

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG

CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL - PPGECA

CAMPUS I – CAMPINA GRANDE

ÁREA: GEOTÉCNICA

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO CONE DE PENETRAÇÃO DINÂMICA (CPD), DO CONE DE PENETRAÇÃO ESTÁTICA (CPE) E DO PENETRÔMETRO PANDA NO DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS URBANOS

Por:

SAUL BARBOSA GUEDES

Dissertação apresentada ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande/PB, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

Campina Grande – Paraíba

Maio de 2008

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G924e
2008

Guedes, Saul Barbosa

Estudo da Viabilidade Técnica do Cone de Penetração Dinâmica (CPD), do Cone de Penetração Estática (CPE) e do Penetrômetro PANDA no Dimensionamento de Pavimentos Urbanos / Saul Barbosa Guedes. — Campina Grande, 2008.

291 f.: il.

Referências.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientador: John Kennedy Guedes Rodrigues.

1 - Ensaios de Campo 2 - Pavimentos 3 - Penetrômetros 4 - Solos.
I - Título

CDU -693.7 (043)

SAUL BARBOSA GUEDES

Dissertação apresentada ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da
Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande/PB, como parte dos
requisitos necessários para obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL
E AMBIENTAL**

Área de Concentração: Geotécnica

Prof. Dr. John Kennedy Guedes Rodrigues
(Orientador)

Campina Grande – Paraíba

Maio de 2008

FOLHA DE APROVAÇÃO

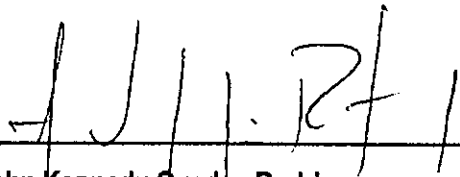
Autor: Saul Barbosa Guedes

Título: ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO CONE DE PENETRAÇÃO DINÂMICA (CPD), DO CONE DE PENETRAÇÃO ESTÁTICA (CPE) E DO PENETRÔMETRO PANDA NO DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS URBANOS

Dissertação Defendida e Aprovada em: / / .

Pela Banca Examinadora

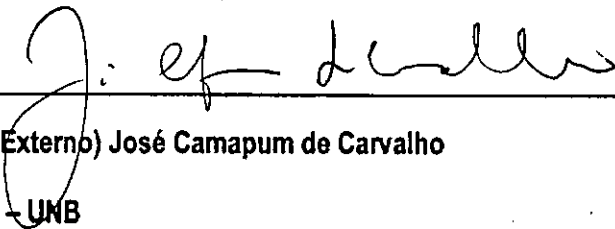
(Assinatura):



Prof. D.Sc. (Orientador) John Kennedy Guedes Rodrigues

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

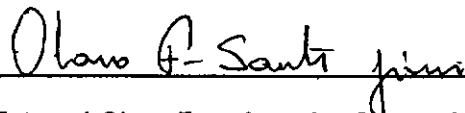
(Assinatura):



Prof. D.Sc. (Examinador Externo) José Camapum de Carvalho

Universidade de Brasília – UNB

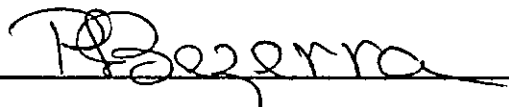
(Assinatura):



Prof. D.Sc. (Examinador Externo) Olavo Francisco dos Santos Junior

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

(Assinatura):



Prof. D.Sc. (Examinador Externo) Raimundo Leidimar Bezerra

Associação Técnico Científica Ernesto Luís de Oliveira Junior - ATECEL®

DEDICATÓRIA

A DEUS por ter me dado vida, saúde e sabedoria.

Aos meus pais, David Guedes da Silva e Maria Lucena Barbosa.

Aos meus Irmãos Débora e Thiago.

E a todas as pessoas que transmitem o conhecimento adquirido com boa vontade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por ter me dado vida e sabedoria.

Agradeço aos meus pais, David Guedes da Silva e Maria Lucena Barbosa, por terem incentivado-me aos estudos, onde hoje reconheço a importância e a maravilha de se adquirir e transmitir conhecimento.

Agradeço ao Professor D. Sc. John Kennedy Guedes Rodrigues, pelos ensinamentos fornecidos, por todo o acompanhamento na pesquisa, pelo incentivo, amizade, atenção, coerência e por sua paciência, características as quais contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

À ATECEL Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior, pela gentileza de fornecer o espaço para o trabalho os instrumentos e estar sempre receptiva.

Aos funcionários da área de Geotecnia da UFCG em especial ao laboratorista de solos Rui Pereira de Oliveira.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro a pesquisa.

Aos colegas adquiridos na UFCG durante o curso de Mestrado, em especial; André Luiz, Danilo Fernandes, Fabio Wellington, Washington Santos, Lêda Christiane, Josete, Paulo Torreão, Frankneto Cordeiro, Hermes Café, Jorge Firmino, Robson Barros e outros que deram sua contribuição.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, dentre esses faço referência aos professores John K. G. Rodrigues, João B. Q. de Carvalho e Veruschka E. D. Monteiro, pelo incentivo à aprendizagem passado por esses ao longo do curso.

E a todos que colaboraram de forma direta ou indireta para que esta pesquisa pudesse ser realizada.

RESUMO

A necessidade por métodos, realísticos e econômicos, de dimensionamento de pavimentos, vem evoluindo nos últimos anos com o surgimento de novas técnicas e equipamentos resultantes de várias pesquisas. Os atuais ensaios geotécnicos realizados no campo, CBR "in situ" e Ensaio de Placa, cujos resultados são utilizados para o dimensionamento de pavimentos, representam mais fielmente as condições do solo, porém envolvem equipamentos pesados, de difícil locomoção e instalação, o que os torna, em geral, onerosos e laboriosos. O Cone de Penetração Dinâmica (CPD), o Cone de Penetração Estática (CPE) e o Penetrômetro PANDA são equipamentos simples, portáteis, de baixo custo e de fácil execução. Com tais equipamentos é possível determinar o perfil de resistência à penetração de camadas do solo compactado ou em seu estado natural, controlar a execução de obras viárias e avaliar estruturas existentes de pavimentos. Neste trabalho procurou-se, por meio das informações contidas na literatura técnica, dos procedimentos experimentais realizados e de análise de regressão, determinar um modelo matemático definitivo, que relaciona os resultados obtidos com o CPD com valores de CBR. Procurou-se estabelecer, a partir de análise de regressão, um modelo matemático que relaciona os valores de índices de penetração obtidos com o ensaio do CPD, com os valores de resistências à penetração obtidas nos ensaios do CPE e do PANDA. Estudos preliminares subsidiam a inserção de um procedimento empírico, preliminar, para o dimensionamento dos pavimentos de vias urbanas, com baixo volume de tráfego, baseando-se nos resultados dos ensaios obtidos com o CPD, CPE e PANDA.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaios de Campo, Pavimentos, Penetrômetros, Solos.

ABSTRACT

The necessity for realistic and economical methods of pavement dimensioning has been evolving in recent years with the appearance of new techniques and equipment resulting from several researches. Current geotechnical test performed in field, CBR "in situ" and Plaque Tests, whose results are used for dimensioning pavements, represent more faithfully soil conditions, however, they involve heavy equipment, which are difficult to transport and install and makes them, in general, expensive and laborious. The Cone of Dynamic Penetration (CPD), the Cone of Statistic Penetration (CPE) and PANDA Penetrometer are simple tools, portables and inexpensive, and is non-destructive tests. With this kind of equipments is possible to determine the penetration resistance profile of layers of compacted soil or soil in its natural state, control the performance of several jobs and evaluate the structures of existing pavements. In this work aimed to determine a definite mathematical model through information contained in technical literature, by experimental procedures performed, and by regression analysis. The model compares the results obtained with the CPD with the values of CBR. From the regression analysis, a mathematical model was established which relates the values of the penetration index obtained with the CPD test, with the penetration resistance values obtained in the CPE and PANDA test. Preliminary studies subsidize the insertion of an empiric and preliminary procedure for the dimensioning of pavements of urban streets with a low volume of traffic. This procedure is based on the results of the CPD, CPE and PANDA tests.

KEY WORDS: In Situ Tests, Pavements, Penetrometers, Soils.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – a) Superfície de um pavimento flexível; b) Distribuição de carga na fundação do pavimento flexível e c) Estrutura de um pavimento flexível.....	5
Figura 2.2 – a) Superfície de um pavimento rígido; b) Distribuição de carga na fundação do pavimento rígido e c) Estrutura de um pavimento rígido.....	6
Figura 2.3 – a) Superfície de um pavimento com paralelepípedos e b) Estrutura de um pavimento com revestimento em paralelepípedo.....	7
Figura 2.4 – Curvas de dimensionamento: IG x Espessura do Pavimento (Fonte: SENÇO, 1997).....	10
Figura 2.5 – a) Equipamentos para execução do ensaio de CBR; b) Gráfico CBR (penetração versus carga) com correção e c) Curvas para dimensionamento de rodovias, método do CBR (BAPTISTA, 1980).....	16
Figura 2.6 – Espessuras das camadas de um pavimento dimensionado pelo método do CBR.....	17
Figura 2.7 – Ábaco de dimensionamento de pavimentos – método da PMSP (SENÇO, 1997).....	19
Figura 2.8 – Ábaco de dimensionamento de pavimentos destinado a vias de tráfego leve e tráfego muito leve – método da PMSP (SENÇO, 1997).....	19
Figura 2.9 – Configuração dos elementos finitos para análise de um aterro estratificado (MEDINA, 1997).....	22
Figura 2.10 - a) Esboço esquemático do Cone de Penetração Dinâmica e b) Cone de Penetração Dinâmica.....	24
Figura 2.11 – Exemplo de gráfico CPD: a) Materiais com menor capacidade de suporte e b) Materiais com maior capacidade de suporte.....	26
Figura 2.12 - Aparelho desenvolvido por Barentsen (AOKI, 1973).....	34
Figura 2.13 – a) Penetrômetro da Agulha de Proctor e b) Ensaio utilizando o equipamento de Proctor.....	36
Figura 2.14 – Penetrômetro Britânico.....	37
Figura 2.15 – a) Princípio de funcionamento do Penetrômetro PANDA e b) Ensaio com o Panda.....	38
Figura 2.16 – Cuidados na interpretação dos ensaios de placa: diferentes bulbos de pressão (VELLOSO & LOPES, 1996).....	41
Figura 2.17 - (a) relação entre as tensões e os recalques; (b) modelo ou curva representativa da relação entre a tensão versus recalque para ruptura local e geral.....	42
Figura 2.18 - Tipos de Ensaio de Placa quanto a: a) Localização, b) Tipo de placa e c) Modo de carregamento (VELLOSO & LOPES, 1996).....	44
Figura 2.19 - a) Reação através da caixa carregada e b) Sistemas de tirantes (Fonte: SOUZA, 2007).....	45
Figura 3.1 - a) e b) Poço de inspeção – coleta de amostra do material do subleito e c) recipientes para conservar a umidade das amostras.....	48
Figura 3.2 - a) Nivelamento da base do poço de inspeção e b) Ensaio para determinação da Massa Específica Aparente Seca “In situ”.....	49
Figura 3.3 - Poço de inspeção a) Medição e marcação; b) Remoção do material não representativo do subleito e c) Nivelamento da base do poço de inspeção para realização dos ensaios.....	51
Figura 3.4 – Esboço da localização dos ensaios realizados na 1ª etapa da pesquisa.....	52
Figura 3.5 - a) Rua Alta Leite b) Localização dos poços de inspeção.....	52
Figura 3.6 - a) Rua Fernando Barbosa de Melo b) Localização dos poços de inspeção.....	52
Figura 3.7 - a) Rua Almeida Barreto b) Localização dos poços de inspeção.....	53
Figura 3.8 - a) Rua Eurípides C. da Cruz b) Localização dos poços de inspeção.....	53
Figura 3.9 – a) Rua Bruxelas b) Localização dos poços de inspeção.....	53
Figura 3.10 - a) Rua José Carlos Cirino b) Localização do poço de inspeção.....	54

