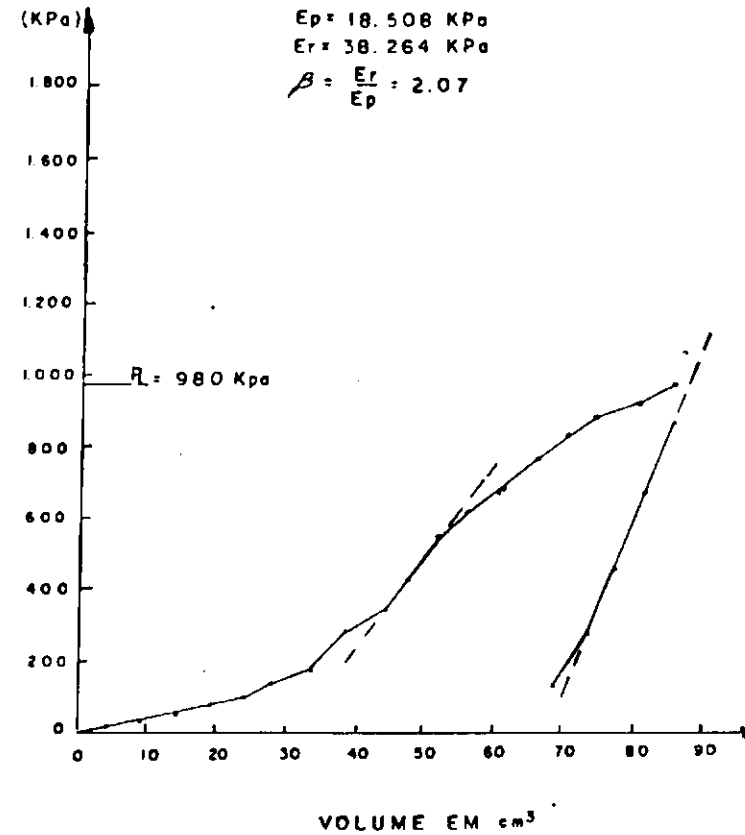
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: LI dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 400 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 27 TEMPERATURA: 33°
 PROFUNDIDADE: 48 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.07 m
 UMIDADE: 4.1 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 188

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

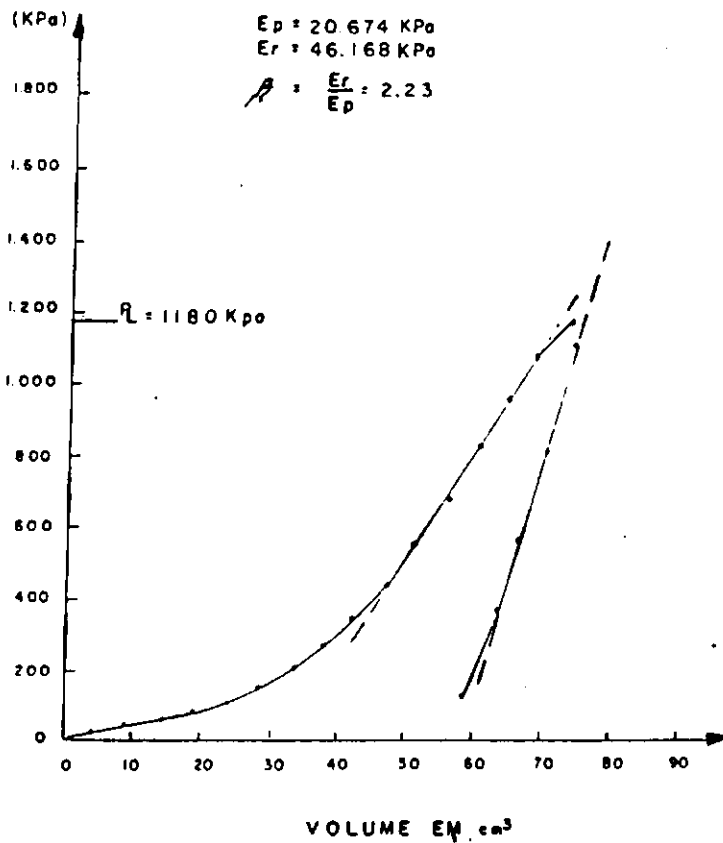
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: LI dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 410 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 28 TEMPERATURA: 24°
 PROFUNDIDADE: 52 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.10 m
 UMIDADE: 4.7 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 189

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

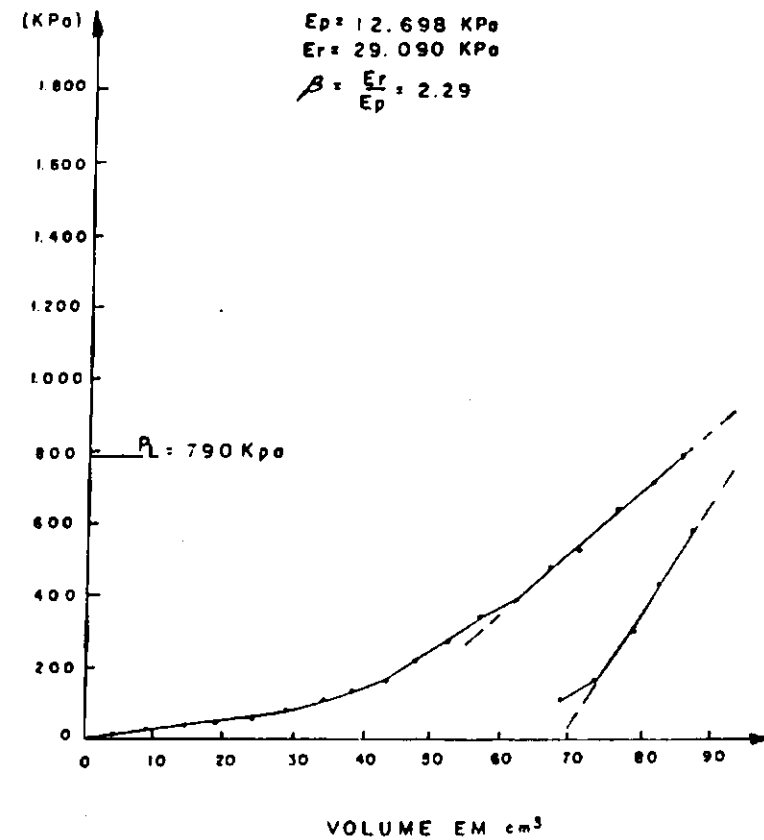
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 420 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 29 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 49 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.02 m
 UMIDADE: 5.2 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 190

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

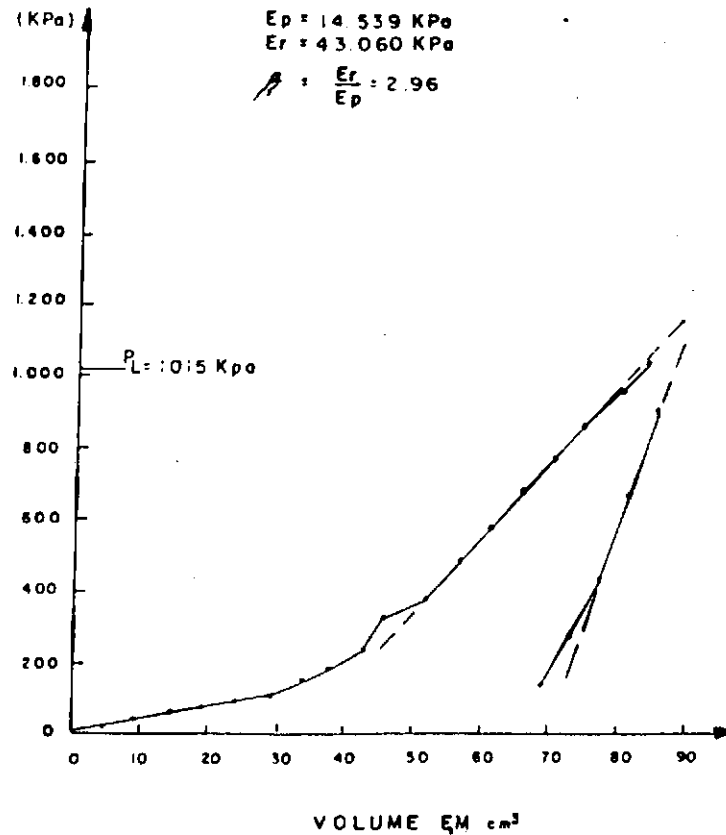
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 430 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 30 TEMPERATURA 32°
 PROFUNDIDADE: 49 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.07 m
 UMIDADE: 5.2 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 191

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

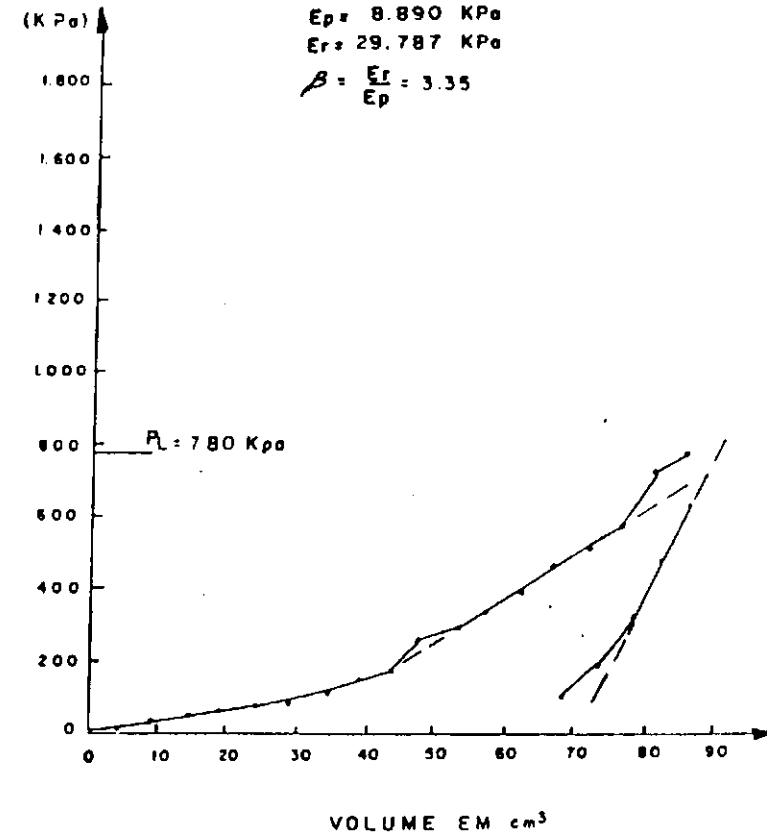
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: LI dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 440 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 31 TEMPERATURA 35°
 PROFUNDIDADE: 52 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.12 m
 UMIDADE: 5.2% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 192

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

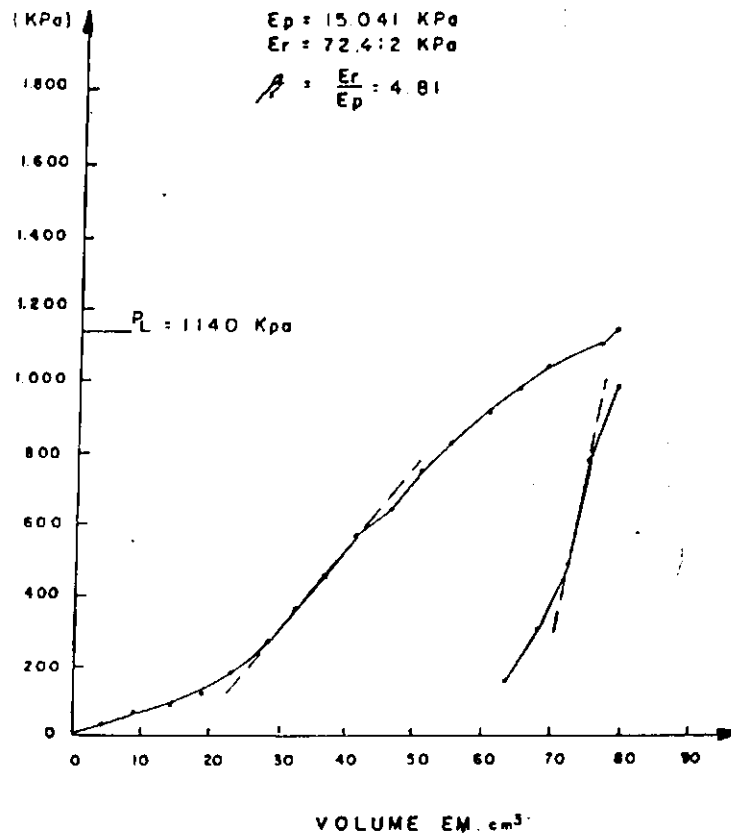
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: LI dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 450 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 32 TEMPERATURA 40°
 PROFUNDIDADE: 53 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.12 m
 UMIDADE: 4.7% CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 193

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

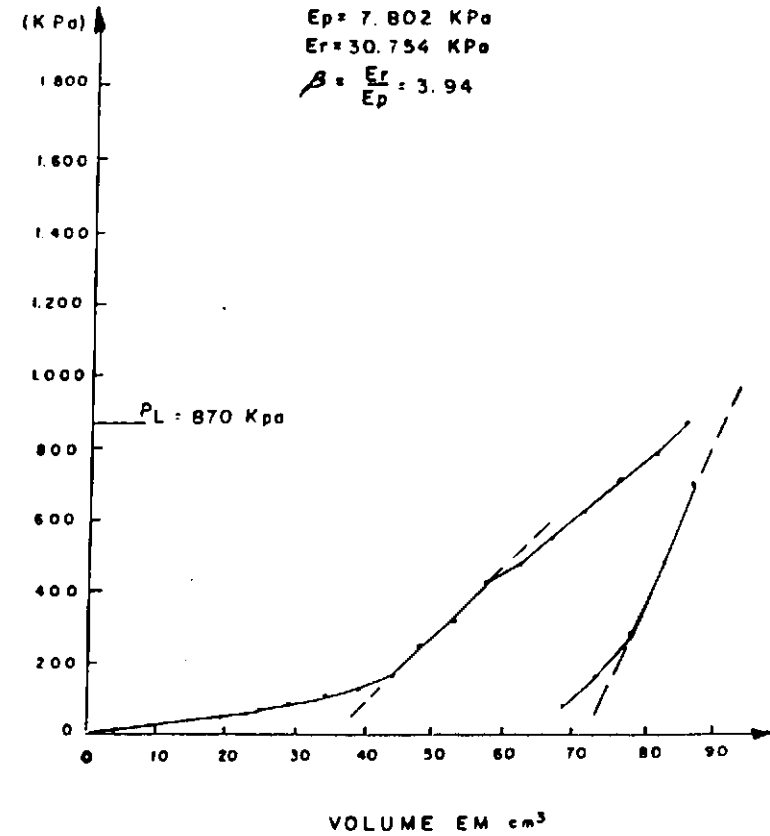
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 465 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 33 TEMPERATURA 32°
 PROFUNDIDADE: 49 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,07 m
 UMIDADE: 5,2 % CAMADA: SUB_BASE



Fig_ 194

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

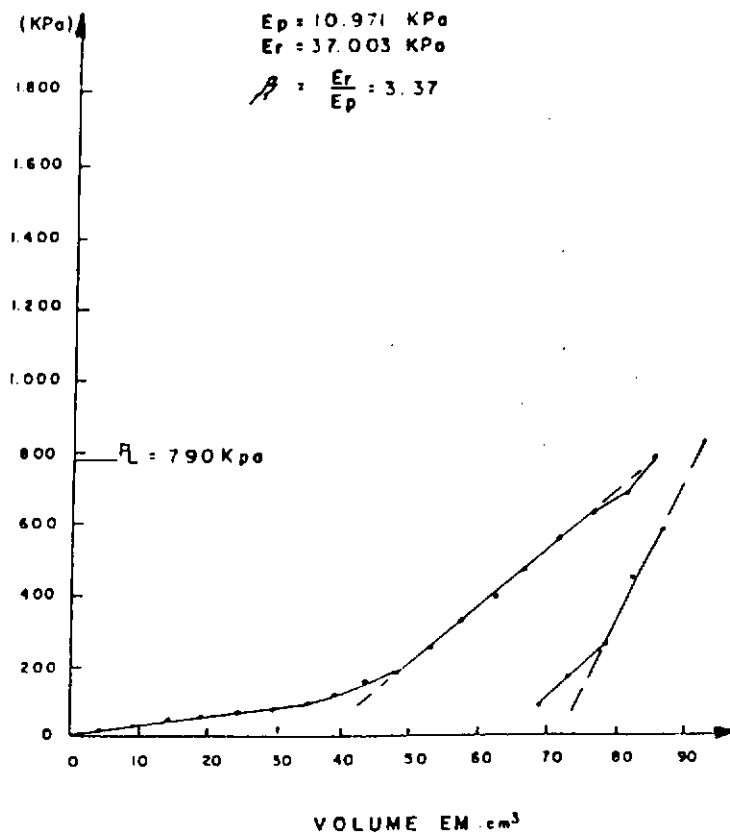
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 480 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 34 TEMPERATURA 32°
 PROFUNDIDADE: 51 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1,10 m
 UMIDADE: 5,8 % CAMADA: SUB_BASE



Fig_ 195

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

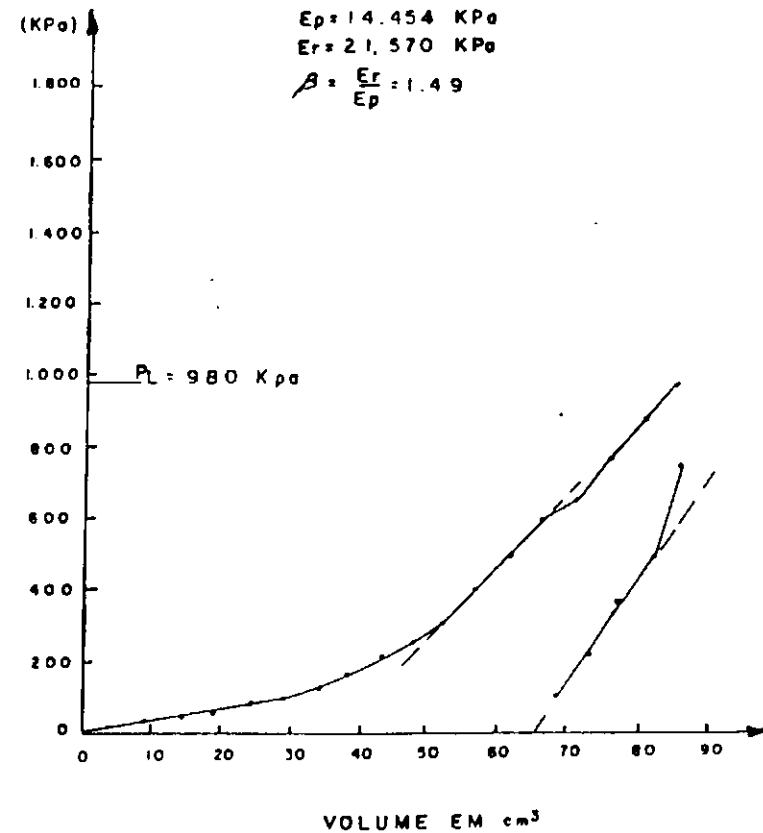
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 495 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 35 TEMPERATURA 30°
 PROFUNDIDADE: 49 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.07 m
 UMIDADE: 5.2 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 196

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

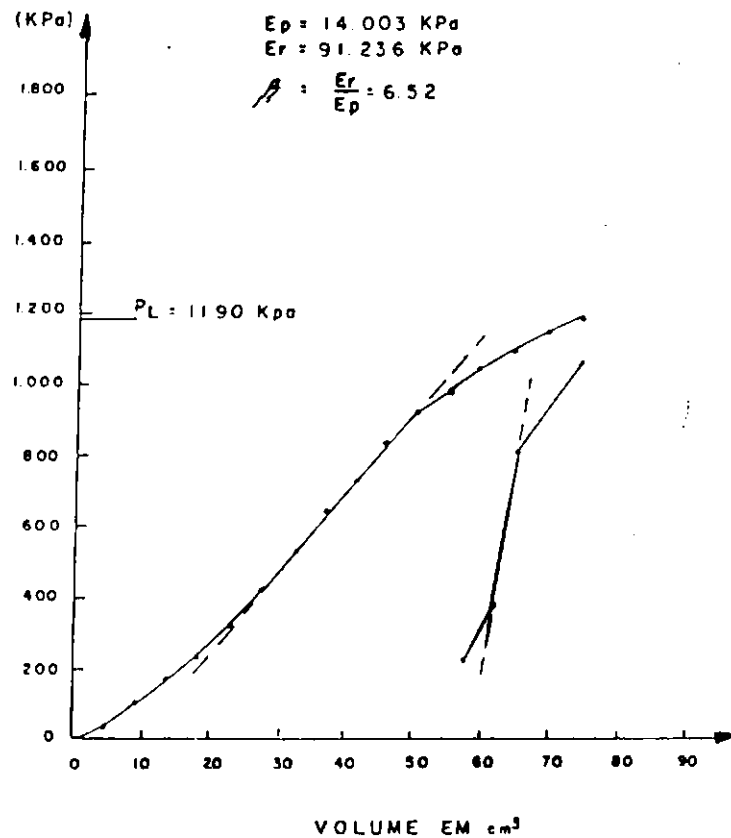
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 510 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 36 TEMPERATURA 37°
 PROFUNDIDADE: 51 cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.10 m
 UMIDADE: 5.8 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 197

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

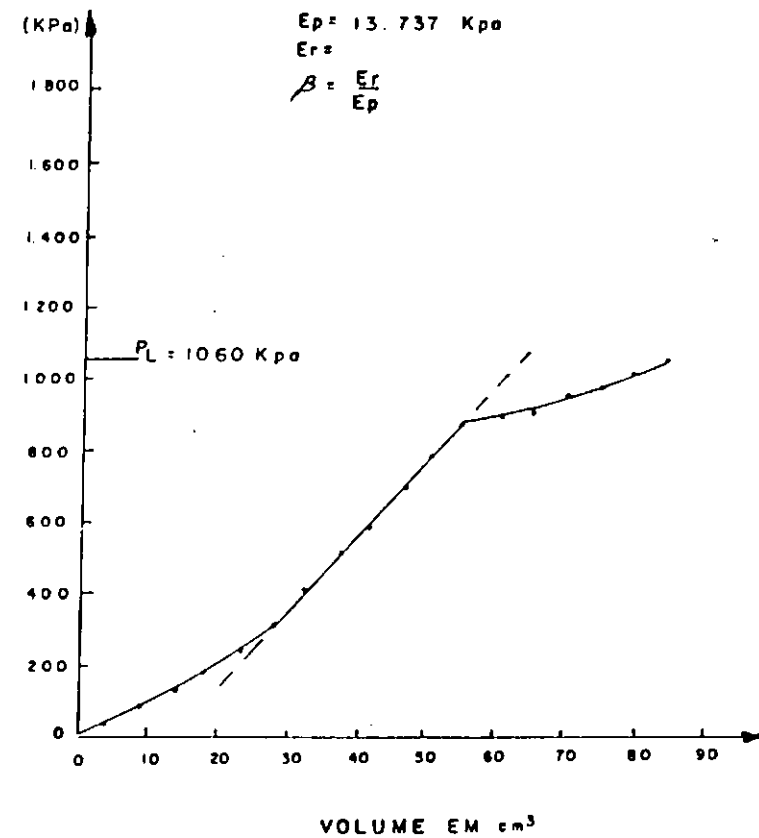
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: LI dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 525 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 37 TEMPERATURA 25°
 PROFUNDIDADE: 53 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.12 m
 UMIDADE: 5.2 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 198

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

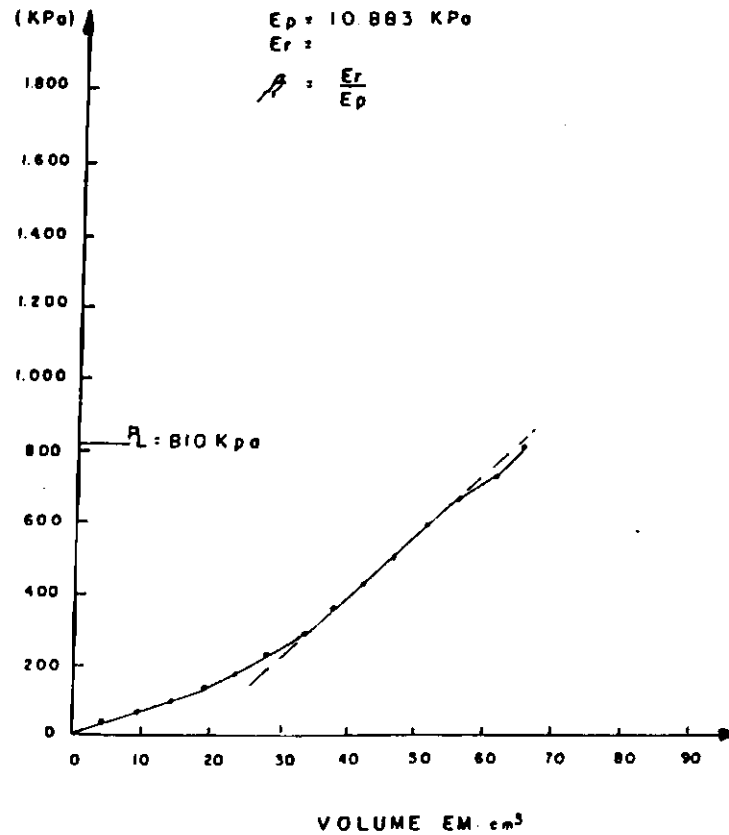
RODOVIA: AL - 205 TRECHO: LI dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 LOCALIZAÇÃO: EST. 540 TIPO DE SOLO: A - 2 - 4
 Nº DO FURO: 38 TEMPERATURA 25°
 PROFUNDIDADE: 49 Cm ALTURA HIDROSTÁTICA: 1.08 m
 UMIDADE: 5.8 % CAMADA: SUB-BASE



Fig_ 199

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

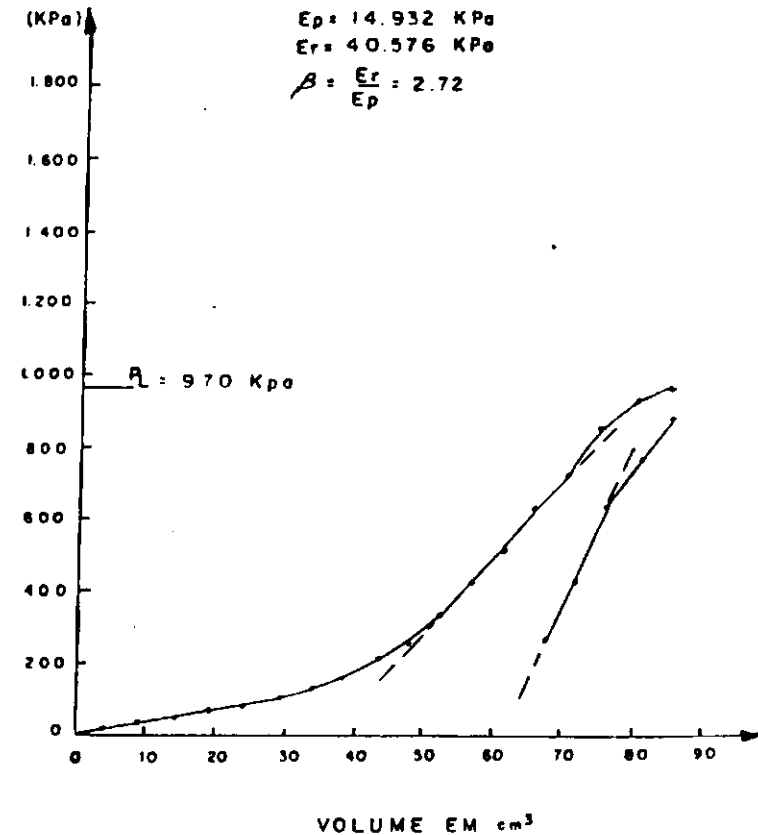
RODOVIA: <u>AL - 205</u>	TRECHO: <u>U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU</u>
LOCALIZAÇÃO: <u>EST. 555</u>	TIPO DE SOLO: <u>A - 2 - 4</u>
Nº DO FURO: <u>39</u>	TEMPERATURA: <u>30°</u>
PROFUNDIDADE: <u>50 Cm</u>	ALTURA HIDROSTÁTICA: <u>1,07 m</u>
UMIDADE: <u>6,4%</u>	CAMADA: <u>SUB-BASE</u>



Fig_ 200

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

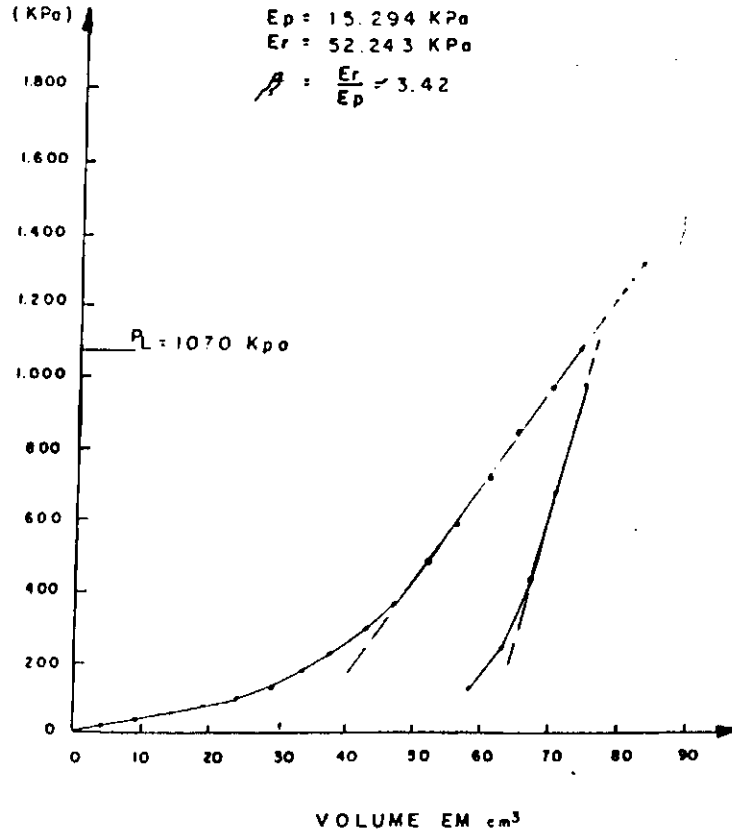
RODOVIA: <u>AL - 205</u>	TRECHO: <u>U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU</u>
LOCALIZAÇÃO: <u>EST. 570</u>	TIPO DE SOLO: <u>A - 2 - 4</u>
Nº DO FURO: <u>40</u>	TEMPERATURA: <u>34°</u>
PROFUNDIDADE: <u>44 Cm</u>	ALTURA HIDROSTÁTICA: <u>1,04 m</u>
UMIDADE: <u>5,8%</u>	CAMADA: <u>SUB-BASE</u>



Fig_ 201

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

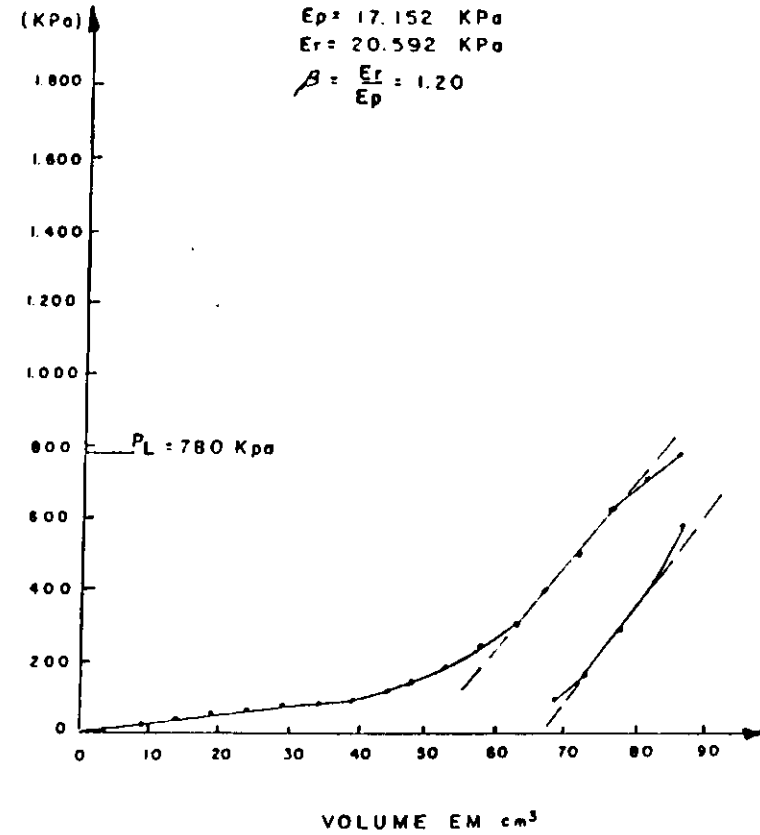
RODOVIA: <u>AL - 205</u>	TRECHO: <u>U das PALMARES - SANTANA do MUNDAU</u>
LOCALIZAÇÃO: <u>EST 585</u>	TIPO DE SOLO: <u>A - 2 - 4</u>
Nº DO FURO: <u>41</u>	TEMPERATURA: <u>33°</u>
PROFUNDIDADE: <u>44 Cm</u>	ALTURA HIDROSTÁTICA: <u>1.03 m</u>
UMIDADE: <u>5.8 %</u>	CAMADA: <u>SUB-BASE</u>



Fig_ 202

ENSAIO PRESSIOMÉTRICO

RODOVIA: <u>AL - 205</u>	TRECHO: <u>U das PALMARES - SANTANA do MUNDAU</u>
LOCALIZAÇÃO: <u>EST. 600</u>	TIPO DE SOLO: <u>A - 2 - 4</u>
Nº DO FURO: <u>42</u>	TEMPERATURA: <u>35°</u>
PROFUNDIDADE: <u>45 Cm</u>	ALTURA HIDROSTÁTICA: <u>1.05 m</u>
UMIDADE: <u>5.2 %</u>	CAMADA: <u>SUB-BASE</u>



Fig_ 203

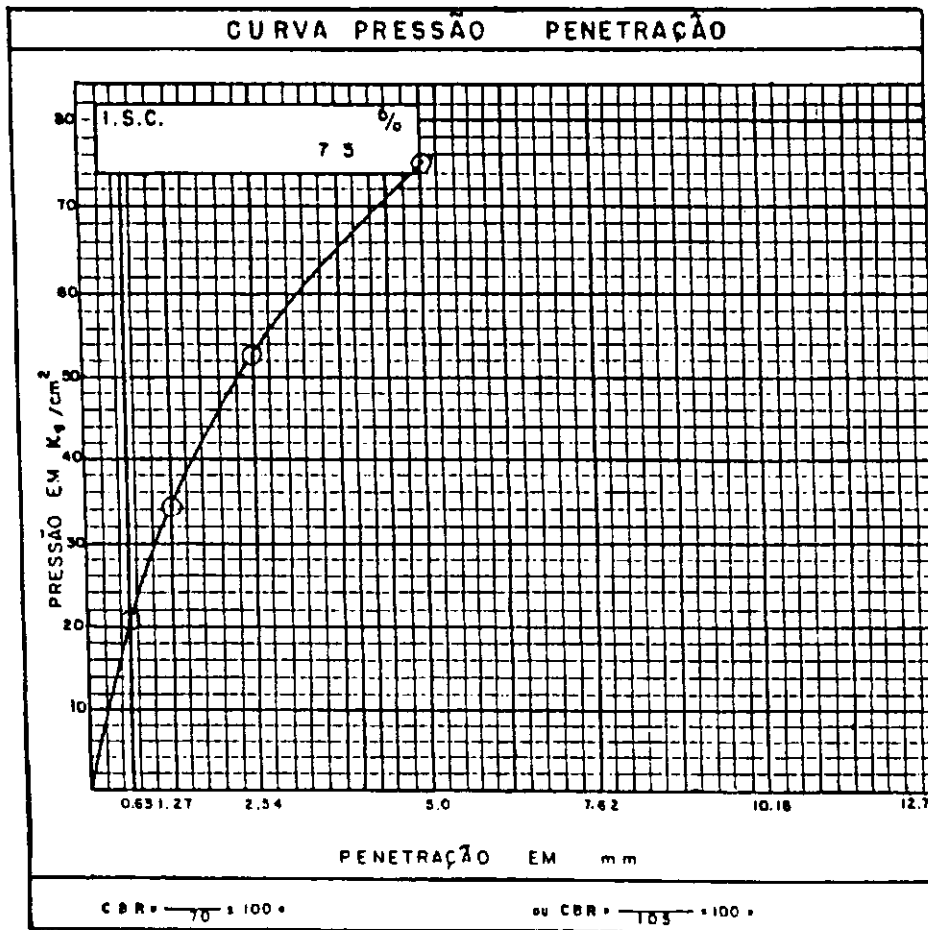
ANEXO C

RESULTADOS DOS ENSAIOS “IN SITU” NA BASE

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. das PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 01 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 0 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 7,5 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões = 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.023	0.63	92	21,37		
1 min	0.05	1.27	148	34,38		
2 min	0.1	2.54	225	52,27	70	74,82
4 min	0.2	5.00	325	75,50	105	71,90
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 20