Figura 3.11 – Cone de Penetração Dinâmica Utilizado na Pesquisa	54
Figura 3.12 – a) Posição do CPD para início do ensaio b) Penetração do CPD	55
Figura 3.13 – Adaptação feita no CPD durante as campanhas de ensaios	56
Figura 3.14 – a) Cone de Penetração Estática utilizado na pesquisa b) Acessórios que constituem o equipamento. 57	
Figura 3.15 – Detalhe do relógio comparador	57
Figura 3.16 – Adaptação realizada no CPE.....	58
Figura 3.17 – a) Posicionamento do CPE; b) Aplicação do esforço vertical para penetrar o CPE estaticamente e c) Realização das leituras das deformações por meio do anel dinamométrico.....	59
Figura 3.18 – a) Placa circular de aço com 80 cm de diâmetro b) Placa circular de aço com 30 cm de diâmetro	60
Figura 3.19 – a) Montagem do equipamento b) Equipamento pronto para a realização do ensaio	62
Figura 3.20 – Esboço da localização dos ensaios realizados na 2ª etapa da pesquisa	62
Figura 3.21 – Penetrômetro PANDA utilizado na pesquisa	63
Figura 3.22 – a) Sensor de impacto; b) Sensor de penetração e c) Sensor de aquisição ou armazenamento de dados	64
Figura 3.23 – Esboço da localização dos ensaios realizados na 3ª etapa da pesquisa	65
Figura 4.1 – Variação dos valores de CBR em função da localização, teor de umidade e procedimento de ensaio... 70	
Figura 4.2 – Curvas: massa específica – umidade e CBR – umidade (da AASHTO, 1993, PG 81)	72
Figura 4.3 – Variação do Índice de penetração (considerando o 1º Golpe) em função da localização e do Índice Pluviométrico.....	73
Figura 4.4 – Variação do Índice de penetração (desconsiderando o 1º Golpe) em função da localização e do Índice Pluviométrico.....	73
Figura 4.5 – Variação da resistência à penetração do CPE em função da localização e do Índice Pluviométrico.....	75
Figura 4.6 – Variação da resistência à penetração obtida pelo PANDA em função da localização e da máxima penetração média alcançada (caso do CPD).....	77
Figura 4.7 – Variação da resistência à penetração obtida pelo PANDA em função da localização e da máxima penetração média alcançada (caso do CPE)	77
Figura 4.8 – Valores de CBR obtidos em função dos índices de penetração, considerando o 1º golpe, no período de maior índice pluviométrico.....	79
Figura 4.9 – Valores de CBR obtidos em função dos índices de penetração, desconsiderando o 1º golpe, no período de maior índice pluviométrico	79
Figura 4.10 – Valores de CBR obtidos em função dos índices de penetração, considerando o 1º golpe, no período de menor índice pluviométrico.....	80
Figura 4.11 – Valores de CBR obtidos em função dos índices de penetração, desconsiderando o 1º golpe, no período de menor índice pluviométrico	80
Figura 4.12 – Comparação de resultados: CBR obtidos no laboratório (moldados com teores de umidade do período de maior índice pluviométrico) versus CBR estimados (obtidos por meio da equação nacional)	83
Figura 4.13 – Comparação de resultados: CBR obtidos no laboratório (moldados com teores de umidade do período de menor índice pluviométrico) versus CBR estimados (obtidos por meio da equação nacional).....	83
Figura 4.14 – Comparação de resultados: CBR obtidos no laboratório (moldados com teores de umidade do período de maior índice pluviométrico) versus CBR estimados (obtidos por meio da equação internacional)	84
Figura 4.15 – Comparação de resultados: CBR obtidos no laboratório (moldados com teores de umidade do período de menor índice pluviométrico) versus CBR estimados (obtidos por meio da equação internacional)	84
Figura 4.16 – Comparação de resultados: índice de penetração versus massa específica aparente seca In situ.....	86
Figura 4.17 – Relação: Índice de penetração versus massa específica aparente seca In situ.....	87
Figura 4.18 – Relação: Índice de penetração versus grau de compactação	88

Figura 4.19 – Comparação de resultados entre as resistências à penetração do CPE com os índices de penetração do CPD para o período de maior índice pluviométrico.....	89
Figura 4.20 – Comparação de resultados entre as resistências à penetração do CPE com os índices de penetração do CPD para o período de menor índice pluviométrico	89
Figura 4.21 – Relação: Resistência à Penetração versus Índice de Penetração (Considerando o 1º Golpe) no período de maior índice pluviométrico	91
Figura 4.22 – Relação: Resistência à Penetração versus Índice de Penetração (Desconsiderando o 1º Golpe) no período de maior índice pluviométrico	91
Figura 4.23 – Relação: Resistência à Penetração versus Índice de Penetração (Considerando o 1º Golpe) no período de menor índice pluviométrico	92
Figura 4.24 – Relação: Resistência à Penetração versus Índice de Penetração (Desconsiderando o 1º Golpe) no período de menor índice pluviométrico	92
Figura 4.25 – Comparação de resultados: resistência à penetração versus massa específica aparente seca in situ	94
Figura 4.26 – Relação: resistência à penetração versus massa específica aparente seca in situ.....	95
Figura 4.27 – Relação: resistência à penetração versus grau de compactação.....	95
Figura 4.28 – Comparação de resultados entre os índices de penetração do CPD com os coeficientes de recalque do Ensaio de Placa	96
Figura 4.29 – Comparação de resultados entre as resistências à penetração do CPE com os coeficientes de recalque do Ensaio de Placa.....	97
Figura 4.30 – Relação: índice de penetração (considerando o 1º Golpe) versus coeficiente de recalque	98
Figura 4.31 – Relação: índice de penetração (desconsiderando o 1º Golpe) versus coeficiente de recalque	98
Figura 4.32 – Relação: resistência à penetração versus coeficiente de recalque.....	99
Figura 4.33 – Comparação de resultados entre os índices de penetração do CPD com as resistências à penetração do PANDA	100
Figura 4.34 – Relação: índice de penetração (considerando o 1º golpe) versus resistências à penetração.....	103
Figura 4.35 – Relação: índice de penetração (desconsiderando o 1º golpe) versus resistências à penetração.....	103
Figura 4.36 – Comparação dos resultados de resistência à penetração do CPE com os do PANDA	105
Figura 4.37 – Relação: valores de resistências à penetração obtidos com o CPE versus os obtidos com o PANDA	106
Figura 4.38 – Ábaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função do índice de penetração do CPD (obtido por meio da equação nacional), e do tráfego (T), para o método proposto.....	112
Figura 4.39 – Ábaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função do índice de penetração do CPD (obtido por meio da equação internacional), e do tráfego (T), para o método proposto.....	112
Figura 4.40 – Ábaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função da resistência à penetração do CPE (obtido por meio da equação nacional), e do tráfego (T), para o método proposto.....	113
Figura 4.41 – Ábaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função da resistência à penetração do CPE (obtido por meio da equação internacional), e do tráfego (T), para o método proposto	113
Figura 4.42 – Ábaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função da resistência à penetração do PANDA (obtido por meio da equação nacional), e do tráfego (T), para o método proposto.....	114
Figura 4.43 – Ábaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função da resistência à penetração do PANDA (obtido por meio da equação internacional), e do tráfego (T), para o método proposto.....	114
Figura 4.44 – Projetos-tipo de pavimentos para o tráfego muito leve, método proposto.....	116
Figura 4.45 – Projetos-tipo de pavimentos para o tráfego leve, método proposto.....	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Autores e correlações estabelecidas para CPD versus CBR em nível nacional.....	31
Quadro 2.2 – Autores e correlações estabelecidas para CPD versus CBR em nível internacional.....	32

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 3.1 – Seqüência das atividades realizadas durante a fase experimental do trabalho.....	46
Fluxograma 3.2 - Seqüência das atividades em laboratório para caracterização física e estudo do comportamento mecânico do material coletado.....	50
Fluxograma 4.1 - Seqüência de cálculo para determinação dos valores do CPD e posteriormente do CPE e do PANDA, em função dos valores de CBR.....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Tabela do Highway Research Board (espessuras recomendadas para bases do tipo de estabilização granular para cargas máximas de 10.000 libras por roda (4.540 kg)) (Fonte: BAPTISTA, 1980).....	13
Tabela 2.2 – Espessuras de bases de solo-cimento em função do material do subleito (Fonte: BAPTISTA, 1980)....	14
Tabela 2.3 - Espessuras mínimas combinadas da base e revestimento em função da carga por roda e do CBR da base (Fonte: BAPTISTA, 1980).....	15
Tabela 4.1 - Resultados do ensaio de granulometria por peneiramento	67
Tabela 4.2 - Resultados dos ensaios de consistência e classificação dos solos.....	67
Tabela 4.3 – Valores da Densidade “in situ” e dos teores de umidade obtidos em campo.....	68
Tabela 4.4 – Resultados do ensaio de compactação na Energia de Proctor Normal	69
Tabela 4.5 – Resultados das massas específica aparente seca obtidas, em campo e laboratório, e respectivos graus de compactação	69
Tabela 4.6 – Resultados dos ensaios de CBR (ME-049/94, DNIT).....	71
Tabela 4.7 – Resultados dos ensaios de CBR, sem imersão, na Energia de Proctor Normal para os teores de umidades encontrados em campo no período de maior índice pluviométrico.....	71
Tabela 4.8 – Resultados dos ensaios de CBR, sem imersão, na Energia de Proctor Normal para os teores de umidades encontrados em campo no período de menor índice pluviométrico.....	71
Tabela 4.9 – Resultados dos índices de penetração médio obtido no ensaio do CPD para o período de maior índice pluviométrico.....	74
Tabela 4.10 – Resultados dos índices de penetração médio obtido no ensaio do CPD para o período de menor índice pluviométrico.....	74
Tabela 4.11 – Valores de resistência média do solo à penetração, obtidos por meio do CPE, para os períodos de maior e menor índices pluviométricos.....	75
Tabela 4.12 – Valores de coeficiente de recalque (k) obtidos nos Ensaios de Placa realizados no período de menor índice pluviométrico	76
Tabela 4.13 – Resultados estatísticos dos parâmetros a e b , da equação nacional.....	78
Tabela 4.14 – Resultados estatísticos dos parâmetros a e b , da equação internacional	78
Tabela 4.15 – Valores de CBR, obtidos a partir da equação nacional, em função dos índices de penetração obtidos com o CPD no período de maior índice pluviométrico.....	81
Tabela 4.16 – Valores de CBR, obtidos a partir da equação nacional, em função dos índices de penetração obtidos com o CPD no período de menor índice pluviométrico.....	81
Tabela 4.17 – Valores de CBR, obtidos a partir da equação internacional, em função dos índices de penetração obtidos com o CPD no período de maior índice pluviométrico.....	82
Tabela 4.18 – Valores de CBR, obtidos a partir da equação internacional, em função dos índices de penetração obtidos com o CPD no período de menor índice pluviométrico.....	82
Tabela 4.19 – Resultados das análises de regressão.....	88
Tabela 4.20 – Resultados obtidos durante as campanhas de ensaios com o CPE e o CPD, no período de maior índice pluviométrico (Julho de 2007)	90
Tabela 4.21 – Resultados obtidos durante as campanhas de ensaios com o CPE e CPD, no período de menor índice pluviométrico (Novembro de 2007)	90
Tabela 4.22 – Resultados das análises de regressão.....	93
Tabela 4.23 – Valores críticos para controle do coeficiente de correlação (R), para níveis de significância $(1 - \alpha)$ e N observações	93