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. das PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 02 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 15 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 7,5 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPe		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	98	22,30		
1min	0.05	1.27	134	33,77		
2min	0.1	2.54	220	51,10	70	73,00
4min	0.2	5.00	225	52,27	105	49,78
6min	0.3	7.62	—	—	123	
8min	0.4	10.16	—	—	161	
10min	0.5	12.70	—	—	182	

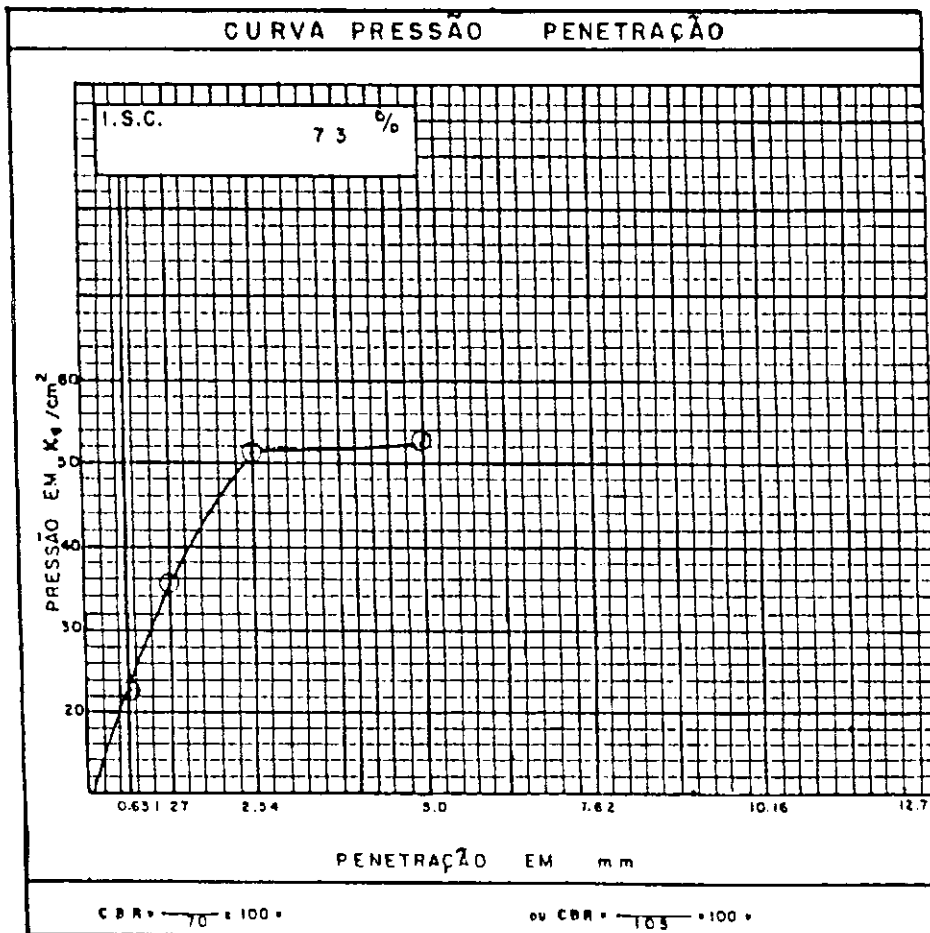


Fig. 205

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 03 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 30 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 7,5%
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	120	27,88		
1 min	0.05	1.27	188	43,67		
2 min	0.1	2.54	200	48,48	70	86,37
4 min	0.2	5.00	252	59,54	105	55,75
8 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

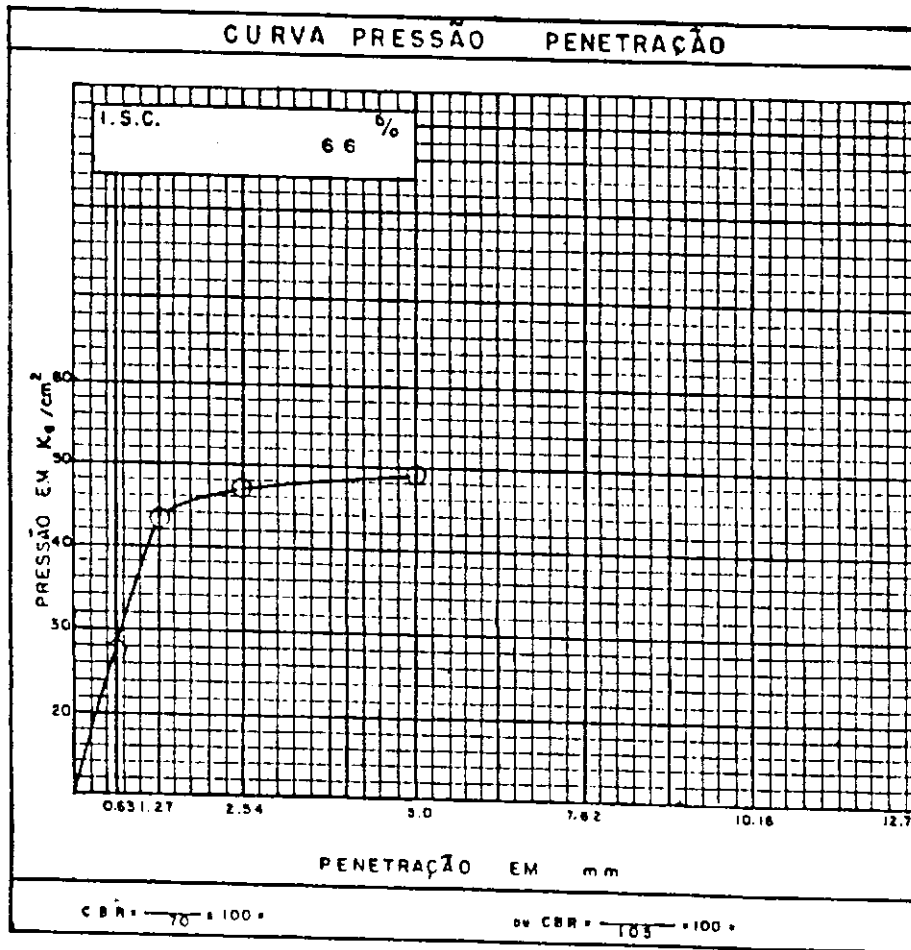
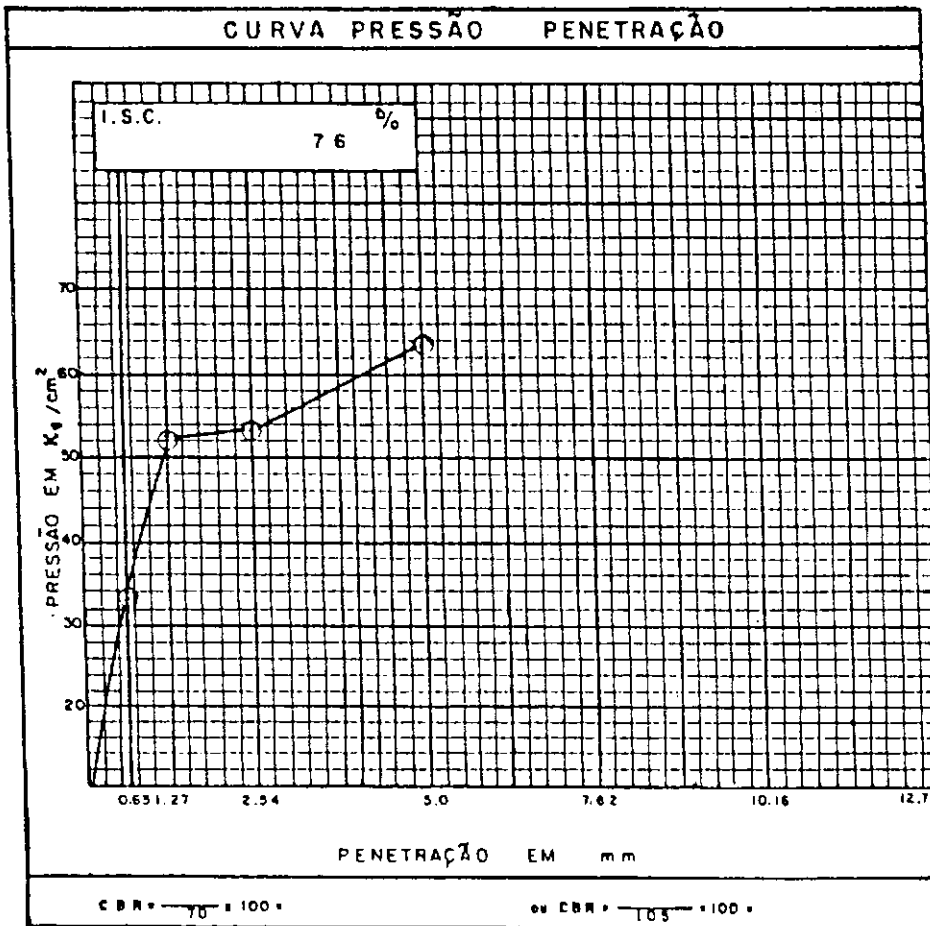


Fig. 206

GBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : L. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 04 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 60 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 6,3 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões : 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	1 4 2	3 2, 9 8		
1 min	0.05	1.27	2 2 5	5 2, 2 7		
2 min	0.1	2.54	2 3 0	5 3, 4 5	70	76,33
4 min	0.2	5.00	2 7 3	6 3, 4 2	105	80,40
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 207

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 05 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 170 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6,9%
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do menômetro	Pressões : 100 KPo		
tempo	pal.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.83	88	19,98		
1 min	0.05	1.27	140	32,52		
2 min	0.1	2.54	198	45,99	70	65,70
4 min	0.2	5.00	250	58,07	105	55,30
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

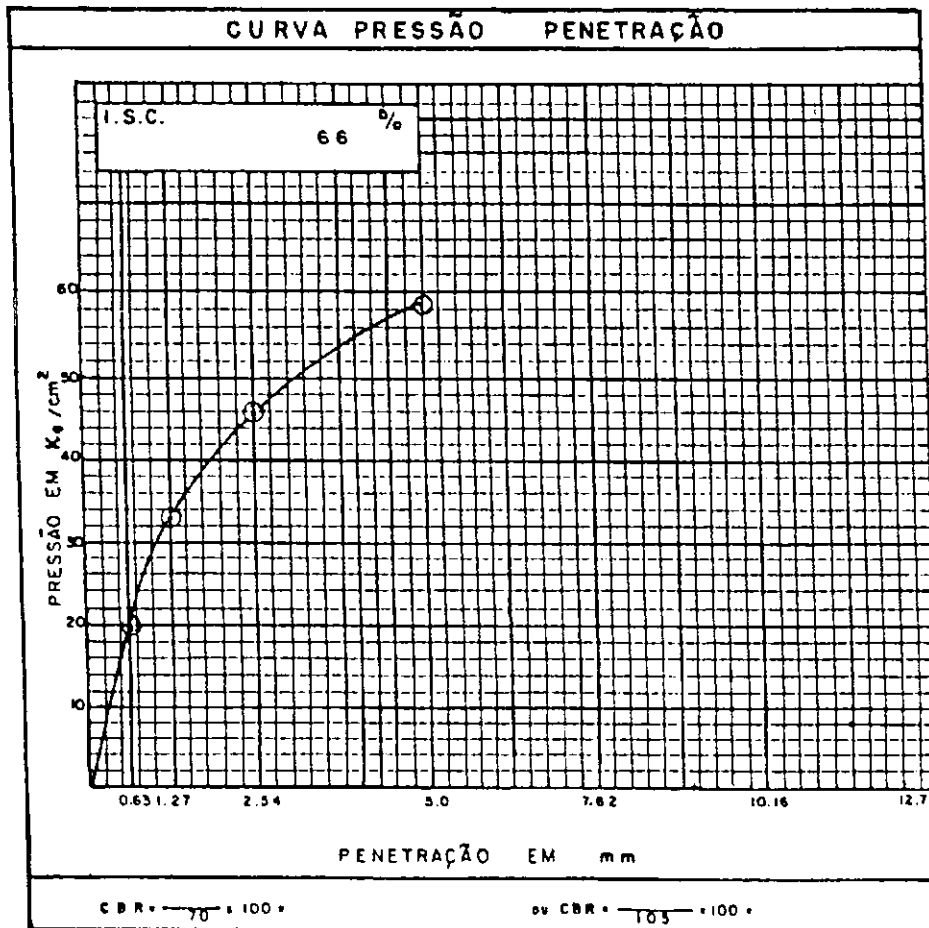
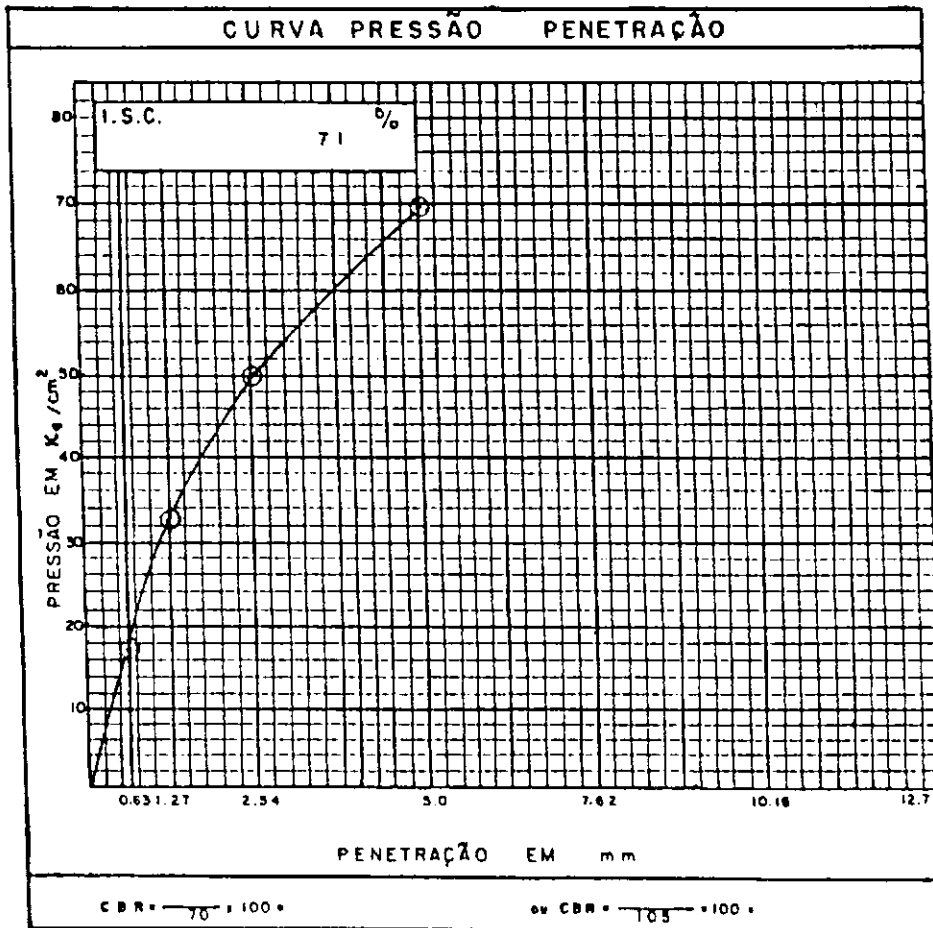


Fig. 208

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: Ul. das PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 06 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 180 Constante: 0,2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6,9 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões : 100 KPs		
tempo	pot.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0,025	0,63	7,5	17,43		
1 min	0,05	1,27	14,0	32,33		
2 min	0,1	2,54	21,5	49,94	70	71,00
4 min	0,2	5,00	30,0	69,69	105	86,00
6 min	0,3	7,62	—	—	133	
8 min	0,4	10,16	—	—	161	
10 min	0,5	12,70	—	—	182	