Tabela 4.24 – Resultados obtidos durante as campanhas de ensaios com o CPD, CPE e Ensaio de Placa no período de menor índice pluviométrico	97
Tabela 4.25 – Resultados das análises de regressão	99
Tabela 4.26 – Resultados dos teores de umidade obtidos em campo referente ao mês de Junho de 2008.....	101
Tabela 4.27 – Resultados obtidos com o CPD e com o PANDA para o 1º furo realizado	101
Tabela 4.28 – Resultados obtidos com o CPD e com o PANDA para o 2º furo realizado	102
Tabela 4.29 – Média geral dos resultados obtidos com o CPD e com o PANDA realizados na 3ª etapa dos ensaios em campo (Junho de 2008)	102
Tabela 4.30 – Resultados das análises de regressão.....	104
Tabela 4.31 – Média geral dos resultados obtidos com o CPE e com o PANDA realizados na 3ª etapa dos ensaios em campo (Junho de 2008)	105
Tabela 4.32 – Coeficiente de equivalência estrutural (k) para diversos materiais (Fonte: SENÇO, 1997).....	109
Tabela 4.33 – Espessuras totais do pavimento em função dos valores de CBR, obtidas com base no Ábaco do U.S. Corps of Engineers (SENÇO, 1997)	110
Tabela 4.34 – Espessuras recomendadas dependendo do tipo de Tráfego (para valores de índice de penetração obtidos por meio da relação CPD X CBR com origem na equação nacional).....	115
Tabela 4.35 – Espessuras recomendadas dependendo do tipo de Tráfego (para valores de índice de penetração obtidos por meio da relação CPD X CBR com origem na equação internacional)	115
Tabela 4.36 – Comparação das espessuras do pavimento entre o método do U.S. Corps of Engineers e o método do DNIT para o tráfego muito leve	117
Tabela 4.37 – Comparação das espessuras do pavimento entre o método do U.S. Corps of Engineers e o método do DNIT para o tráfego leve	118

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AB - 1	Rua Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 01
AB - 2	Rua Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 02
ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AL - 1	Rua Alta Leite - Poço de Inspeção N° 01
AL - 2	Rua Alta Leite - Poço de Inspeção N° 02
ASTM	Standard Test Method
B - 1	Rua Bruxelas - Poço de Inspeção N° 01
B - 2	Rua Bruxelas - Poço de Inspeção N° 02
CBR	California Bearing Ratio
CPD	Cone de Penetração Dinâmica
CPE	Cone de Penetração Estática
CPT	Cone Penetration Test
DNER	Departamento Nacional de Estrada de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
EC - 1	Rua Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção N° 01
EC - 2	Rua Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção N° 02
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FB - 1	Rua Fernando Barbosa de Melo - Poço de Inspeção N° 01

FB - 2	Rua Fernando Barbosa de Melo - Poço de Inspeção N° 02
HRB	Highway Research Board
IG	Índice de Grupo
ISC	Índice de Suporte Califórnia
IP	Índice de Plasticidade
JC	Rua José Carlos Cirino - Poço de Inspeção – Único
k	Coefficiente de Recalque
LL	Limite de Liquidez
LP	Limite de Plasticidade
MEF	Método dos Elementos Finitos
MPa	Mega Pascal (10⁶ Pascal)
NBR	Norma Brasileira
PMSP	Prefeitura Municipal de São Paulo
SI	Sistema Internacional de Unidades
SPT	Standard Penetration Test
SUCS	Sistema Unificado de Classificação de Solos
TB	Terminologia Brasileira
TRRL	Transport and Road Research Laboratory
UNB	Universidade de Brasília
USACE	United States Army Corps of Engineers
USP	Universidade de São Paulo

S U M Á R I O

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - OBJETIVO GERAL	2
1.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	2
2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
2.1 - PAVIMENTO	4
2.1.1 - REVESTIMENTOS DO TIPO CALÇAMENTO	7
2.1.2 - MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	8
2.1.2.1 - Métodos Empíricos de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis	8
2.1.2.2 - Métodos Racionais de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis.....	20
2.2 - CONE DE PENETRAÇÃO DINÂMICA – CPD	22
2.2.1 - HISTÓRICO	22
2.2.2 - DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO.....	23
2.2.3 - PENETRAÇÃO DO CPD	24
2.2.4 - UTILIZAÇÃO DO CPD.....	26
2.2.5 - VANTAGENS DO CPD.....	27
2.2.6 - FATORES QUE PODEM AFETAR OS RESULTADOS DO ENSAIO COM O CPD.....	28
2.2.7 - LIMITAÇÕES DO CPD	29
2.2.8 - CORRELAÇÕES DE RESULTADOS DO CPD COM O CBR.....	29
2.3 - CONE DE PENETRAÇÃO ESTÁTICA – CPE	32
2.3.1 - DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO.....	32
2.4 - PENETRÔMETRO DA AGULHA DE PROCTOR	35
2.5 - PENETRÔMETRO BRITÂNICO	36
2.6 - PENETRÔMETRO PANDA	37
2.6.1 - LIMITAÇÕES DA TÉCNICA DE CRAVAÇÃO	39
2.6.1.1 - Atrito Lateral.....	39
2.6.1.2 - Pressão dos Poros.....	40
2.6.1.3 - Transferência das Ondas de Choque e Energia Transmitida	40
2.6.1.4 - Deformação das Barras, Velocidade e Interrupção de Cravação.....	40
2.6.2 - APLICAÇÃO DO PANDA.....	40
2.7 - ENSAIO DE PLACA	41
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	46
3.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	47
3.1.1 - ESCOLHA DOS PROCEDIMENTOS E EQUIPAMENTOS.....	47
3.1.2 - ESCOLHA DAS RUAS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS	47
3.1.3 - REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS.....	47

3.1.3.1 - Estudo sobre as características físicas dos solos	47
3.1.3.2 - Estudo sobre o comportamento mecânico dos solos.....	49
3.1.4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS.....	65
4 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	66
4.1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MATERIAL COLETADO	66
4.1.1 - EM LABORATÓRIO	66
4.1.2 - EM CAMPO	67
4.2 - CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO MATERIAL COLETADO	68
4.2.1 - EM LABORATÓRIO	68
4.2.2 - EM CAMPO	72
4.2.3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS.....	78
4.3 - MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS URBANOS PROPOSTO	106
4.2.4 - ANÁLISE DO TRÁFEGO.....	107
4.2.4.1 - Tráfego Muito Leve	107
4.2.4.2 - Tráfego Leve.....	107
4.2.5 - CAPACIDADE DE SUPORTE DO SUBLEITO	108
4.2.6 - CAMADAS DO PAVIMENTO	108
4.2.7 - DIMENSIONAMENTO DA ESPESSURA DO PAVIMENTO	109
5 - CONCLUSÕES	119
6 - SUGESTÕES.....	121
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
8 - ANEXOS	128

CAPÍTULO 1

1 - INTRODUÇÃO

Com o crescimento da quantidade de ruas, avenidas e rodovias, o estudo da pavimentação vem ano a ano evoluindo com o aparecimento de novas técnicas de construção, equipamentos modernos e novos métodos de dimensionamento, resultantes de inúmeras pesquisas realizadas. Tudo isso, objetivando proporcionar uma economia significativa no orçamento destinado à elaboração e execução de projetos de pavimentos e uma obtenção de seu nível máximo de serventia.

Os materiais analisados "in situ", por meio de ensaios geotécnicos, por incorporarem a maioria das propriedades naturais e por envolverem uma grande massa de solo, representam mais fielmente as condições do solo, o que é de fundamental interesse na Engenharia de Pavimentos. Dessa forma, a avaliação de pavimentos por meio de ensaios "in situ" apresentam vantagens em relação aos procedimentos tradicionais realizados em laboratório.

Por outro lado, os métodos diretos (estrutura preservada) para determinar o suporte do solo, como a utilização do CBR "in situ" ou Ensaio de Placa, provavelmente os mais conhecidos, constituem-se em procedimentos demorados e laboriosos, utilizando-se de equipamentos de custo elevado. No entanto, as condições em que são realizados esses ensaios favorecem uma análise mais próxima da realidade das variáveis sob observação, e trazem para si, e em sua defesa, argumentos positivos de uma grande parte de pesquisadores em todo mundo. De forma contraposta, o Cone de Penetração Dinâmica (CPD), o Cone de Penetração Estática (CPE) e o Penetrômetro PANDA são tentativas de respostas à necessidade de um dispositivo simples e rápido, sem a necessidade de se despendem altos valores para a aquisição dos equipamentos e na operação de seus ensaios para avaliar as propriedades estruturais do pavimento em sua profundidade.

Os pavimentos urbanos, em geral, são construídos adotando-se uma estrutura similar aos pavimentos rurais ou de rodovias. Estes pavimentos possuem componentes característicos de vias mais solicitadas, acarretando em um erro majorado de solicitação de tráfego. Associado a isto, a estrutura de pavimentos em periferias de grandes cidades do Nordeste brasileiro é sobreposta numa camada de paralelepípedos como revestimento, o que pode vir a acrescentar uma margem de segurança excessiva.

Portanto, o aperfeiçoamento de técnicas de dimensionamento para pavimentos de vias urbanas, com o desenvolvimento de métodos com composição de tráfego e com a determinação do comportamento mecânico dos materiais que compõem a sua estrutura, sob condições mais próximas do que acontece em campo, pode gerar procedimentos que sejam mais econômicos e minimizem a utilização dos recursos constantes no orçamento de prefeituras de pequeno e médio porte, destinados à elaboração de projetos e a execução de pavimentos.

1.1 - OBJETIVO GERAL

Desenvolver um método para dimensionamento de pavimentos de vias urbanas, considerando um volume de tráfego adequado e em função dos resultados obtidos em campo com os equipamentos: Cone de Penetração Dinâmica, Cone de Penetração Estática e Penetrômetro Panda.

1.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a viabilidade técnica do Cone de Penetração Dinâmica, do Cone de Penetração Estática e do Penetrômetro PANDA como equipamentos a serem utilizados no dimensionamento de pavimentos urbanos;
- Comparar os resultados obtidos dos equipamentos utilizados e analisar a existência de uma possível correlação entre esses resultados;
- Desenvolver um modelo matemático padrão, em nível nacional e internacional, que relacione o índice de penetração do CPD com os valores do CBR do subleito;
- Obter subsídios para a determinação da capacidade de suporte dos solos com base nos ensaios de campo;
- Contribuir para a formação de um banco de dados de forma a introduzir e estimular novas pesquisas com os equipamentos utilizados, bem como outros de versatilidade semelhante.

1.3 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em 5 capítulos, estruturada da seguinte forma:

No Capítulo 1 constam a Introdução, os Objetivos a serem alcançados e um breve panorama do que será tratado em detalhes ao longo do texto. Esse capítulo tem a intenção de dar visibilidade ao trabalho, colocando de forma sucinta os motivos e as justificativas que proporcionaram a execução da pesquisa.

No Capítulo 2 - Fundamentação Teórica – são abordados assuntos relacionados à categorias, estruturas, funções e métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis. Em se tratando dos penetrômetros, foram citados alguns exemplos destes, porém foi dada uma maior ênfase aos penetrômetros utilizados em nosso

estudo, o Cone de Penetração Dinâmica, o Cone de Penetração Estática e o Penetrômetro PANDA, e por último foi realizada uma pequena revisão literária sobre Ensaio de Placa.

No Capítulo 3 - Materiais e Métodos - são relatados aspectos considerados importantes sobre os procedimentos dos ensaios e a metodologia adotada na pesquisa.

O Capítulo 4 - Apresentação e Análises dos Resultados - são apresentados e analisados os resultados obtidos durante a fase experimental.

O Capítulo 5 trata de expor as Conclusões obtidas durante a fase experimental da pesquisa, bem como as recomendações ou sugestões para que futuras pesquisas possam ser desenvolvidas sobre o tema em pauta.

Por fim, estão incluídas todas as Referências Bibliográficas utilizadas e os Anexos, onde constam três (03) exemplos de dimensionamento de pavimentos urbano, pelo método proposto, normas, planilhas, gráficos e tabelas resultantes dos ensaios realizados.

CAPÍTULO 2

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - PAVIMENTO

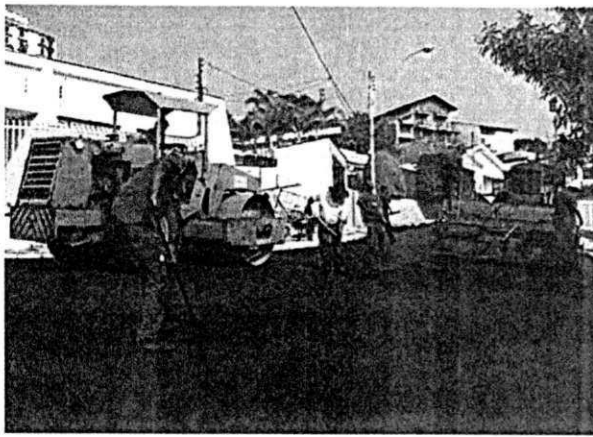
Pavimento é uma estrutura construída sobre o subleito por um sistema de camadas finitas com diferentes materiais, colocadas em contato com características físicas e mecânicas para suportar as cargas aplicadas na superfície e distribuí-las, de modo que as tensões solicitantes sejam menores que as tensões admissíveis dos materiais que a constituem.

O pavimento deve, em seu conjunto, possuir as seguintes funções:

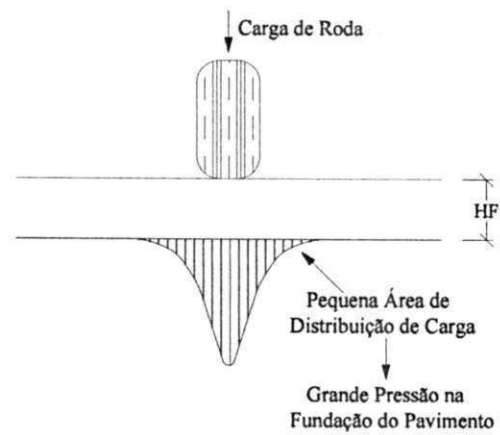
- conservar suas qualidades sob a ação das intempéries;
- resistir, sem desgaste excessivo, aos esforços verticais e horizontais produzidos pelo tráfego;
- ter boas condições de rolamento, permitindo uma circulação fácil, cômoda e segura;
- permitir que se realizem operações de reforço ou recapeamento compatíveis com o crescimento do volume de tráfego.

Em linhas gerais, pode-se adotar a Terminologia Brasileira - TB-7 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, onde é considerado tradicionalmente duas categorias de pavimentos: pavimentos flexíveis e pavimentos rígidos.

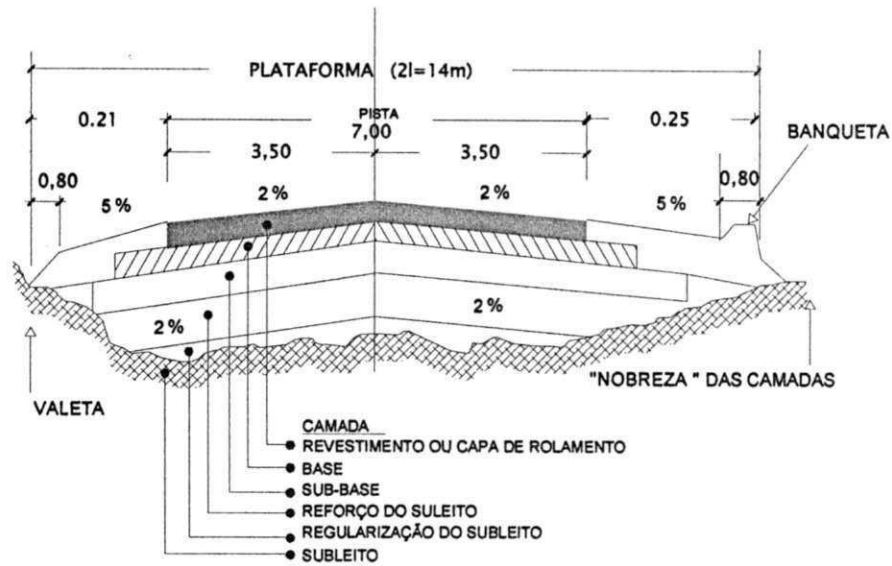
Pavimentos flexíveis: são aqueles constituídos por um revestimento betuminoso sobre uma base granular ou de solo estabilizado granulometricamente (Figura 2.1a). Apresentam deformações plásticas e elásticas limitadas por cálculos onde são relacionadas ao tráfego e aos materiais utilizados. A capacidade de suporte é função das características de distribuição de cargas por um sistema de camadas superpostas, em que as mais resistentes encontram-se na parte superior da estrutura. Esse tipo de pavimento gera pequenas áreas de distribuição de carga e grande pressão na fundação do pavimento (Figura 2.1b). Geralmente é constituído pelas seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e/ou regularização do subleito (Figura 2.1c).



a)



b)



c)

Figura 2.1 – a) Superfície de um pavimento flexível; b) Distribuição de carga na fundação do pavimento flexível e c) Estrutura de um pavimento flexível

Pavimentos rígidos: são pavimentos pouco deformáveis, com revestimento constituído por placa de concreto de cimento Portland, trabalhando essencialmente à tração (Figura 2.2a). Este tipo de pavimento proporciona uma grande área de distribuição de carga e uma pequena pressão na fundação (Figura 2.2b). Seu dimensionamento é baseado nas propriedades físicas e mecânicas das placas de concreto, as quais são apoiadas em uma camada de transição, a sub-base (Figura 2.2c). São geralmente utilizados em projetos destinados a suportar grandes cargas, intenso tráfego ou ainda em terrenos de baixa capacidade de suporte. Sua maior aplicação, hoje, está na pavimentação de grandes rodovias, avenidas de intenso tráfego pesado, pátios de aeroportos e áreas portuárias de movimentação de cargas.

Tabela 4.24 – Resultados obtidos durante as campanhas de ensaios com o CPD, CPE e Ensaio de Placa no período de menor índice pluviométrico	97
Tabela 4.25 – Resultados das análises de regressão	99
Tabela 4.26 – Resultados dos teores de umidade obtidos em campo referente ao mês de Junho de 2008.....	101
Tabela 4.27 – Resultados obtidos com o CPD e com o PANDA para o 1º furo realizado	101
Tabela 4.28 – Resultados obtidos com o CPD e com o PANDA para o 2º furo realizado	102
Tabela 4.29 – Média geral dos resultados obtidos com o CPD e com o PANDA realizados na 3ª etapa dos ensaios em campo (Junho de 2008)	102
Tabela 4.30 – Resultados das análises de regressão	104
Tabela 4.31 – Média geral dos resultados obtidos com o CPE e com o PANDA realizados na 3ª etapa dos ensaios em campo (Junho de 2008)	105
Tabela 4.32 – Coeficiente de equivalência estrutural (k) para diversos materiais (Fonte: SENÇO, 1997).....	109
Tabela 4.33 – Espessuras totais do pavimento em função dos valores de CBR, obtidas com base no Ábaco do U.S. Corps of Engineers (SENÇO, 1997)	110
Tabela 4.34 – Espessuras recomendadas dependendo do tipo de Tráfego (para valores de índice de penetração obtidos por meio da relação CPD X CBR com origem na equação nacional).....	115
Tabela 4.35 – Espessuras recomendadas dependendo do tipo de Tráfego (para valores de índice de penetração obtidos por meio da relação CPD X CBR com origem na equação internacional).....	115
Tabela 4.36 – Comparação das espessuras do pavimento entre o método do U.S. Corps of Engineers e o método do DNIT para o tráfego muito leve	117
Tabela 4.37 – Comparação das espessuras do pavimento entre o método do U.S. Corps of Engineers e o método do DNIT para o tráfego leve	118