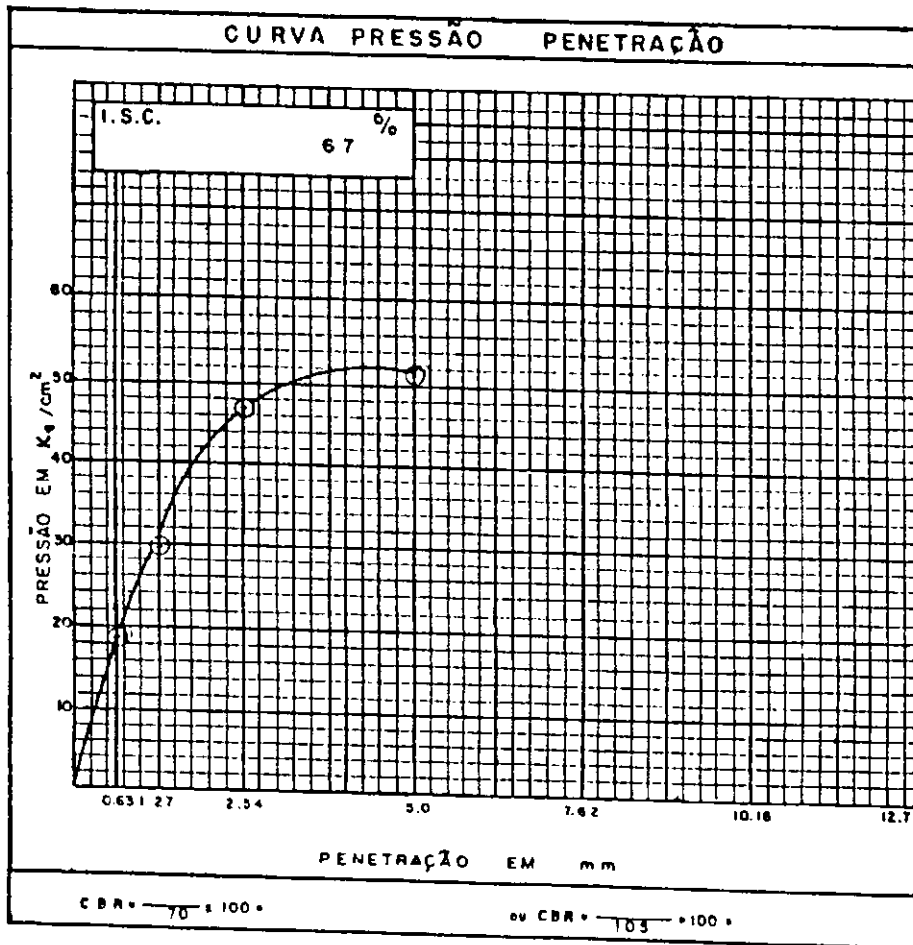


Fig_ 209

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 07 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 190 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 6,4 %
 Comodo : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do monômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	00	10,58		
1 min	0.05	1.27	128	29,73		
2 min	0.1	2.54	202	46,92	70	67,03
4 min	0.2	5.00	220	51,11	105	48,68
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

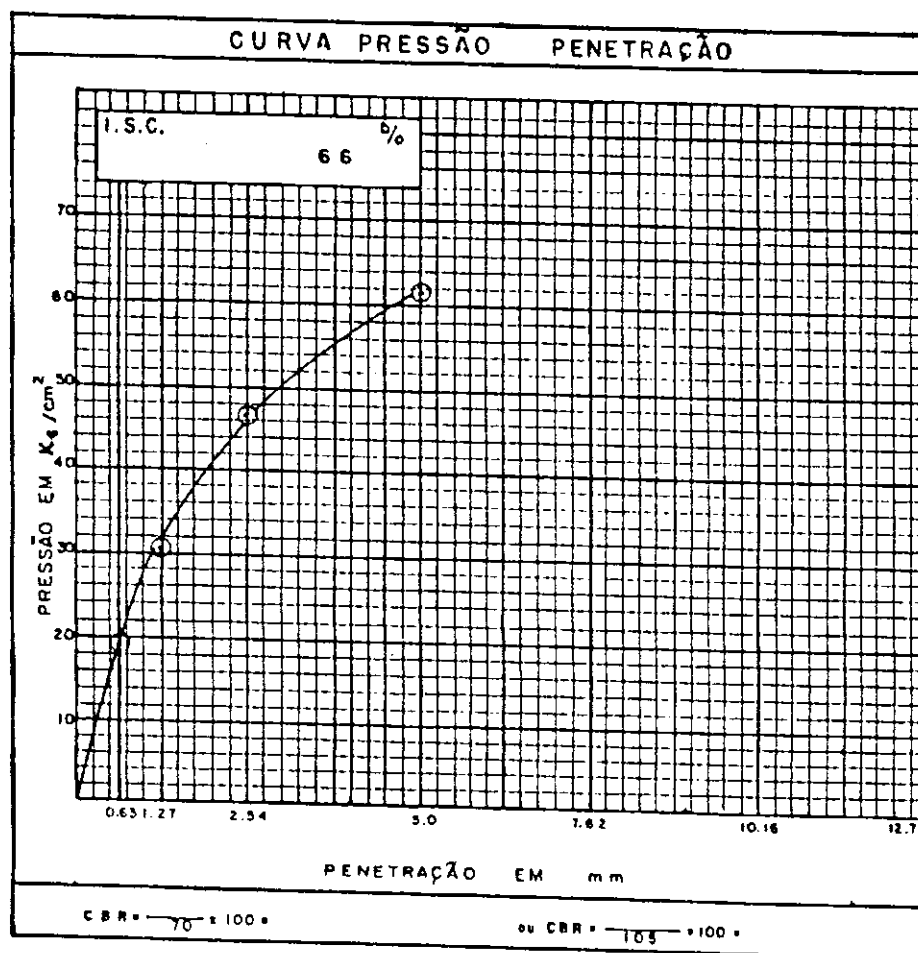


Fig_ 210

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: L. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 08 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 200 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6,4 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pot.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	82	19,05		
1 min	0.05	1.27	130	30,20		
2 min	0.1	2.54	200	48,48	70	66,37
4 min	0.2	5.00	265	61,58	105	41,04
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 2 1 1

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trécho : LIQUORAL MARE-SANTANA DO MUNDAU
 Registro : 09 Classificação : FALXA "F"
 Localização : EST. 210 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Unidade : 7,5 %
 Camada : BASE

Penetração		Leitura de manômetro		Pressões x 100 Kps		
tempo	pol.	mm	data/minuto	pressão	%	
30 s	0,025	0,63	9 0	20,91		
1min	0,05	1,27	17 2	39,98		
2min	0,1	2,54	27 0	67,72	70	98,74
4min	0,2	5,00	33 5	77,82	105	79,11
8min	0,5	7,62	—	—	133	
8min	0,4	10,16	—	—	161	
10min	0,5	12,70	—	—	182	

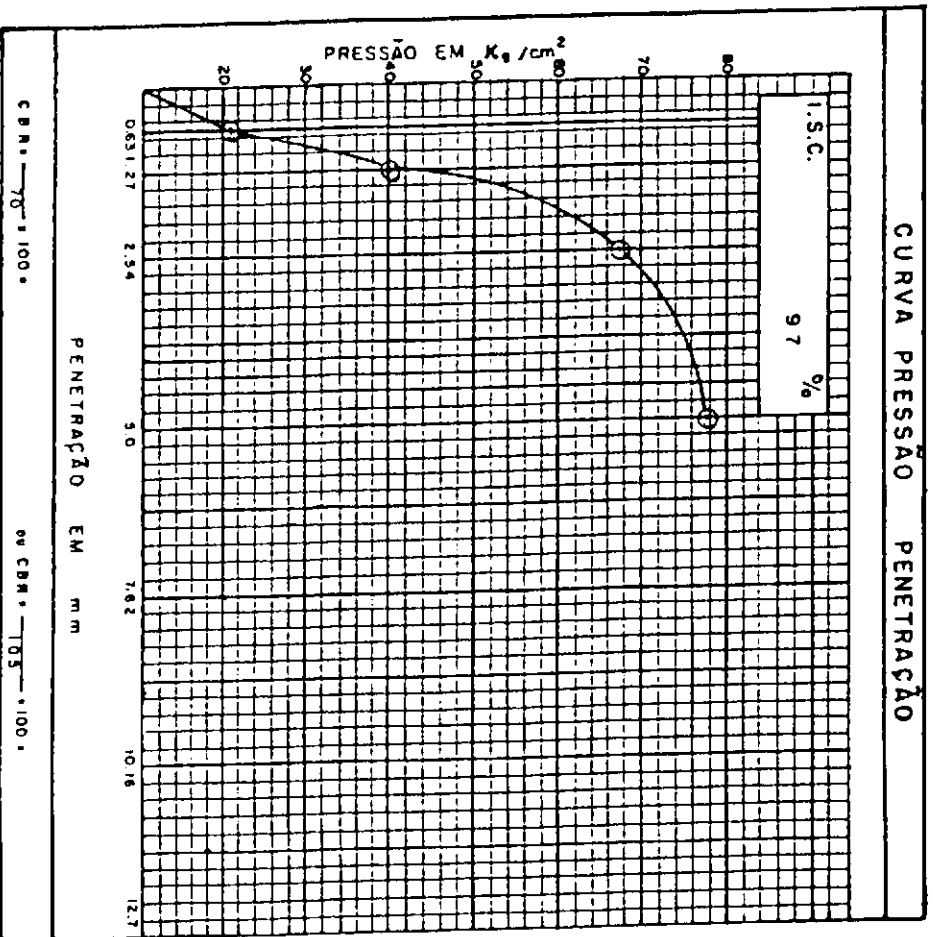
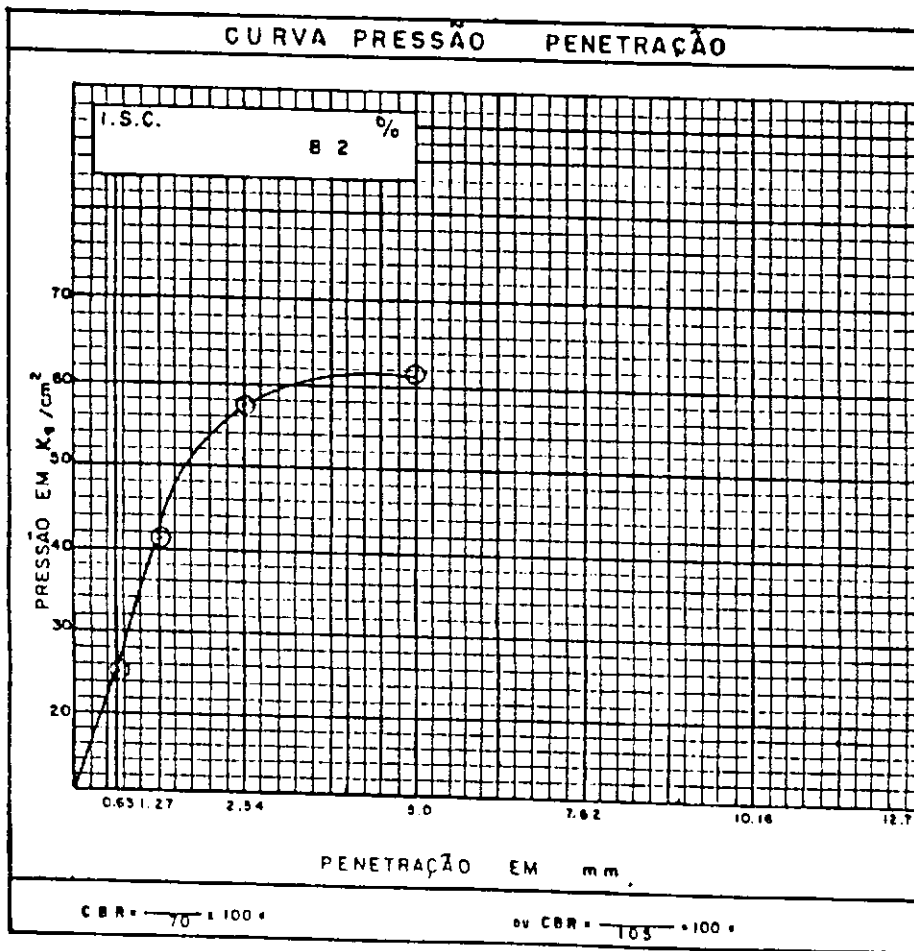


Fig. 212

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: L. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 10 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 220 Constante: 0,2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 8,1 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pól.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	110	25,33		
1min	0.05	1.27	180	41,81		
2min	0.1	2.34	248	57,81	70	82,30
4min	0.2	5.00	285	81,38	105	58,63
6min	0.3	7.62	—	—	133	
8min	0.4	10.16	—	—	161	
10min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 213

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 11 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 230 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 8,7%
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPe		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	100	23,23		
1 min	0.05	1.27	195	45,30		
2 min	0.1	2.54	230	53,43	70	76,53
4 min	0.2	5.00	280	65,04	105	81,95
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

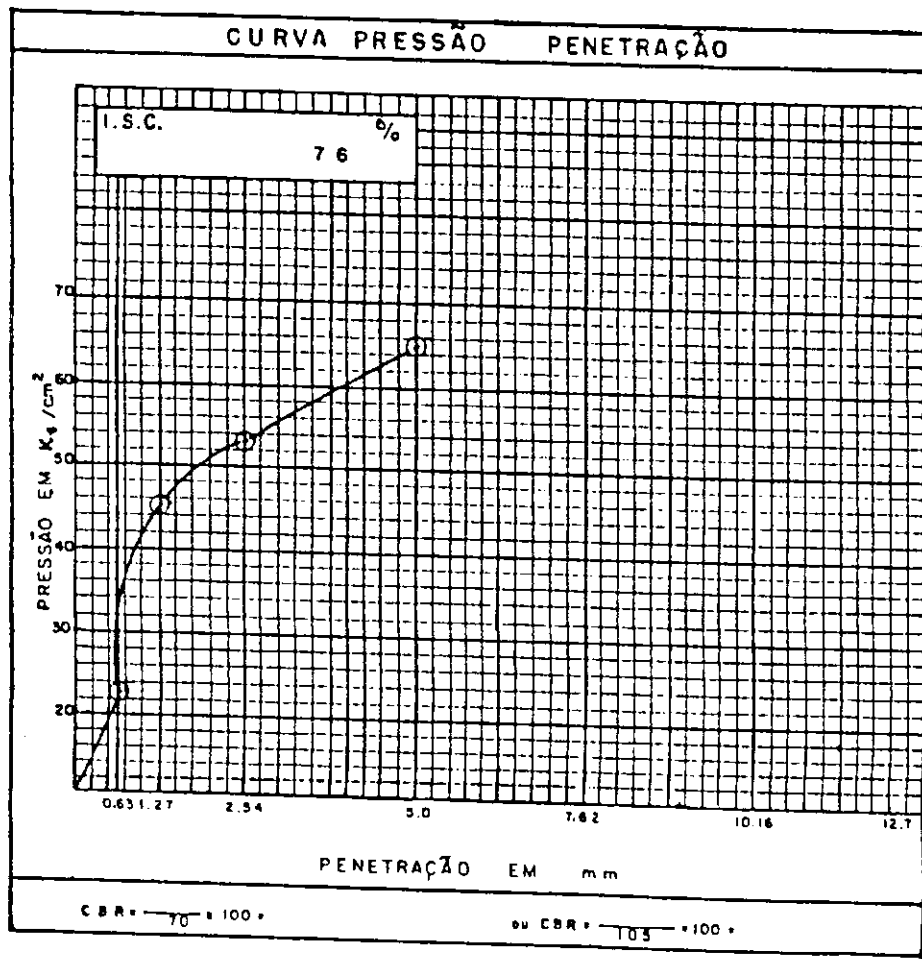


Fig. 214

GBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. das PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 12 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 240 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 8,7 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPo		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	110	23,33		
1min	0.05	1.27	170	38,49		
2min	0.1	2.54	250	58,08	70	82,97
4min	0.2	5.00	270	62,72	105	89,74
6min	0.3	7.62	—	—	133	
8min	0.4	10.16	—	—	161	
10min	0.5	12.70	—	—	182	

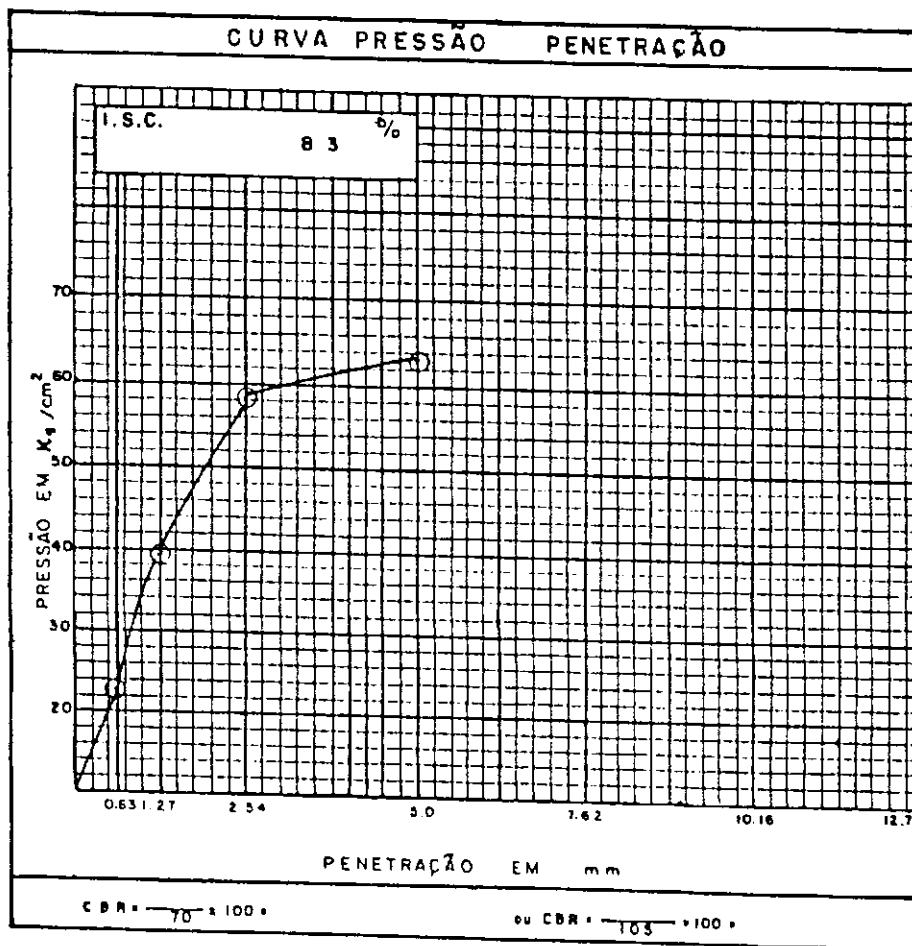


Fig. 215

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 13 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 250 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 8.7 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.023	0.63	120	27,88		
1min	0.05	1.27	195	45,30		
2min	0.1	2.54	278	64,58	70	92,23
4min	0.2	5.00	325	75,30	105	71,90
8min	0.3	7.62	—	—	123	
8min	0.4	10.16	—	—	161	
10min	0.5	12.70	—	—	182	

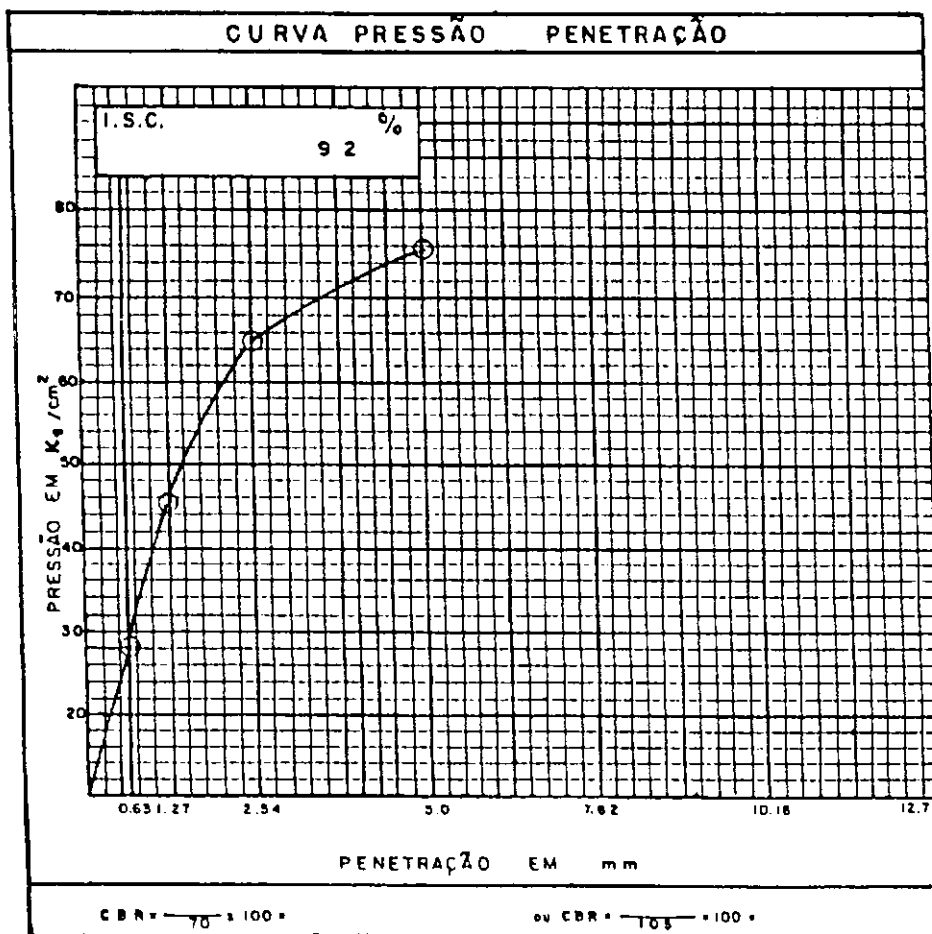


Fig. 216

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêço: LI. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 14 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 260 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 9,7 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	1 2 0	2 7, 8 8		
1 min	0.05	1.27	2 1 0	4 8, 7 8		
2 min	0.1	2.54	2 9 0	6 7, 3 7	70	96.24
4 min	0.2	5.00	3 2 0	7 4, 3 4	105	70.80
6 min	0.3	7.62	—	—	123	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

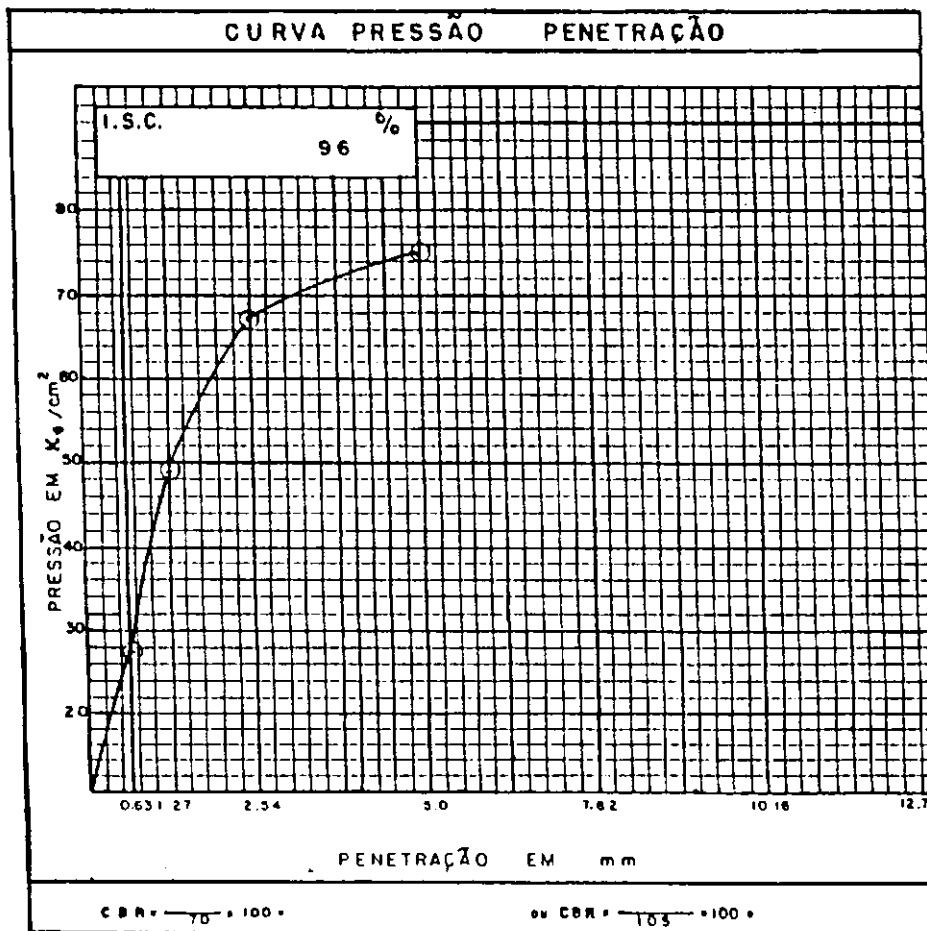
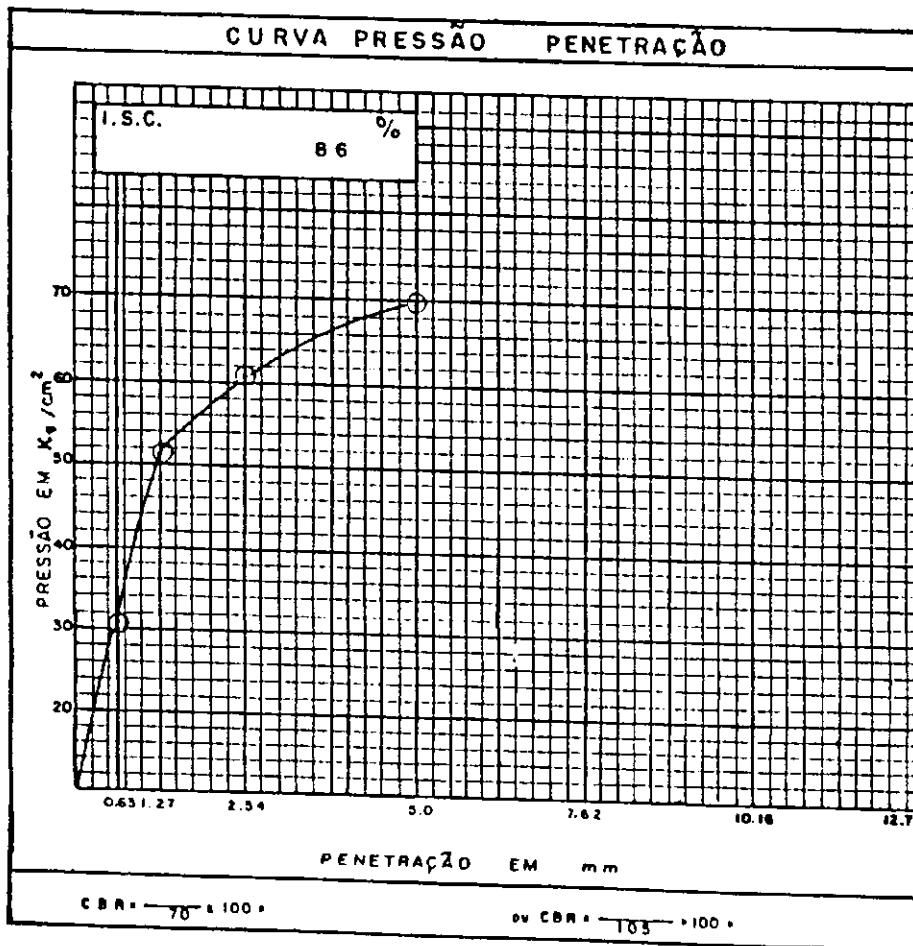


Fig. 217

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 15 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 270 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 8,1 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões ≥ 100 KPo		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	132	30,66		
1 min	0.05	1.27	220	51,11		
2 min	0.1	2.54	260	80,40	70	86,28
4 min	0.2	5.00	300	69,69	105	66,37
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 218

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: LI. dos PALMARES - SANTANA do MUNDALI
 Registro: 16 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 280 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 8,1%
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.023	0.63	95	22,07		
1 min	0.05	1.27	157	36,47		
2 min	0.1	2.54	235	54,59	70	77,98
4 min	0.2	5.00	245	56,91	105	54,20
8 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

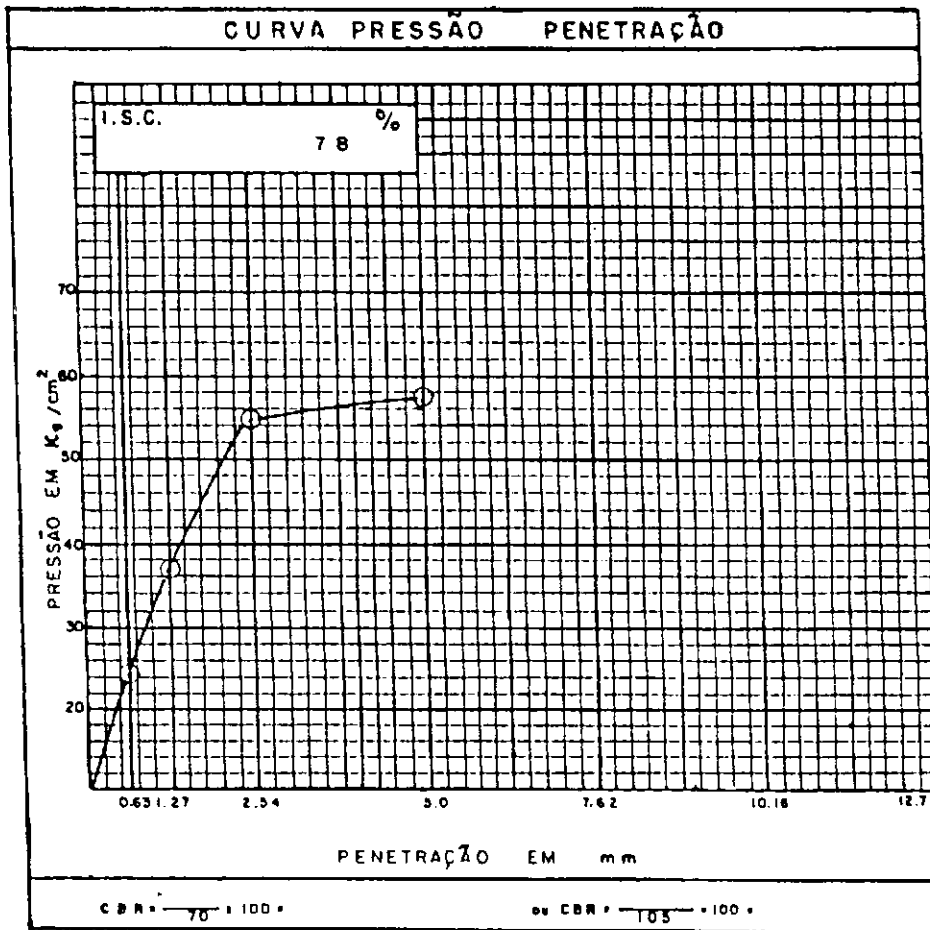


Fig. 219

GBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trécho: U. das PALMARES-SANTANA do MUNDAÚ
 Registro: 17 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 290 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6,9 %
 Comodo: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	102	23,89		
1 min	0.05	1.27	198	45,99		
2 min	0.1	2.54	298	69,23	70	98,90
4 min	0.2	5.00	310	72,01	105	88,58
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

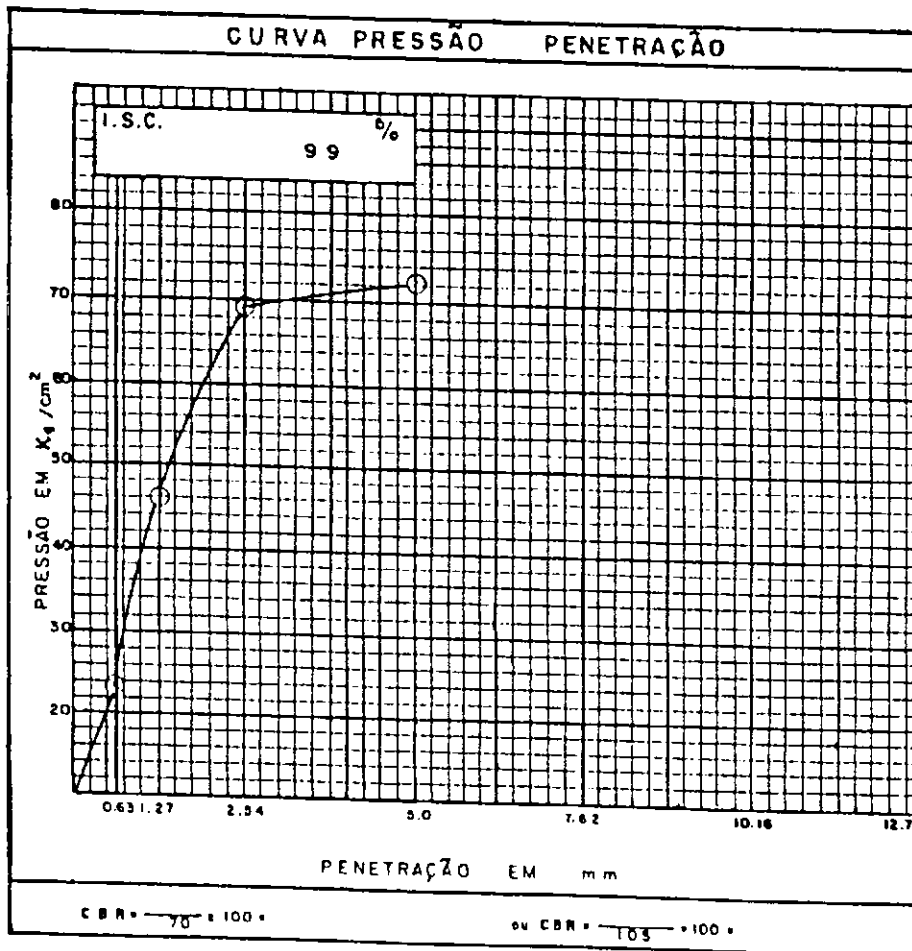


Fig. 220

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêço: U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 18 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 300 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6.9 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	120	27.88		
1 min	0.05	1.27	195	45.30		
2 min	0.1	2.54	240	55.75	70	79.60
4 min	0.2	5.00	280	65.04	105	61.93
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