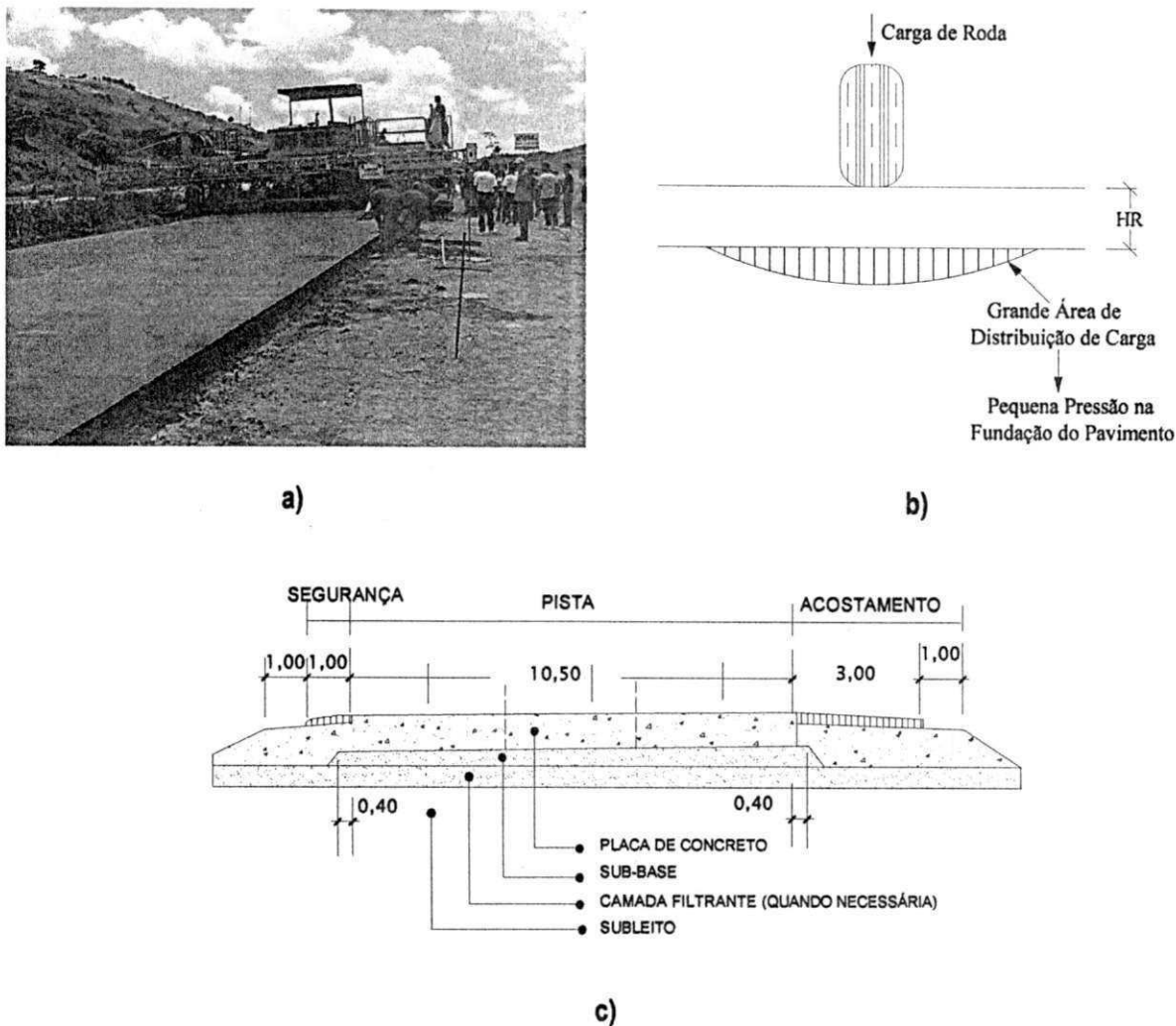


Figura 2.2 – a) Superfície de um pavimento rígido; b) Distribuição de carga na fundação do pavimento rígido e c) Estrutura de um pavimento rígido

O terreno sobre o qual está assentado a estrutura de um pavimento e que lhe serve de fundação é denominado de subleito; é, pois, todo o maciço terroso limitado superiormente pelo leito da estrada, não sendo considerado, portanto, como camada do pavimento. Segundo Senço (1997), em qualquer caso do semi-espaço infinito, apenas a camada próxima da superfície é considerada subleito, pois, à medida que se aprofunda no maciço, as pressões exercidas são reduzidas a ponto de serem consideradas desprezíveis.

Do ponto de vista prático, considera-se o subleito como sendo a camada de 0,6 m de espessura, a partir do leito, o que corresponde aproximadamente à profundidade em que as cargas que solicitam o pavimento atuam de maneira significativa (PINTO & PREUSSLER, 2002). De acordo com Senço (1997), geralmente as sondagens para a amostragem de materiais destinados ao subleito de um pavimento são aprofundadas até três (03) metros abaixo da superfície, considerando-se como fundação efetiva a camada com 1 a 1,5 metros, aproximadamente.

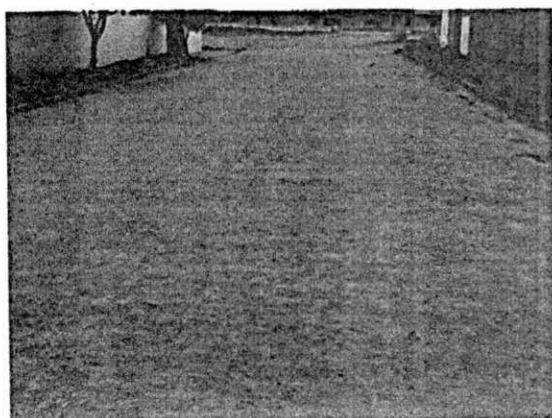
2.1.1 - REVESTIMENTOS DO TIPO CALÇAMENTO

Os revestimentos do tipo calçamento são aplicados em vias urbanas com baixo volume de tráfego e em estradas vicinais. Provocam trepidações e ruídos sentidos pelos usuários, mas que são compensados pela facilidade de retirada para execução de serviços de manutenção no subsolo, inclusive, permitindo o reaproveitamento total do revestimento. Os revestimentos do tipo calçamento podem ser:

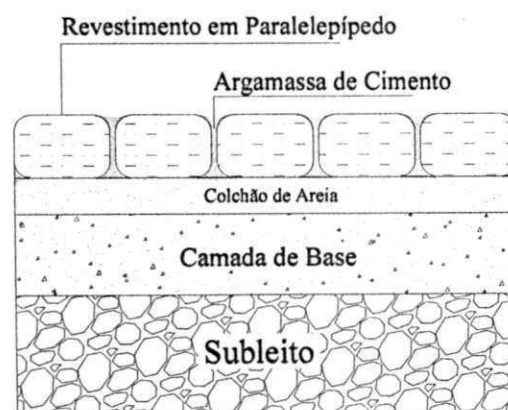
Alvenaria poliédrica: é um revestimento de pedras irregulares, assentadas lado a lado sobre uma base de solo escolhido, formando um autêntico mosaico. O assentamento é iniciado com as pedras-guias, que dão, em intervalos prefixados, o nivelamento do pavimento (SENÇO, 1997).

Paralelepípedos: representam um revestimento de extraordinária durabilidade, podendo, inclusive, ser reaproveitado com mudança da face exposta ao rolamento. Pode-se definir paralelepípedo como sendo uma peça de pedra com faces paralelas com a forma do sólido que lhe empresta o nome. Revestimento de paralelepípedo é a camada dessas pedras assentadas sobre uma base de areia (SENÇO, 1997).

Os paralelepípedos podem ser de granito, gnaiss ou originados de outros tipos de rocha de resistência equivalente, apresentando uma distribuição uniforme dos materiais constituintes e estarem isentos de veios, falhas, materiais em desagregação ou arestas quebradas. As juntas entre os paralelepípedos podem ser preenchidas com o próprio material do colchão de regularização, brita, materiais de misturas ou argamassas de cimento Portland, ou até mesmo, uma parcela de cada um destes materiais (Figura 2.3a e 2.3b). Os paralelepípedos com rejuntamento de argamassa de cimento Portland são considerados como revestimentos rígidos, devendo ser assentes sobre uma camada devidamente compactada.



a)



b)

Figura 2.3 – a) Superfície de um pavimento com paralelepípedos e b) Estrutura de um pavimento com revestimento em paralelepípedo

Blocos de concreto pré-moldados e articulados: consiste no revestimento de blocos de pré-moldados (bloquetes), assentes por processo manual, rejuntado com areia ou betume, colocados sobre um colchão de areia, pó de pedra ou sub-base de solo estabilizado. Geralmente, as formas, dimensões, espessuras e esquemas de articulações são patenteados. Os componentes e processos construtivos são semelhantes ao do revestimento de alvenaria poliédrica e de paralelepípedos e têm sido empregados com muita frequência em vias urbanas, pátios de estacionamento, acostamentos de rodovias e paradas de ônibus (SENÇO, 1997).

2.1.2 - MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

O dimensionamento de um pavimento consiste na escolha dos materiais que irão compor a sua estrutura e na determinação das espessuras das suas camadas de forma que essas sejam suficientes para resistir, transmitir e distribuir os esforços sobre o subleito resultantes da passagem dos veículos, sem que o conjunto sofra ruptura, deformações plásticas ou elásticas excessivas e desgastes superficiais prematuros.

A seguir serão descritos, em síntese, alguns métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis classificados segundo suas bases lógicas, ou seja, se empíricos ou racionais.

2.1.2.1 - Métodos Empíricos de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis

Os procedimentos empíricos de dimensionamento de pavimentos são baseados em correlações entre parâmetros que representam características físicas e mecânicas dos materiais que irão compor a estrutura do pavimento, bem como da fundação ou subleito. Estas correlações são estabelecidas com o auxílio de observações de comportamento em campo e em laboratório.

1a) Método do Índice de Grupo (IG)

É um método baseado nas características físicas dos terrenos e é representado por um número dado por uma fórmula empírica em função da porcentagem, que passa na peneira nº 200, e pelo seu grau de plasticidade, sendo, pois, necessário fazer-se a granulometria e a determinação dos limites de Atterberg (LL, LP e IP).

A fórmula que dá o índice de grupo é a seguinte:

$$IG = 0,2.a + 0,005.a.c + 0,01.b.d \quad [2.1]$$

Onde,

a = (% passante na # 200) – 35% (0 – 40); c = LL – 40% (0 – 20);

b = (% passante na # 200) – 15% (0 – 40); d = IP – 10% (0 – 20).

Segundo Baptista (1980:170), o autor deste método, o engenheiro norte-americano D. J. Steele, propôs no seu método de identificação do subleito por intermédio de um número (Índice de grupo) que a espessura da base e revestimento fossem função unicamente do tipo de tráfego, assim classificado:

- a) Leve – 50 veículos comerciais diários;
- b) Médio – 50 à 300 veículos comerciais diários;
- c) Pesado – mais de 300 veículos comerciais diários.

A esses tipos correspondem as seguintes espessuras:

Tráfego leve – 6 polegadas ou 15 cm de espessuras;

Tráfego médio – 9 polegadas ou 23 cm de espessuras;

Tráfego pesado – 12 polegadas ou 30 cm de espessuras.

Quanto à espessura da sub-base, faz depender unicamente da qualidade do subleito, classificado em quatro classes:

- a) Bons – cujo IG varia de 0 à 1 (solos A1, A3, A2-4 e A2-5);
- b) Regulares – IG variando de 2 à 4 (solos A2-6 e A2-7);
- c) Pobres – IG variando de 10 à 20 (solos A5, A6 e A7);
- d) Muito Pobres – IG variando de 10 a 20 (solos A5, A6 e A7).

As espessuras recomendadas por Steele para a sub-base são respectivamente:

- a) 0 polegadas (não precisa de sub-base);
- b) 4 polegadas ou 10 cm;
- c) 8 polegadas ou 20 cm;
- d) 12 polegadas ou 30 cm.

Quanto à espessura do revestimento, é um dado previamente fixado, de acordo com o tipo que deve ser usado. Se usarmos um tratamento superficial, a espessura será no máximo 2,5 cm (1 polegada). Os pré-misturados a frio, os concretos betuminosos e o macadame de penetração têm espessuras em torno de 5 cm à

10 cm. Quando se empregam pré-misturados de areia, esta espessura poderá atingir cerca de 15 cm (BAPTISTA, 1980:170).

O ábaco para o dimensionamento de estruturas de um pavimento flexível pelo método do Índice de Grupo encontra-se ilustrado na Figura 2.4.