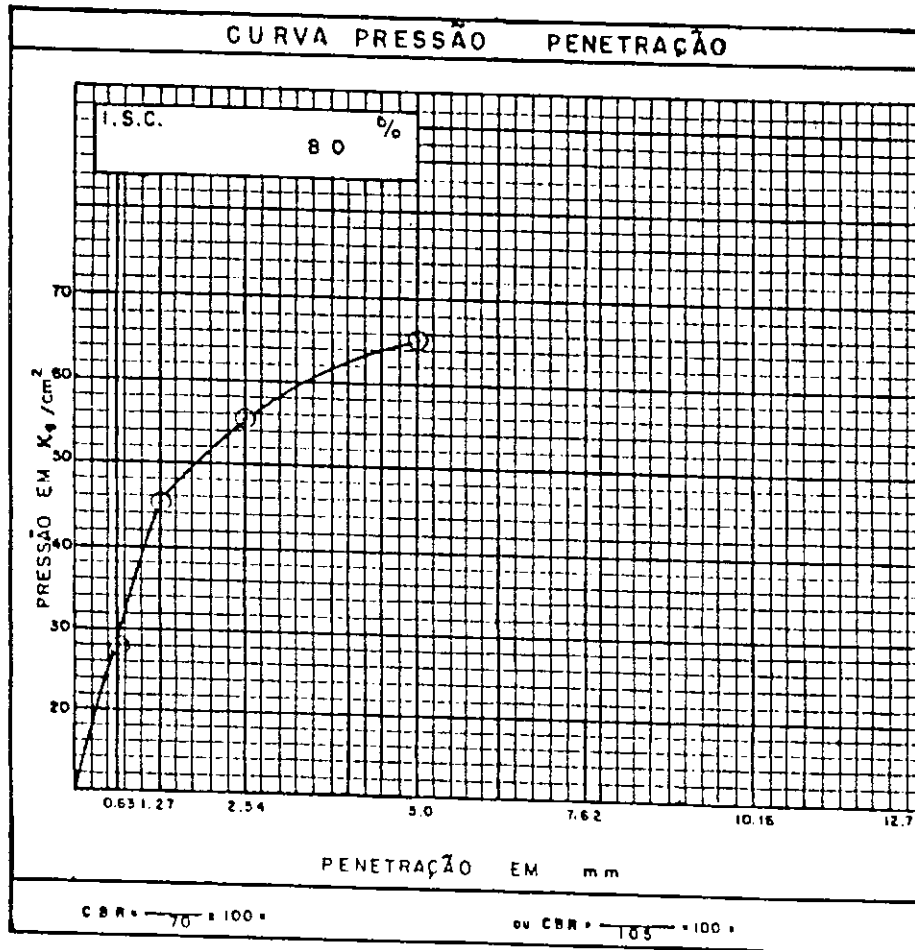
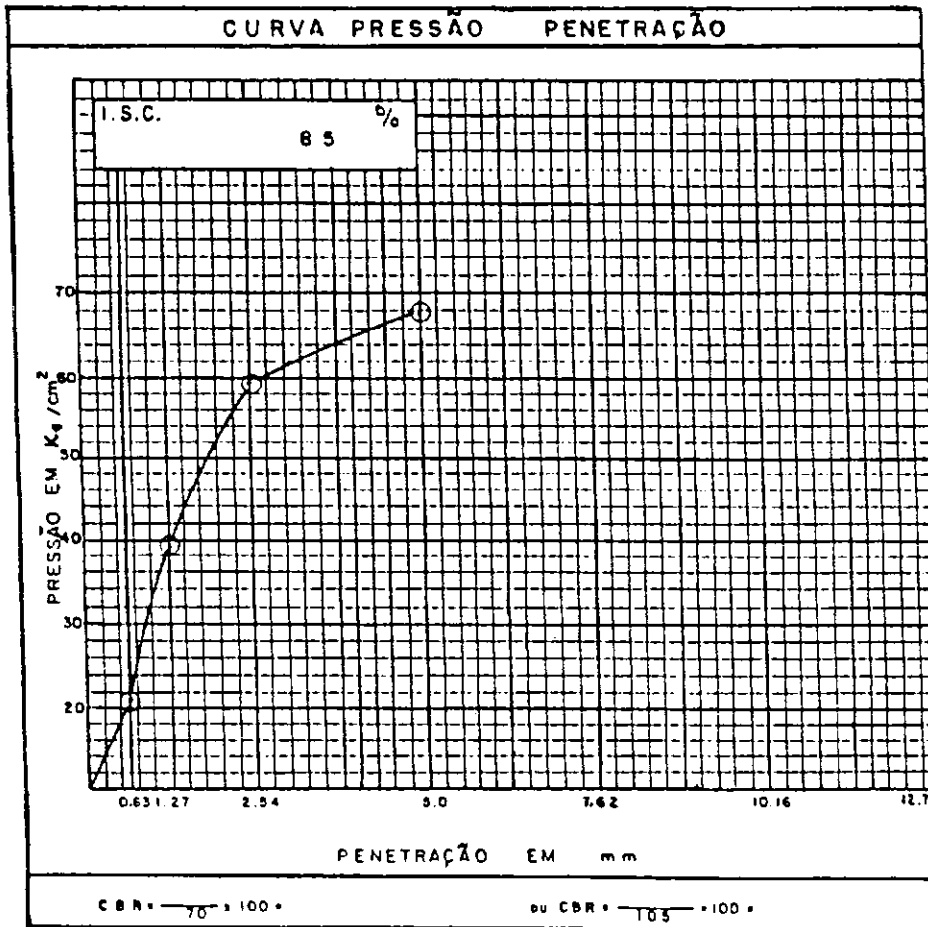


Fig. 221

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 19 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 310 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6,9 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPo		
tempo	pot.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	90	20,91		
1 min	0.05	1.27	170	39,49		
2 min	0.1	2.54	237	59,70	70	85,30
4 min	0.2	5.00	292	67,83	105	84,50
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

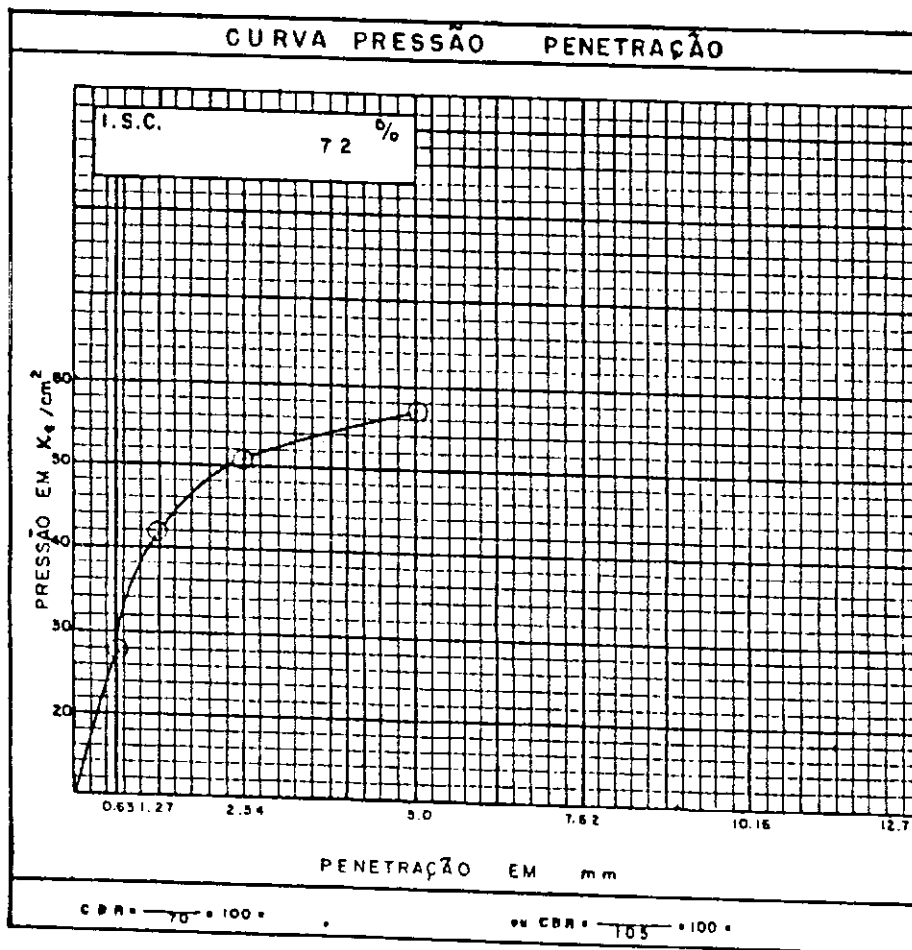


Fig_ 222

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. do PALMARE-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 20 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 320 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 6,3 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pal.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	120	27,88		
1 min	0.05	1.27	180	41,81		
2 min	0.1	2.54	217	50,41	70	72,00
4 min	0.2	5.00	246	57,15	105	54,43
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

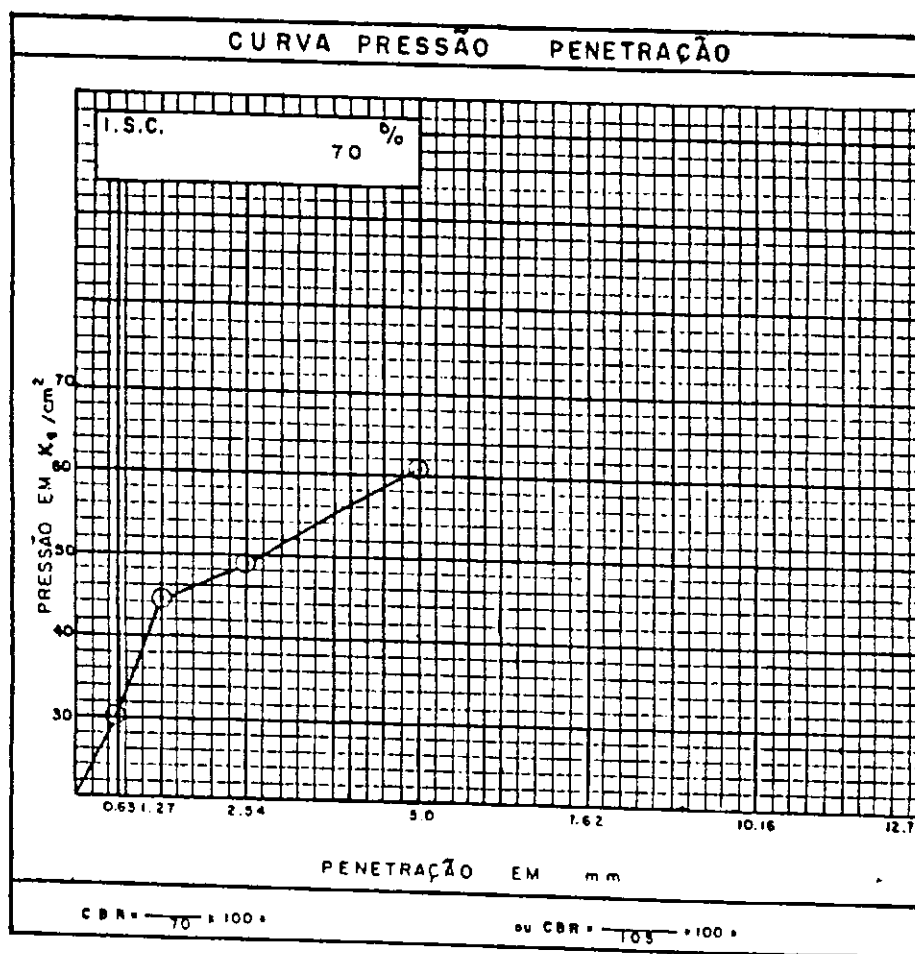


Fig_ 223

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trécho: U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 21 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 330 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Unidade: 6.8 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões a 100 KPo		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	130	30,20		
1 min	0.05	1.27	190	44,14		
2 min	0.1	2.54	210	48,78	70	89,68
4 min	0.2	5.00	281	60,63	105	97,74
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



GBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: L. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 22 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 340 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6,3 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura de manômetro	Pressões x 100 KPs		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	128	29,73		
1min	0.05	1.27	192	44,60		
2min	0.1	2.54	210	46,78	70	69,68
4min	0.2	5.00	238	59,93	105	57,08
6min	0.3	7.62	—	—	133	
8min	0.4	10.16	—	—	161	
10min	0.5	12.70	—	—	182	

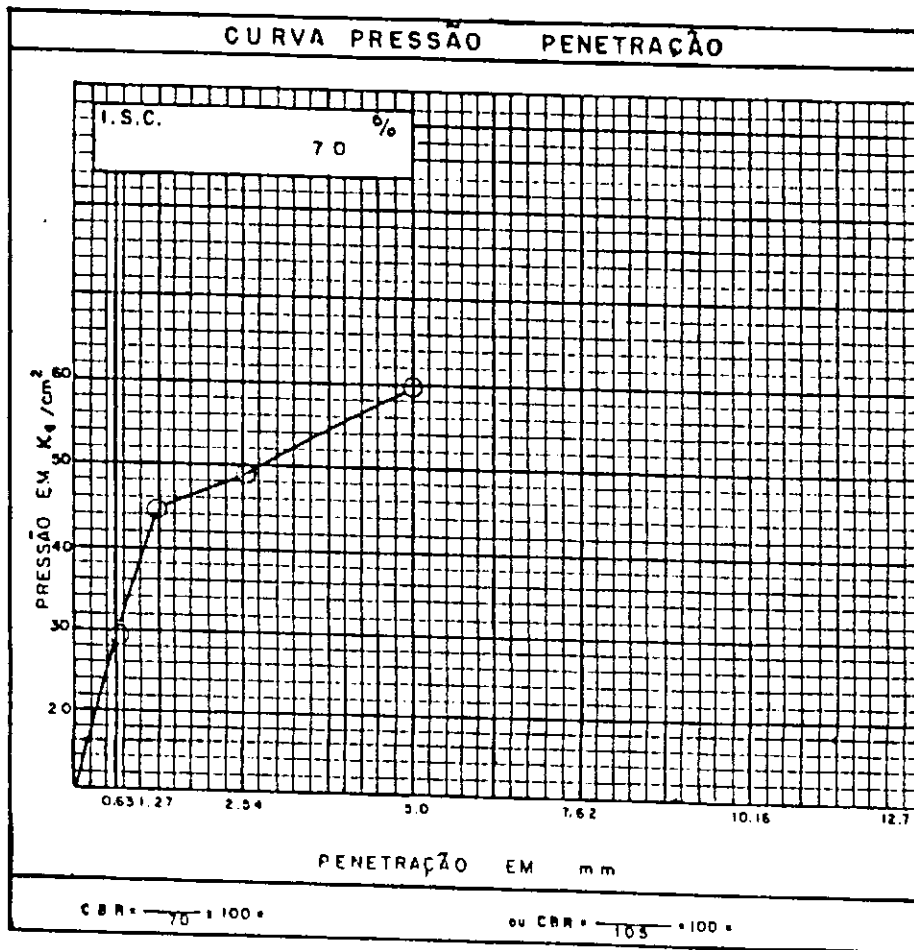


Fig. 225

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : LI dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 23 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 350 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 6.3 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinado	padrão	%
30 s	0.025	0.63	181	37.40		
1 min	0.05	1.27	232	53.89		
2 min	0.1	2.54	247	37.38	70	81.97
4 min	0.2	5.00	288	66.28	105	83.28
6 min	0.3	7.62	—	—	123	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

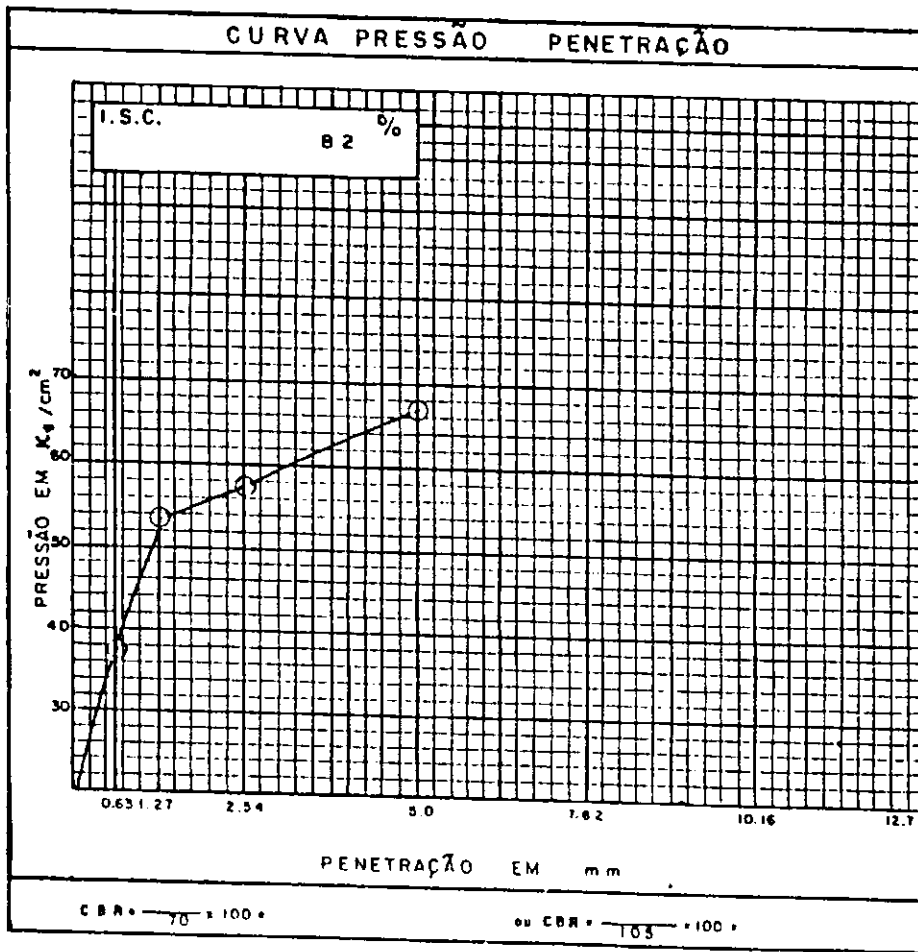
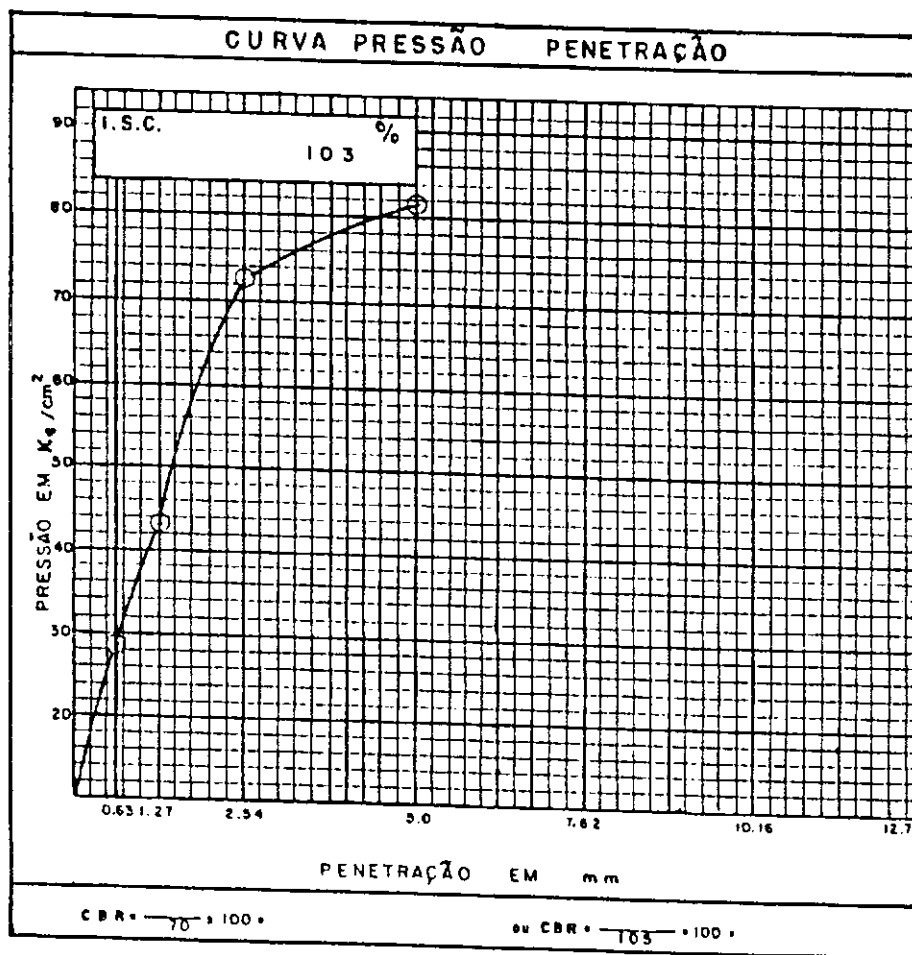


Fig _ 226

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: IL dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro: 24 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 360 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6,3 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	1 2 2	2 8, 3 4		
1 min	0.05	1.27	1 8 5	4 2, 9 7		
2 min	0.1	2.54	3 1 1	7 2, 2 4	70	103,20
4 min	0.2	5.00	3 3 0	8 1, 3 0	105	77,43
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 227

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : L. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 25 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 370 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 6,3 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões x 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.65	145	45,30		
1 min	0.05	1.27	222	51,60		
2 min	0.1	2.54	243	58,91	70	81,30
4 min	0.2	5.00	290	67,37	105	64,18
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

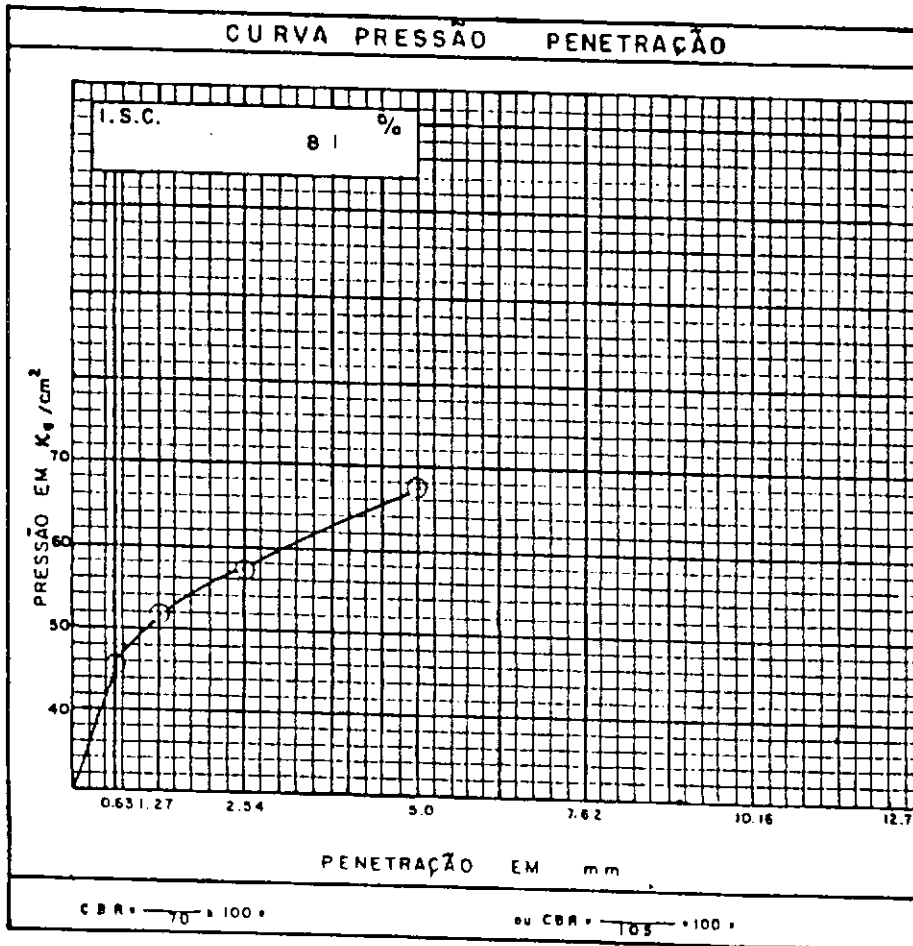
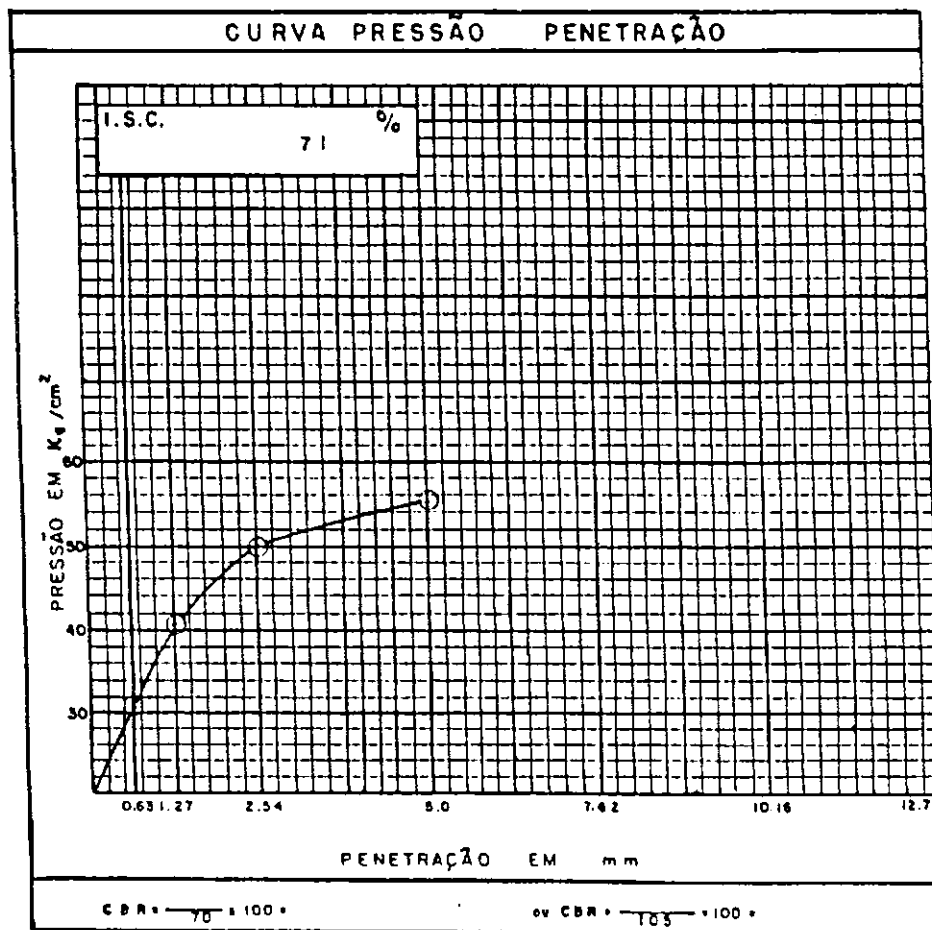


Fig. 228

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : U. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 26 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 380 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 6.3 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões : 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.43	131	30,43		
1 min	0.05	1.27	175	40,65		
2 min	0.1	2.54	215	49,94	70	71,34
4 min	0.2	5.00	240	53,75	105	53,10
6 min	0.3	7.62	—	—	135	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 229

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: LI. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro: 27 Classificação: F A I X A "F"
 Localização: EST. 390 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6,3 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	1 6 2	3 7, 6 3		
1 min	0.05	1.27	2 1 0	4 8, 7 8		
2 min	0.1	2.54	2 4 0	5 5, 7 5	70	79, 6 4
4 min	0.2	5.00	2 7 4	6 3, 6 3	105	80, 6 2
8 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

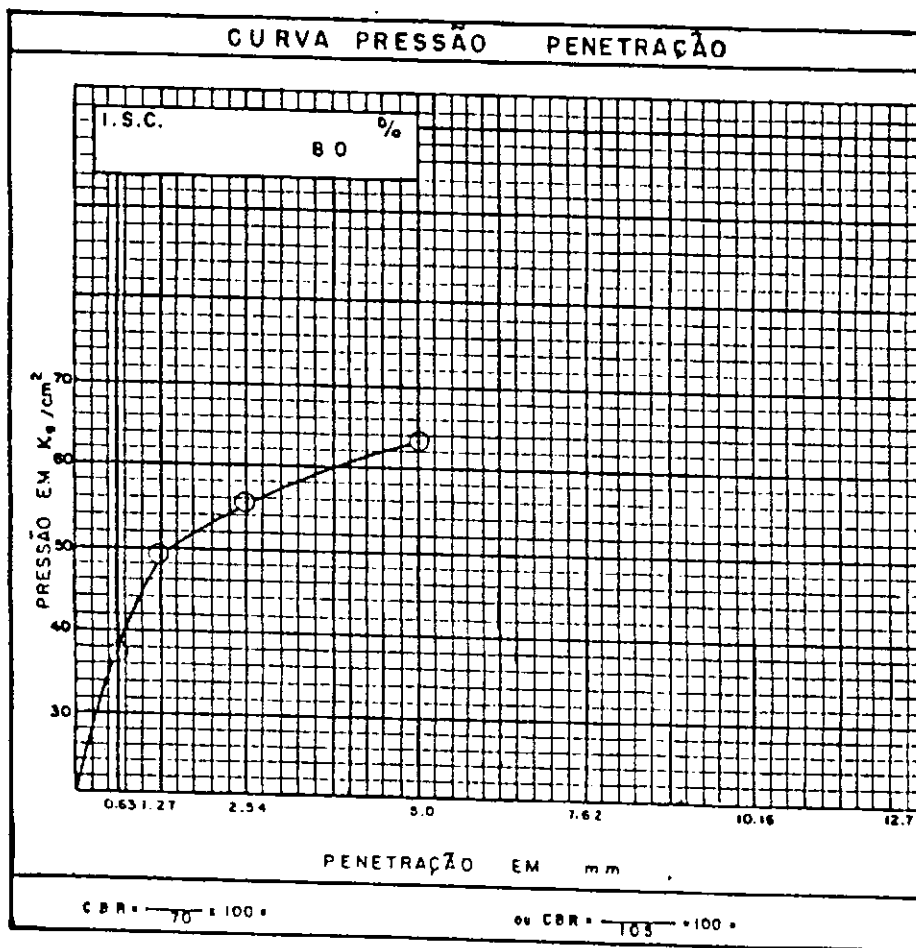


Fig _ 2 3 0

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : LI dos PALMARES-SANTANA do MUNDAU
 Registro : 28 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 400 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 6,9 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões : 100 KPa		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	130	30,20		
1 min	0.05	1.27	180	37,17		
2 min	0.1	2.54	182	42,28	70	60,40
4 min	0.2	5.00	220	51,10	105	48,67
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

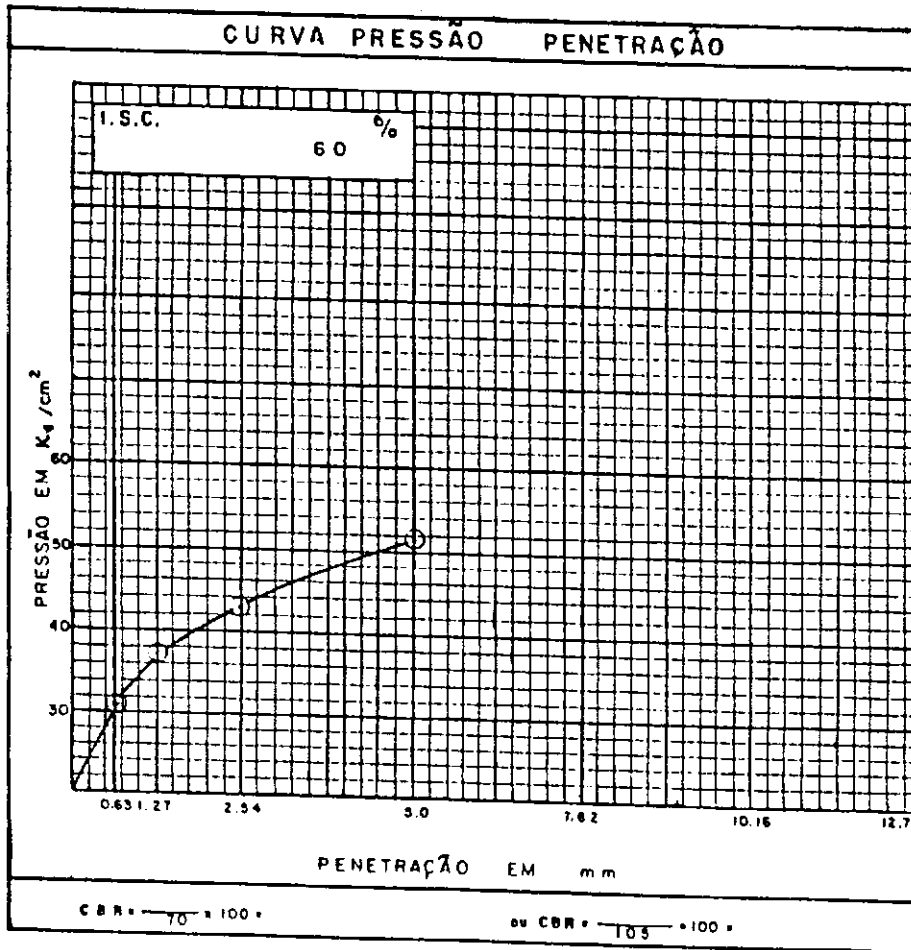


Fig - 231

CBR "IN SITU"

Obra : AL-205 Trêcho : L. dos PALMARES - SANTANA do MUNDAU
 Registro : 29 Classificação : FAIXA "F"
 Localização : EST. 410 Constante : 0.2323
 Profundidade : SUPERFÍCIE Umidade : 6,3 %
 Camada : BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do manômetro	Pressões a 100 KPa		
Tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	1 5 6	3 8, 2 4		
1 min	0.05	1.27	2 0 5	4 7, 8 2		
2 min	0.1	2.54	2 1 0	4 8, 7 8	70	69,88
4 min	0.2	5.00	2 5 7	5 9, 7 0	105	58,86
6 min	0.3	7.62	—	—	125	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	

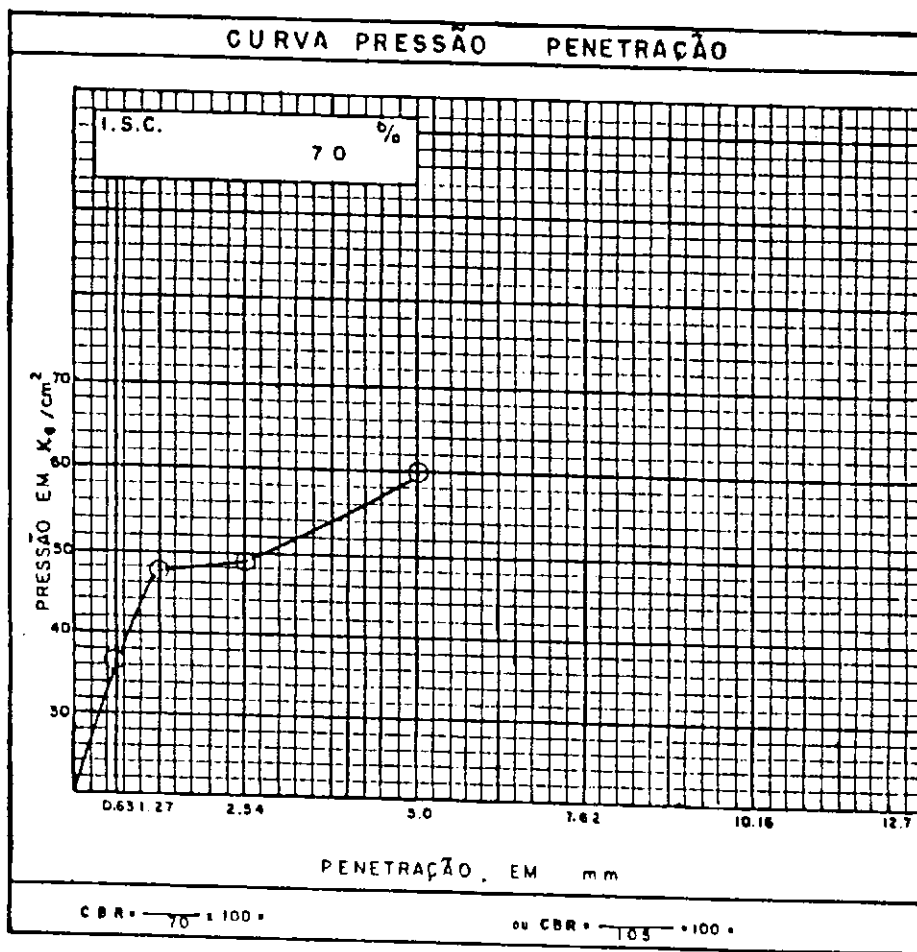
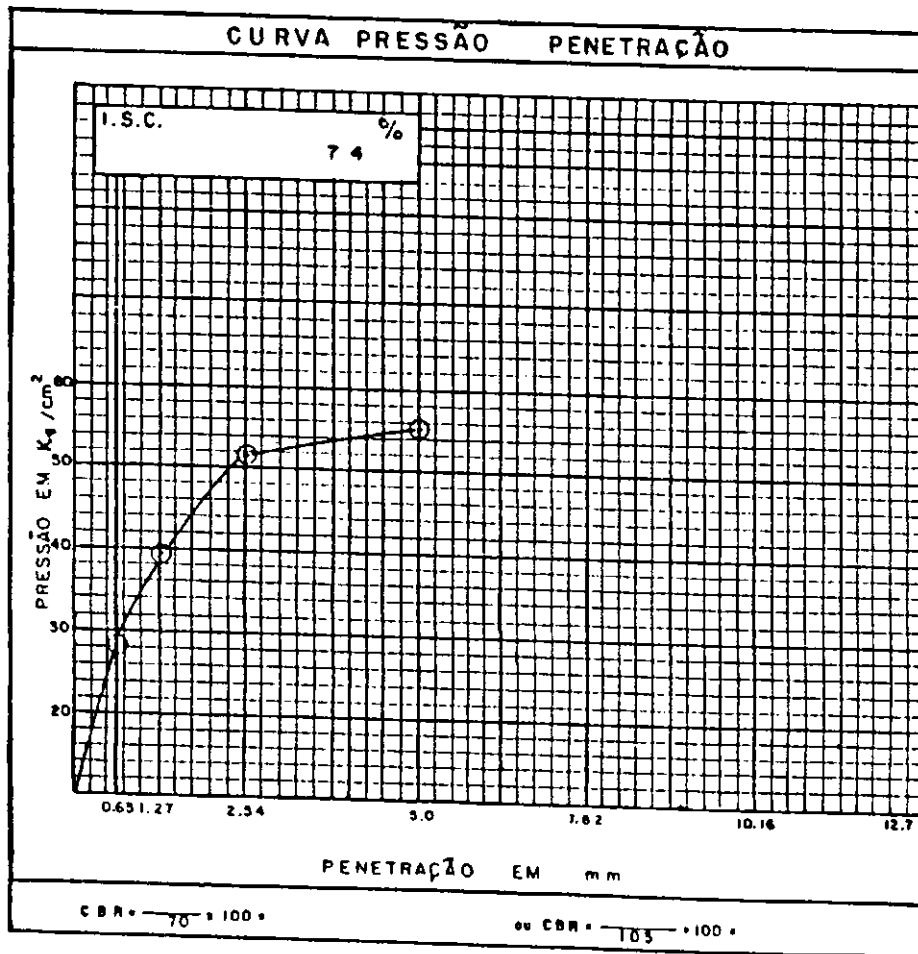