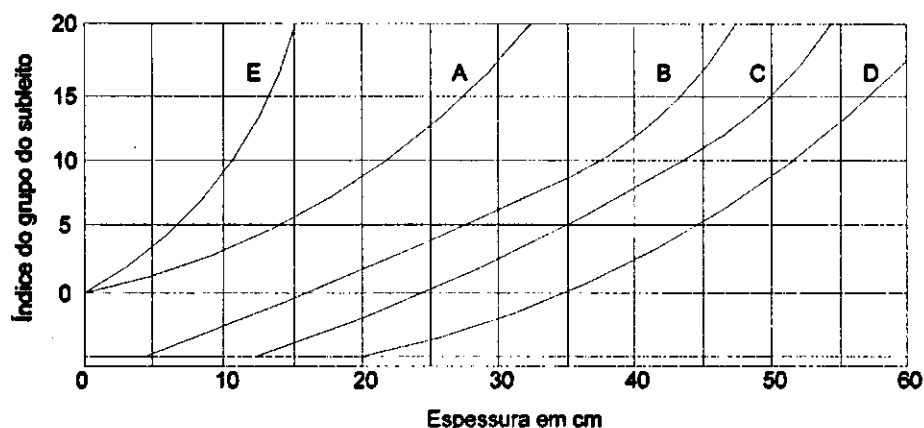


Figura 2.4 – Curvas de dimensionamento: IG x Espessura do Pavimento (Fonte: SENÇO, 1997)

As curvas de dimensionamento são baseadas nas seguintes considerações relativas à compactação e drenagem:

1 – A compactação do subleito não deve ser menos que 95% da massa específica aparente máxima do solo seco determinada pelo ensaio AASHTO normal – Standard -, e a compactação da sub-base e da base não deve ser menor que 100% (SENÇO, 1997).

2 – A superfície do subleito deve estar suficientemente acima do nível d'água, a fim de permitir perfeita compactação do subleito, antes de ser assentada a base ou sub-base e, onde necessário, deve ser executada a drenagem dos solos ou ser construído um aterro de altura suficiente para que o lençol d'água fique no mínimo 1,50 metros abaixo da interface entre o pavimento e o subleito (SENÇO, 1997).

Curva A – Espessura necessária de sub-base (e_3);

Curva B – Espessura total do revestimento, base e sub-base. Tráfego leve ($e_1 + e_2 + e_3$);

Curva C – Espessura total do revestimento, base e sub-base. Tráfego médio ($e_1 + e_2 + e_3$);

Curva D – Espessura total do revestimento, base e sub-base. Tráfego pesado ($e_1 + e_2 + e_3$);

Curva E – Espessura adicional de base que pode substituir a sub-base dada pela curva A.

O material da sub-base deve ter $IG = 0$

Cálculo das espessuras das camadas do pavimento.

Procede-se da seguinte maneira:

Entra com o valor de IG , na curva A do ábaco da Figura 2.4 e obtém-se a espessura necessária de sub-base (e_3);

Entra-se com o valor de IG , numa das curvas B, C ou D, conforme o tráfego previsto seja leve, médio ou pesado, respectivamente, e obtém-se: $e = e_1 + e_2 + e_3$;

Calcula-se: $e_1 + e_2 = e - e_3$;

Adota-se e_1 e calcula-se: $e_2 = (e_1 + e_2) - e_1$;

Por meio técnico e econômico se recomenda a eliminação da sub-base substituindo-a por uma base complementar, obtém-se e'_2 na curva E e substitui-se $e_2 + e_3$ por $e_2 + e'_2$ (SENÇO, 1997).

Exemplo de dimensionamento:

Dimensionar o pavimento flexível para uma estrada cujo subleito é formado por um solo argiloso apresentando:

$a =$ percentagem que passa na peneira nº 200 = 65%;

$b = LL = 58\%$, $LP = 49\%$, $IP = LL - LP = 58 - 49 = 9$.

É previsto um tráfego de 250 veículos/dia - caminhões e ônibus -, dos quais aproximadamente 10% apresentam carga por roda de 9.000 libras (aproximadamente 4.100 kgf), portanto tráfego pesado.

Então:

$$a = 65 - 35 = 30$$

$$b = 55 - 15 = 40$$

$$c = 58 - 40 = 18$$

$$d = 10 - 10 = 0$$

$$IG = 0,2 \times 30 + 0,005 \times 30 \times 18 + 0,01 \times 40 \times 0 = 6 + 2,7 + 0 = 8,7 \rightarrow IG = 9$$

No ábaco:

Curva A: IG → 9 → 20 cm

Curva D (Tráfego pesado): IG = 9 → 50 cm.

Adotando 5 cm para o revestimento:

e = espessura total = 50 cm

e_3 = sub-base = 20 cm

e_2 = sub-base = 25 cm

e_1 = revestimento = 5 cm.

1b) Método Proposto pelo Highway Research Board (HRB)

Trata-se de um método empírico, baseado no estudo das características físicas dos terrenos, tais como: granulometria, limites de Atterberg (LL, LP e IP), etc.

O *Highway Research Board* propôs modificação da classificação dos solos, apresentada pela *Public Roads Administration* (P.R.A.). Segundo Baptista (1980:168), a modificação proposta consiste em classificar os solos em dois grupos: solos granulares e solos finos.

Solos Granulares: são os solos pertencentes aos grupos A1, A2 e A3 e os respectivos subgrupos A1-a, A1-b, A2-a e A2-b. O grupo A1 e o subgrupo A1-a são solos que podem ser empregados como sub-base e o subgrupo A1-b pode ser empregado como base.

Solos Finos: são os solos pertencentes aos grupos A4, A5, A6 e A7 e os respectivos subgrupos A7-5 e A7-6.

Na Tabela 2.1 encontram-se as espessuras recomendadas para os grupos de solos citados acima.

Tabela 2.1 – Tabela do Highway Research Board (espessuras recomendadas para bases do tipo de estabilização granular para cargas máximas de 10.000 libras por roda (4.540 kg)) (Fonte: BAPTISTA, 1980)

Classificação do Solo do Subleito	A1-b Não Plástico	A1-a Plástico	A3	A2-a Não Plástico	A2-b Plástico	A4 A4-7	A5 A5-7	A6	A7
Revestimento	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Base	0	13	13	13	15	20	20	20	20
Sub-base	0	0 - 30	0	0	0 - 30	5 - 40	10 - 40	0 - 34	0 - 35
Pavimento Total	5	18 - 48	18	18	20 - 50	30 - 65	35 - 65	25 - 60	25 - 60

Pela Tabela 2.1 observa-se que:

- os subleitos constituídos de solos A1-b e A2-a, no caso em que o nível do lençol d'água subterrâneo esteja abaixo de 2,00 m de profundidade, não necessitam de sub-base (BAPTISTA, 1980:169);
- os subleitos constituídos de solos A1-a e A2-b, no caso em que o nível do lençol d'água esteja acima de 2,00 m de profundidade, terão para espessura da sub-base o valor máximo indicado na Tabela 2.1 (BAPTISTA, 1980:169);
- os subleitos constituídos de solos A2-a e A3 devem ser misturados na espessura de 30 cm com material ligante (argila ou betume) para torná-los mais estáveis (BAPTISTA, 1980:169);
- nos subleitos constituídos de solos A4, A4-7, A5 e A5-7, no caso de estar o nível do lençol d'água a apenas 1,00 m da superfície, dever-se-á empregar a espessura máxima indicada na Tabela 2.1 (40 cm) (BAPTISTA, 1980:169);
- nos subleitos constituídos de solos A4, A4-7, A5 e A5-7, no caso de estar o nível do lençol d'água abaixo de 1,00 m, dever-se-á empregar a espessura mínima indicada na Tabela 2.1 (BAPTISTA, 1980:169);
- os subleitos constituídos de solos A6 e A7, no caso de estar o nível do lençol d'água a uma profundidade maior de 2,00 m, não necessitam de sub-base (BAPTISTA, 1980:169);
- nos subleitos constituídos de solos A6 e A7, no caso de estar o nível do lençol d'água a uma profundidade tal que constitua perigo para sua estabilidade (menos que 2,00 m), dever-se-á empregar a espessura máxima indicada na Tabela 2.1 (35 cm) (BAPTISTA, 1980:169).

Para o caso em que se tenham bases de solo-cimento, tem-se a Tabela 2.2:

Tabela 2.2 – Espessuras de bases de solo-cimento em função do material do subleito (Fonte: BAPTISTA, 1980)

Classificação do Material do Subleito	Espessura da Base de Solo-Cimento
A1-b, Não Plástico	0 cm
A1-a, A2-a, A2-b e A3	13 cm
A4, A4-7, A5, A5-7, A6 e A7	15 cm

1c) Método CBR (California Bearing Ratio)

Trata-se de um método empírico, de grande aceitação, baseado na resistência do terreno à penetração, introduzido pelo engenheiro O. J. Porter, Diretor da Divisão de Materiais do California Highway Department, em 1929. Inicialmente, Porter imaginou o CBR para avaliar o comportamento, sob a ação do tráfego, de materiais granulares empregados na construção das camadas do pavimento. Desses estudos e observações, Porter relacionou o CBR do subleito e a intensidade de tráfego com as espessuras mínimas necessárias do pavimento. A resistência ou capacidade de suporte ISC foi correlacionada empiricamente com o desempenho das estruturas levando a um método de dimensionamento de pavimentos que fixa espessuras mínimas da estrutura dependendo do índice de suporte do subleito, de modo a limitar tensões e protegê-lo da ruptura.

Sabendo que é de 18.000 libras por eixo simples a carga legal máxima permitida no Estado da Califórnia, a classificação do tráfego, feita por Porter, em pesado e leve demonstra que, já naquela época, havia a preocupação com o volume de tráfego, primeiro passo para o conceito atual levar em conta o número de repetições de carga durante todo o período de projeto (SENÇO, 1997).

É um método comparativo, que consiste em obter uma relação entre os solos constituintes do subleito e um de pedra britada de granulometria determinada, que, como se sabe se comporta bem como subleito nos casos de pavimentos flexíveis (BAPTISTA, 1980:172).

O elemento de compactação e identificação é, assim, um índice cuja determinação é feita pelo Ensaio de Suporte Califórnia, que é um ensaio de resistência mecânica. O ensaio para determinação do CBR consiste em determinar uma relação *carga-penetração* de uma haste de seção transversal circular de área igual a 3 polegadas quadradas (19,35 cm²), que atua em amostra de solo, compactada à umidade ótima e densidade máxima, com uma velocidade de carga de 0,05 polegadas por minuto, ou seja, 1,27 mm por minuto.

Assim temos:

$$\text{CBR} = \left(\frac{P}{P_T} \right) \times 100 \quad [2.2]$$

Sendo:

P – pressão necessária para fazer o pistão penetrar na amostra;

P_T – pressão necessária à mesma penetração em amostra padrão de pedra britada.

Os equipamentos para realização do ensaio de CBR, o gráfico da relação penetração versus carga, corrigido, devido ao ponto de inflexão, encontram-se ilustrados na Figura 2.5a e 2.5b, respectivamente.

Para projetar-se a espessura do pavimento, utiliza-se o gráfico empregado pelo Virginia Highway Department, como se vê na Figura 2.5c, cujo uso deve-se ter em vista o seguinte:

Onde o gráfico indicar espessuras menores que o mínimo especificado na Tabela 2.3, deve-se usar a indicada na própria Tabela 2.3;

O CBR é determinado para 0,1" de penetração.