Fig. 232

CBR "IN SITU"

Obra: AL-205 Trêcho: U. dos PALMARES-SANTANA do MUNDAÚ
 Registro: 30 Classificação: FAIXA "F"
 Localização: EST. 420 Constante: 0.2323
 Profundidade: SUPERFÍCIE Umidade: 6,3 %
 Camada: BASE

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura do monômetro	Pressões x 100 KPo		
tempo	pol.	mm		determinada	padrão	%
30 s	0.025	0.63	1 2 1	28,11		
1 min	0.05	1.27	1 7 0	39,48		
2 min	0.1	2.54	2 2 3	51,80	70	74,00
4 min	0.2	5.00	2 4 0	55,75	105	53,10
6 min	0.3	7.62	—	—	133	
8 min	0.4	10.16	—	—	161	
10 min	0.5	12.70	—	—	182	



Fig_ 233

ANEXO D

DESCRIÇÃO DO ENSAIO COM PRESIÔMETRO DE BRIAUD MODELO 32/35

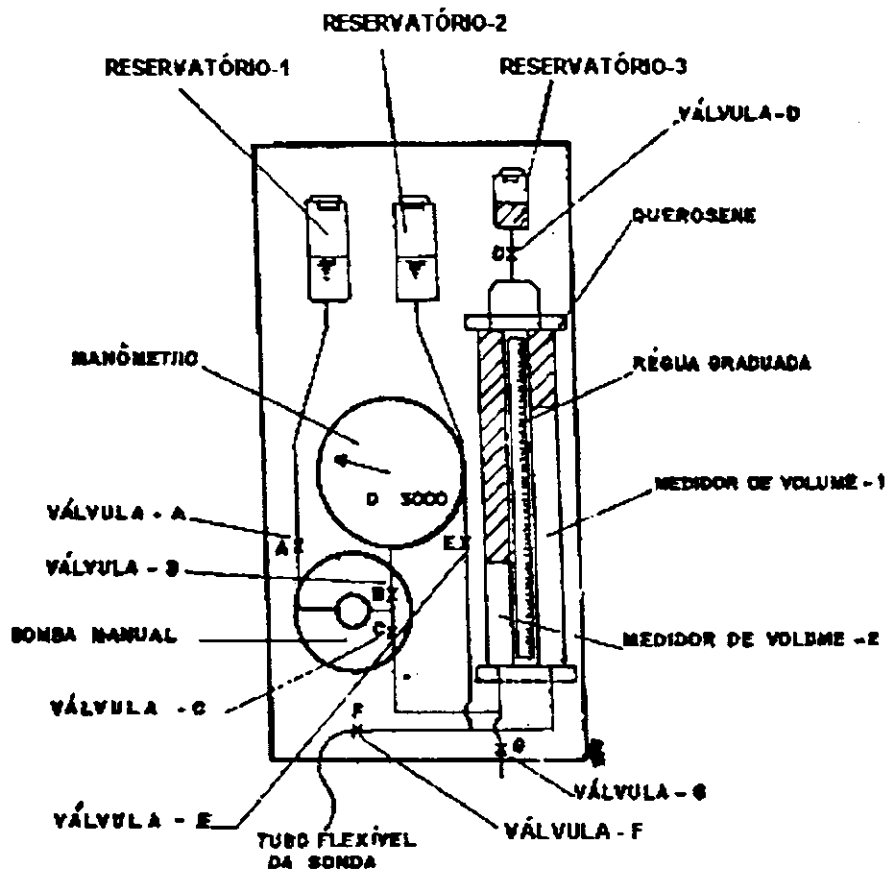


Figura 234 – CONTROLE UNITÁRIO DO PRESSIÔMETRO DE PAVIMENTAÇÃO DE BRIAUD – MODELO 32/35

PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DO PRESSIÔMETRO DE PAVIMENTAÇÃO DE BRIAUD – MODELO 32/35

1. Carregamento do Pressiômetro

- Coloque as hastes e a sonda na posição horizontal no nível do terreno.
- Gire completamente o pistão no sentido horário.
- Feche todas as válvulas.
- Encha os reservatórios 1 e 2 com água destilada.
- Abra a válvula D.
- Abra a válvula A e C até que a água atinja a graduação de -20 cm^3 no medidor de volume 2.
- Feche a válvula A.
- Feche a válvula C.
- Abra a válvula E até que o nível de água atinja a graduação de -20 cm^3 no medidor de volume 1.
- Feche a válvula E.
- Deixe a válvula D aberta.
- Encha o reservatório 3 com querosene colorido.
- Abra a válvula G até que o nível da água atinja a graduação de $+30 \text{ cm}^3$ no medidor de volume 2.
- Feche a válvula G.
- Encha novamente os reservatórios 1 e 2 com água destilada.
- Abra a válvula A.
- Encha a bomba manual de água, girando a manivela totalmente no sentido anti-horário. Durante a operação de enchimento adicione água ao reservatório 1 para evitar a introdução de ar no cilindro.
- Feche a válvula A.
- Abra a válvula C.
- Gire a manivela da bomba no sentido horário para expulsar o ar contido nos medidores de volumes 1 e 2. O ar aprisionado é lançado na atmosfera através do reservatório 3.
- Após esta operação o nível do querosene subirá rapidamente no reservatório 3.
- Feche a válvula C.

- Abra a válvula G para permitir que o nível do querosene desça para 100 cm^3 no medidor de volume 2. Esta operação deve ser realizada em estágios, recarregando o reservatório 3 e prevenindo a entrada de ar para dentro do sistema. Para fazer isto quando o nível do querosene no reservatório 3 permitir, feche a válvula G e encha novamente o reservatório 3. Reabra a válvula G, até que o nível do querosene atinja a graduação 100 cm^3 .
- Conecte a tubulação 25 cm (10") de comprimento ao tubo de sangria na extremidade inferior da sonda.
- Coloque a sonda na posição vertical com a válvula de sangria voltada para cima.
- Feche a válvula D.
- Feche a válvula E.
- Abra a válvula F para que a água do reservatório 2 flua para a sonda saturando a tubulação e a sonda. Para verificar a expulsão do ar da sonda, mantenha a sonda na posição vertical invertida. Gire a sonda e comprima a bainha metálica movendo para cima em direção ao tubo de sangria. Quando todo o ar for expulso desconecte o tubo de sangria.
- Feche a válvula F.
- Abra a válvula C.
- Gire a manivela da bomba no sentido horário, até que o nível do querosene atinja a graduação 0 cm^3 no medidor de volume 1.
- Feche a válvula F.
- Feche a válvula C.
- Abra as válvulas D e G para permitir a descida do querosene até a graduação de 100 cm^3 no medidor 2.
- Feche a válvula G.
- Feche a válvula D.
- Para ajustar o nível do querosene nos medidores 1 e 2, abra as válvulas C e E e gire a manivela da bomba numa direção ou noutra para elevar ou baixar o nível do querosene.
- Para adicionar água na bomba encha o reservatório 1, feche todas as válvulas, abra a válvula A e gire a manivela da bomba no sentido anti-horário.

2. Procedimento Para o Ensaio Pressiométrico.

Antes de realizar o ensaio pressiométrico, a integridade do equipamento deve ser verificada e devem ser feitas as calibrações.

2.1. Calibrações da Perda de Volume

Em primeiro lugar, os circuitos e a sonda devem estar sem vazamento e saturados. Para saturar o sistema, a sonda é inserida em um tubo de metal de paredes grossas que tem diâmetro interno de 34 mm. O sistema é pressurizado até 1000 KPa; a rápida abertura das válvula A, E ou D (ver Figura 234) forçará a água a sair juntamente com qualquer ar contido no sistema. Para saturar a sonda, a válvula de alívio rápido é comprimida para expulsar o ar para fora com a extremidade inferior da sonda voltada para cima. Para verificação de vazamento e completa saturação do sistema, com a sonda ainda inserida no tubo de metal, e pressurizada até 500 KPa e mantida nesta pressão, leituras de volume são feitas após 1 e 3 min. O procedimento é repetido para 2000 KPa de pressão. Se as leituras de volumes mudarem apreciavelmente entre as leituras de 1 e 3 min., existe vazamento. A saturação satisfatória é alcançada quando as mudanças na leitura de volumes entre 500 KPa e 2000 KPa de pressão for menor do que $800\text{mm}^3/\text{m}$ da tubulação.

Em segundo lugar, as perdas de volume devem ser calibradas. Existe uma pequena diferença entre a leitura do volume de água injetada na unidade de controle v_m e o aumento real de tamanho da cavidade do solo; essa diferença é devido a fenômenos como expansão da tubulação, compressão da membrana de borracha e compressão da água. Para começar a calibração da perda de volume, a sonda é inserida no tubo de metal e então a sonda é inflada a uma velocidade de $330\text{mm}^3/\text{s}$; as leituras de pressão para o volume v_m são lidas a cada 5000mm^3 de 0 a 500 kPa, e a cada 1000mm^3 após 500 kPa. A curva A é plotada (Figura 235). Em seguida a tubulação é desconectada da sonda, e a extremidade da tubulação é fechada, e a calibração é repetida, com leituras tomadas a cada 1000mm^3 desde o início. A curva B é plotada (Figura 235). A curva da perda de volume é obtida das curvas A e B como mostra a Figura 235. A sonda deve ser reconectada e saturada para uso.

Em terceiro lugar, o zero da leitura deve ser estabelecido. Todos os ensaios devem começar com o mesmo volume inicial V_c da parte inflável da sonda; o valor de V_c é $1,90 \times 10^5\text{mm}^3$. Deve-se realizar os seguintes passos: as medidas de volume e pressão são zeradas, a sonda é inserida no tubo de metal, o sistema é pressurizado até 500 KPa, a leitura de volume v_v é tomada após 1 min. Na pressão de 500 KPa um bom contato é estabelecido entre a sonda e a parede do tubo de metal; o volume V da sonda a 500 KPa no tubo de metal pode ser computado se o diâmetro interno do tubo de metal e o comprimento da parte ativa da sonda forem conhecidos. A diferença $V-V_c$ aumentada pela correção do volume v_d a 500 KPa é v_m . Se $v_v = v_m$ o zero do medidor de volume está correto. Mas provavelmente $v_d \neq v_m$ e é necessário

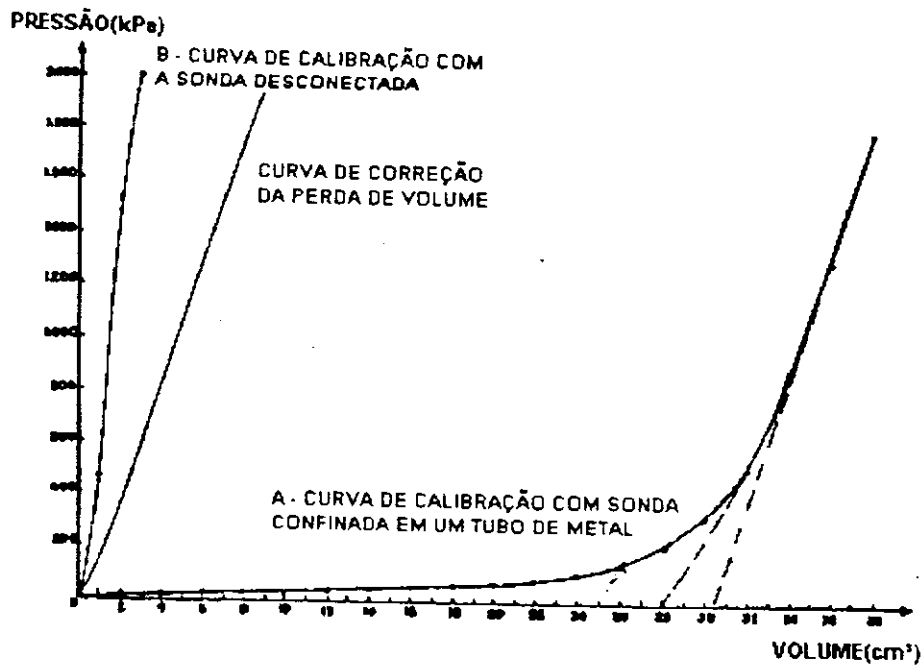


Figura 235 – Curva de Calibração da Perda de Volume do Pressiômetro de Briaud (1997)

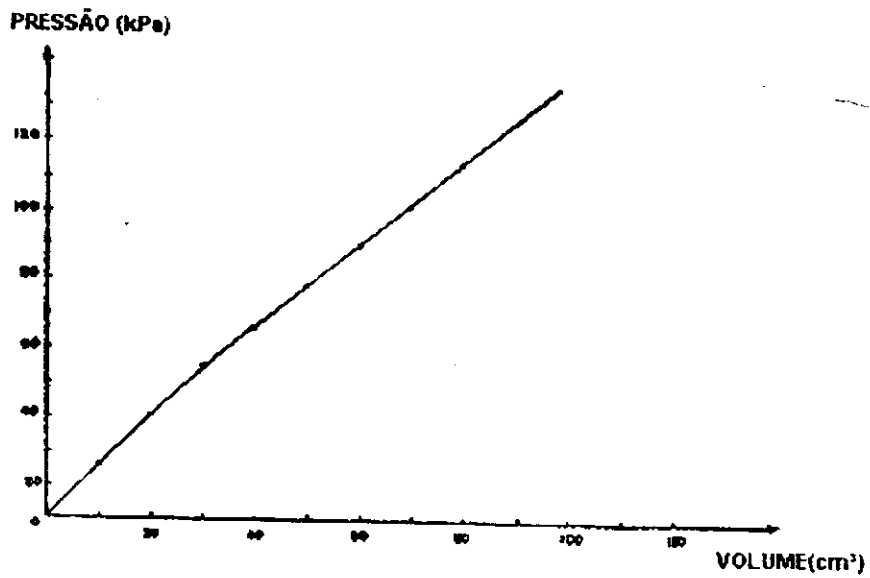


Figura 236 – Curva de Calibração da Resistência da Membrana do Pressiômetro de Briaud (1997)

diminuir ou adicionar a diferença $v_m - v_v$, para que a leitura de volume zero e a pressão zero corresponda a um valor V_c de $1,90 \times 10^5 \text{ mm}^3$.

2.2. Calibração da Resistência da Membrana

Quando a sonda é inflada em uma cavidade de solo, a pressão entre as paredes da cavidade é menor que a pressão dentro da sonda. Esta diferença é devida à resistência da expansão da membrana e do seu sistema protetor. Para calibrar a resistência da membrana, a sonda é colocada na posição vertical no terreno. Em seguida a sonda é inflada e deflatada cinco vezes para expandir a membrana; então a sonda é inflada a uma velocidade de $330 \text{ mm}^3/\text{s}$ e são lidas as pressões e os volumes a cada acréscimo de 5000 mm^3 . A pressão na sonda p_r é igual à pressão lida no manômetro p_m acrescida da pressão hidrostática, resultante do desnível entre o manômetro e o ponto médio da sonda durante a calibração. Então plota-se a curva p_m versus v_m , que é a curva de resistência da membrana (ver **Figura 236**).

3. Descarregamento do Pressiômetro

Para remover a água e o querosene do aparelho, da tubulação e da sonda, os procedimentos são os seguintes:

- Feche todas as válvulas.
- Abra a válvula D.
- Abra a válvula G para esvaziar o reservatório 3, somente do querosene.
- Feche a válvula G quando o reservatório 3 estiver vazio.
- Feche a válvula D.
- Abra a válvula E completamente e a válvula A parcialmente para transferir o querosene do medidor de volume 1 para o medidor de volume 2. Quando todo o querosene do medidor de volume 1 tiver sido transferido para o medidor de volume 2, feche a válvula E.
- Abra a válvula D. O querosene do medidor 2 fluirá através do tubo de sangria conectado na válvula G.
- Desconecte a sonda da tubulação e conecte o tubo de sangria no lugar da sonda.
- Coloque o tubo de sangria no nível do terreno.
- Abra todas as válvulas exceto a válvula D.
- Gire completamente a manivela da bomba manual. Dê tempo suficiente para assegurar que toda água foi drenada do sistema e tubulação.
- Feche todas as válvulas.

- Feche todos os reservatórios.
- Para esvaziar a sonda, instale o tubo de sangria na extremidade inferior da sonda. Mantenha a sonda diretamente na posição vertical e comprima a bainha da sonda de cima para baixo. A água fluirá através do tubo de sangria, esvaziando a sonda.
- Coloque a sonda e as hastes em seus suportes fixos dentro da caixa.
- Feche a caixa.
- O instrumento esta agora vazio e pronto para ser transportado.