Para cada carga por roda, tem-se uma curva, designada por uma letra, como segue:

A = 6.000 lb por roda

D = 15.000 lb por roda

B = 9.000 lb por roda

E = 20.000 lb por roda

C = 12.000 lb por roda

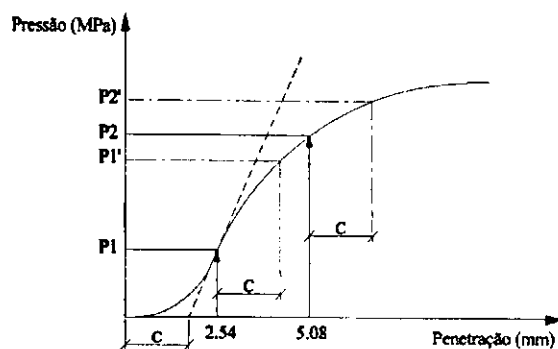
F = 25.000 lb por roda

Tabela 2.3 - Espessuras mínimas combinadas da base e revestimento em função da carga por roda e do CBR da base (Fonte: BAPTISTA, 1980)

CBR mínimo e espessura mínima combinada de base e revestimento imediatamente sobre a sub-base		
Carga por roda	CBR mínimo do material de base em %	Espessura mínima combinada de base e revestimento
9.000 lb para baixo	45	6"
12.000 lb	55	7"
15.000 lb	60	8"
20.000 lb	65	9"
25.000 lb	70	9"

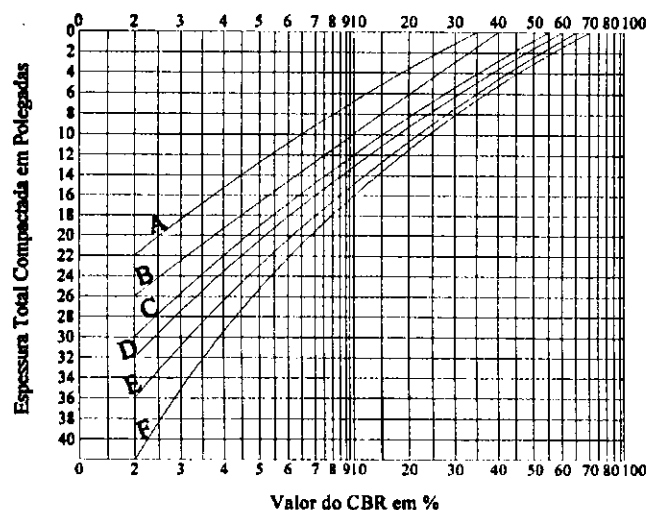


a)



P1 e P2 Pressões lidas para 2,54 e 5,08 mm
 P1' e P2' Pressões corrigidas para 2,54 e 5,08 mm

b)



c)

Figura 2.5 – a) Equipamentos para execução do ensaio de CBR; b) Gráfico CBR (penetração versus carga) com correção e c) Curvas para dimensionamento de rodovias, método do CBR (BAPTISTA, 1980)

Exemplo de Dimensionamento:

Deseja-se dimensionar um pavimento sobre uma estrada existente, que funcionará como subleito, dando um CBR de 5%.

O tráfego previsto é do tipo de 15.000 libras por roda.

O material empregado para sub-base do tipo selecionado apresenta um CBR de 20% e a base do solo estabilizado granulometricamente tem um CBR da ordem de 70%.

Solução:

Entrando no gráfico da Figura 2.5c com o CBR igual a 5% para a curva correspondente ao tráfego previsto, isto é, 15.000 lb por roda, temos para uma altura total do pavimento de 45 cm.

Entrando com o CBR igual a 20% do material da sub-base, na curva correspondente ao tráfego previsto, teremos aproximadamente 20 cm para altura acima da sub-base.

Como a altura total é 45 cm, a altura da sub-base será $45 - 20 = 25$ cm.

Usando um concreto betuminoso com 5 cm de espessura, teremos para a base $20 - 5 = 15$ cm.

Na Figura 2.6 encontra-se ilustrado um exemplo das espessuras das camadas de um pavimento obtidas pelo método de dimensionamento do CBR:

Em resumo temos:

Espessura da sub-base = 25 cm

Espessura da base = 15 cm

Espessura do revestimento = 5 cm

Espessura total do pavimento = 45 cm

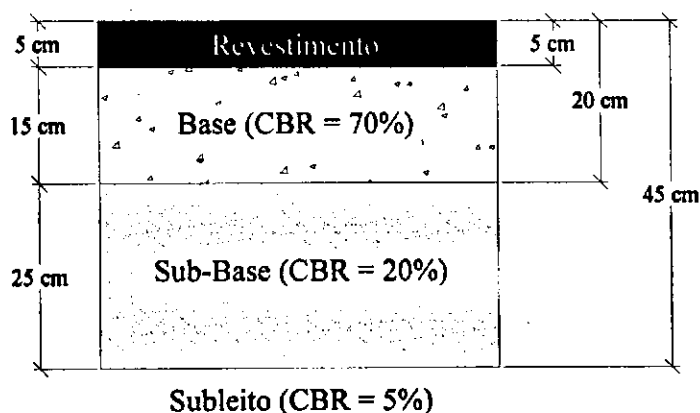


Figura 2.6 – Espessuras das camadas de um pavimento dimensionado pelo método do CBR

1d) Método do DNER (Atual DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes)

O método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNER foi elaborado pelo engenheiro Murilo Lopes de Souza no início da década de 60. Algumas modificações foram feitas desde então, incorporando alguns resultados da AASHO Road Test e experiências do próprio autor.

Trata-se de um método essencialmente derivado do método CBR original da USACE (United States Army Corps of Engineers). No dimensionamento de um pavimento flexível por este método, deve-se conhecer as seguintes variáveis:

- O tráfego futuro para o período de vida do projeto estipulado;
- Coeficientes de equivalência estrutural (K) determinado em função do tipo de material utilizado;
- Espessura mínima para o revestimento betuminoso determinado em função do tráfego.

Segundo Rodrigues (1998), o método do DNER de 1981 pode ser considerado a favor da segurança, quando se trata de indicar uma espessura total de pavimento requerida para proteger o subleito contra acúmulo excessivo de deformação plástica em condições específicas de umidade de campo.

A razão do superdimensionamento está no fato do procedimento da estimativa do CBR ser em função de ensaios realizados em corpos-de-prova, após imersão, de no mínimo de 48 horas, em água para simular o fenômeno do degelo na primavera que ocorre nos Estados Unidos da América. Outra limitação está no fator de que suas recomendações para a espessura mínima da camada de revestimento em concreto asfáltico, podem tanto estar a favor da segurança como contra, já que elas não levam em conta as deformações repetidas de tração na parte inferior da camada de revestimento provocadas pelas cargas do tráfego e que podem resultar na fadiga prematura da mistura asfáltica.

1e) Método da Prefeitura Municipal de São Paulo - PMSP

Trata-se de um tipo de dimensionamento de pavimento baseado no método do DNIT, sendo o tráfego considerado de forma semelhante ao método do índice de grupo (faixa de volume de tráfego representada pelo tráfego diário médio de veículos comerciais).

Originalmente, foram consideradas quatro faixas de variação de tráfego. Posteriormente, foi introduzida uma quinta faixa de variação, chamada de Tráfego Muito Leve, correspondente a até três veículos comerciais por dia, para atender ao plano de pavimentação de baixo custo, para vias de baixa solicitação onde os veículos comerciais são apenas de serviços públicos ou similares (SENÇO, 1997).

Na Figura 2.7 encontra-se ilustrado o ábaco para dimensionamento de pavimentos pelo método da PMSP.

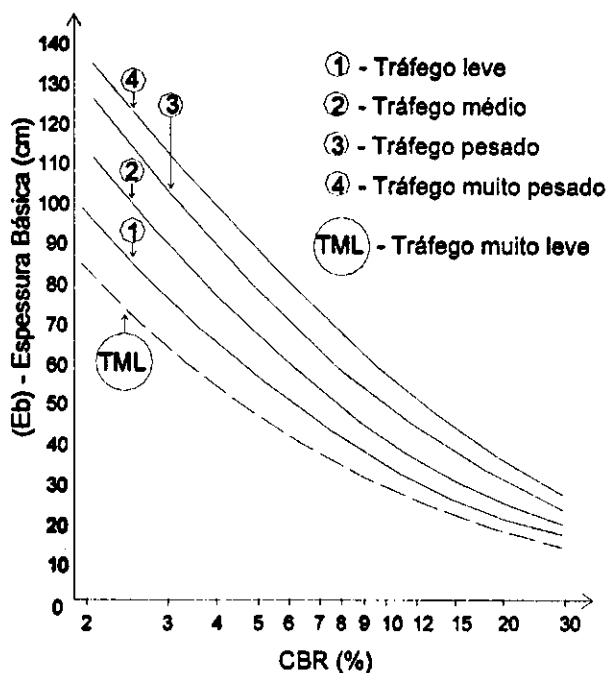


Figura 2.7 – Ábaco de dimensionamento de pavimentos – método da PMSP (SENÇO, 1997)

Em 1991 a PMSP apresentou alterações no método de dimensionamento, visando maior economia nas estruturas destinadas às vias de tráfego leve e tráfego muito leve. A determinação da espessura básica é feita levando em conta o CBR do subleito e ao tráfego – leve ou muito leve -, utilizando o ábaco ilustrado na Figura 2.8.

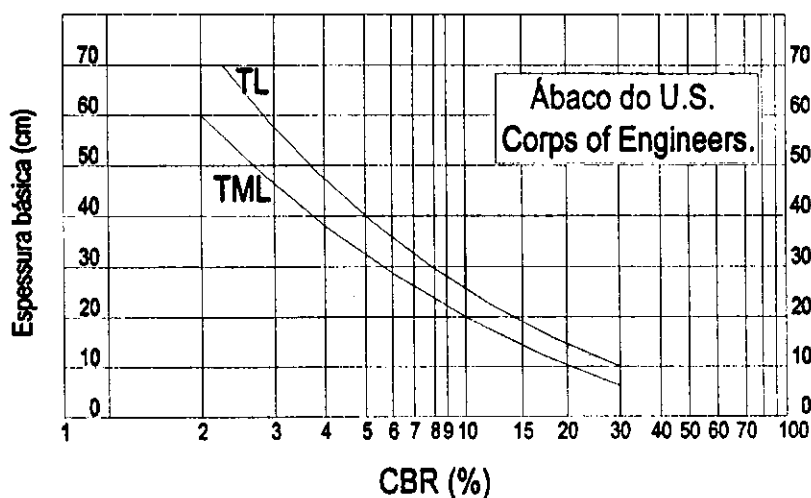


Figura 2.8 – Ábaco de dimensionamento de pavimentos destinado a vias de tráfego leve e tráfego muito leve – método da PMSP (SENÇO, 1997)

O método da PMSP (2004) está disponível para os usuários em formato eletrônico, como planilha de cálculo, conhecida por DIMPAV, que pode ser obtida na internet pelo site: [Http://www.ptr.poli.usp.br/Imp/downloads](http://www.ptr.poli.usp.br/Imp/downloads).

2.1.2.2 - Métodos Racionais de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis

Enquanto o processo de dimensionamento empírico é fundamentado nas relações baseadas na experiência, o método racional baseia-se nas leis da mecânica do contínuo, a qual relaciona a carga da superfície com a reação do pavimento em termos de tensão, deformações e deslocamentos.

Os procedimentos "racionais" dependem de uma correlação entre as respostas do pavimento, a partir do uso de conceitos de camadas elásticas e/ou elementos finitos e seu comportamento real. Equações são usadas para relacionar as solicitações impostas pelo tráfego com as deformações, trincas ou rupturas resultantes.

O manual de dimensionamento da AASHTO lista os benefícios do uso correto da aplicação do procedimento racional:

- melhor confiabilidade no dimensionamento;
- habilidade em prever tipos específicos de deformações;
- habilidade de extrapolar os resultados obtidos em campo e no laboratório.

A seguir serão descritos resumidamente alguns métodos racionais.

2a) Método das Espessuras Equivalentes

Uma extensão da teoria de Boussinesq, para sistemas de múltiplas camadas, foi apresentada por Odemark (1949). Seu método é baseado no conceito de espessuras equivalentes, um conceito que foi apresentado na literatura há muito tempo atrás. Usando este procedimento, as espessuras de todas as camadas acima do subleito são substituídas por uma espessura equivalente (H_{eq}) de material com as mesmas propriedades do subleito (SEVERI *et al.* 1998).

O método das espessuras equivalentes preconiza que as tensões e as deformações que ocorrem em uma camada dependem apenas da rigidez da mesma.

2b) Método das Diferenças Finitas

O método das diferenças finitas é utilizado para solucionar problemas de valores no contorno em equações diferenciais ordinárias; as derivadas das equações diferenciais se calculam por meio de fórmulas aproximadas, numa série de pontos no domínio de integração no problema. Obtém-se um sistema de equações algébricas que permite calcular as incógnitas nos pontos escolhidos. Aumentando-se o número de pontos, as soluções se aproximam da solução exata. Tem-se a solução discreta do problema nos pontos considerados. A

superposição dos efeitos, causados por várias rodas, é correta para o cálculo dos deslocamentos, mas aproximada para as tensões. Consideram-se as camadas homogêneas, isotrópicas e horizontalmente infinitas, sendo o subleito um meio semi-infinito. Cada camada tem módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson (MEDINA, 2004).

2c) Método dos Elementos Distintos

Nesse método são utilizados programas de computador desenvolvidos para esse tipo de análise. O programa BALL é um programa desenvolvido para este fim pela Technical University of Denmark.

A vantagem deste método é a habilidade de modelar realisticamente materiais do pavimento, tendo na memória a distribuição granulométrica, o tamanho das partículas e sua angularidade, o grau de compactação, a rigidez, o coeficiente de atrito dos grãos e a coesão entre as partículas. O programa calcula o movimento de partículas distintas em incrementos de tempo baseado nas forças atuantes em cada partícula (JORDÃO, 2004).

2d) Método dos Elementos Finitos

O método dos elementos finitos pode ser usado para análises da tensão, deformação e deslocamento na estrutura do pavimento. A sua vantagem é que se admite um modelo do pavimento responsável pela carga dinâmica e estática para diferentes estruturas geométricas, as quais podem incluir considerações sobre trincas. É um método numérico o qual não fornece uma solução exata e os modelos de material são baseados na mecânica do contínuo, assim a validade junto aos dados reais são necessários (JORDÃO, 2004).

Segundo Medina (1997), no método dos elementos finitos – MEF – o meio contínuo é dividido em elementos fictícios de dimensões finitas ligadas entre si por pontos nodais que se assimilam às articulações sem atrito. A Figura 2.9 ilustra a malha de elementos quadrangulares.

A última camada nem sempre pode ser considerada semi-infinita. Se o subleito é pouco deformável deve-se simulá-lo por meio de uma fronteira indeformável a partir de uma camada de rigidez elevada a uma profundidade adequada.

Aplica-se a teoria da elasticidade para obter a relação entre as forças e os deslocamentos nodais de cada elemento, e a partir destes, os deslocamentos no seu interior. Calcula-se a matriz de rigidez de cada elemento $[K_e]$, os elementos ligam-se pelas faces ou lados, e desenvolve-se uma matriz de rigidez global da estrutura: $[K]$. Tem-se, portanto, o sistema de equações simultâneas: $\{F\} = [K].\{\delta\}$ onde o primeiro membro é um vetor tensão. Resolvido o sistema, têm-se os deslocamentos nodais.

O programa gera automaticamente uma malha e acolhe os módulos dependentes ou não das tensões. As deformações (específicas) são as derivadas primeiras dos deslocamentos e as tensões relacionam-se às

deformações: $\{\sigma\} = [D] \cdot \{\epsilon\}$, onde $[D]$ é a matriz que contém as características do material. Na prática, este é um valor do módulo de elasticidade que, se não for linear, dependerá do estado de tensões. O módulo de resiliência ou de "elasticidade" é obtido em ensaios de cargas repetidas (JORDÃO, 2004).

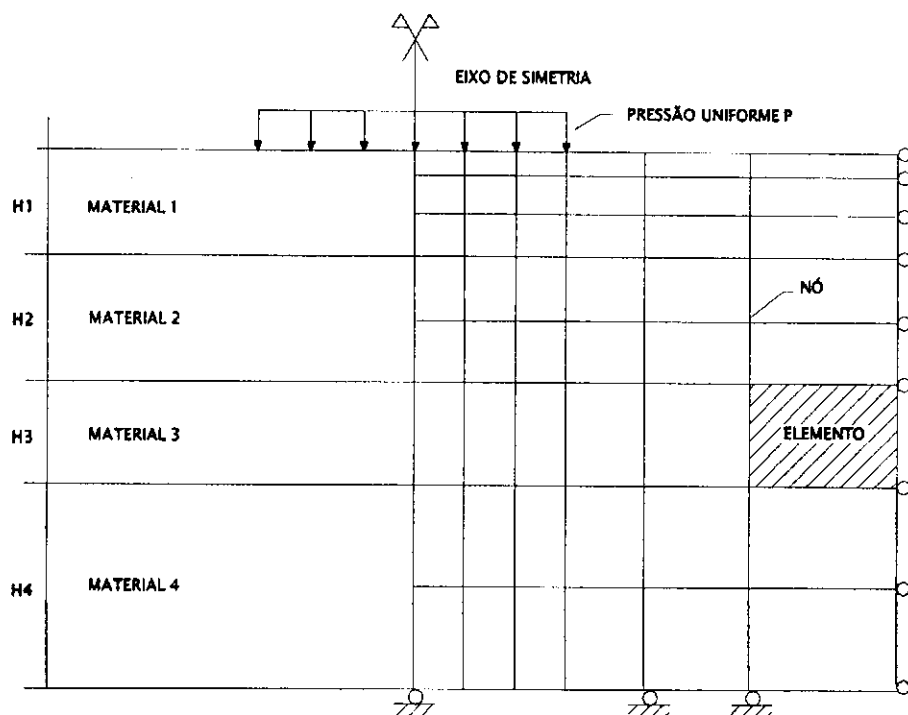


Figura 2.9 – Configuração dos elementos finitos para análise de um aterro estratificado (MEDINA, 1997)

2.2 - CONE DE PENETRAÇÃO DINÂMICA – CPD

2.2.1 - HISTÓRICO

O desenvolvimento do Cone de Penetração Dinâmica (CPD) ou "Dynamic Cone Penetrometer" (DCP) teve como objetivo produzir um equipamento simples e versátil para estudos sobre as propriedades mecânicas "in situ" de solos que constituem o subleito.

O CPD foi inicialmente desenvolvido em 1956 na Austrália e posteriormente intensamente utilizado no Sul da África como uma técnica "in situ" de avaliação da capacidade de suporte de solos, que por sua vez é uma das propriedades mais importante dos materiais utilizados para rodovias. Desde então, tem sido usado extensivamente na África do Sul, no Reino Unido, nos Estados Unidos, na Austrália e em muitos outros países (AMINI, 2003).

De acordo com Trichês e Cardoso (1999), o CPD foi inicialmente empregado para análise de subleitos por Scala em 1962 na Austrália. Depois de várias pesquisas, foram desenvolvidos o equipamento e o método de

ensaio. Desde 1973 vem sendo utilizado para medições rápidas de resistência "in situ" de camadas de pavimento na África do Sul e, então, desde 1982 Kleyn *et al.* (1982) vêm realizando estudos para estabelecer um método de dimensionamento de pavimentos sujeitos a um baixo volume de tráfego, com base nas informações obtidas com o CPD (BERTI, 2005:30).

Nos últimos anos, algumas organizações mostraram considerável interesse no uso do CPD, por ser um equipamento ajustável e flexível à vários tipos de avaliações e a não existência atualmente, de nenhuma técnica rápida disponível. No Brasil, seu uso em pesquisas é bastante difundido:

- DNIT (HEYN, 1986);
- Escola de Engenharia de São Carlos, da USP (ROHM & NOGUEIRA, 1990);
- Instituto de Tecnologia de Aeronáutica – ITA (VERTAMATTI & OLIVEIRA, 1997 e 1998);
- Universidade de Brasília (REZENDE, 2003);
- Universidade Federal de Santa Catarina (TRICHÊS & CARDOSO, 1998 e 1999; e TRICHÊS, DALPAI & FONTES, 2004);
- UNICAMP (BERTI, 2005);
- Universidade Federal de Campina Grande (SILVA JÚNIOR, 2005 & MELO FILHO, 2007).

2.2.2 - DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O CPD consiste basicamente de uma haste de aço de 20 mm de diâmetro, contendo em sua extremidade uma ponta cônica de aço temperado com 30° de ângulo de inclinação, o que o torna com o diâmetro ligeiramente maior que o da lança para assegurar que a resistência à penetração seja exercida apenas pelo cone. O conjunto é punccionado para dentro do solo pelo impacto de um martelo correção de 8 kg de massa, guiado pela haste, que cai de uma altura de 575 mm. A penetração do cone, em termos de profundidade, é medida por meio de uma régua graduada que permanece apoiada à superfície e paralela à haste de sustentação do equipamento (Figura 2.10).

O CPD é projetado para penetrar até uma profundidade média de 800 mm ou, quando uma extensão da haste é fixada, pode atingir uma profundidade de 1.200 mm. Kleyn *et al.* (1982) relatam que os materiais localizados em profundidades superiores a este valor são pouco interferidos pela ação das cargas do tráfego.

Para operar o CPD são necessárias duas pessoas: uma para segurar o equipamento e manusear o martelo e a outra para realizar a leitura e anotar os dados da penetração do cone pela régua graduada em um formulário próprio para este fim. Segundo Heyn (1986), o instrumento tem massa total de aproximadamente 12 kg e mede cerca de 2,0 m.

Em geral, para o uso na engenharia, o projeto básico do CPD não foi alterado, significativamente, desde a sua origem. Contudo, a massa do peso do martelo foi alterada diversas vezes, assim como a ponta do cone sofreu modificações do seu projeto base (TRRL, 1986). Atualmente existem dois tipos de pontas cônicas, com 30° ou 60° . A maioria dos equipamentos de penetração dinâmica tem um peso deslizante ("martelo") de 8 kg (aproximadamente 78 N) (SILVA JÚNIOR, 2005:39).

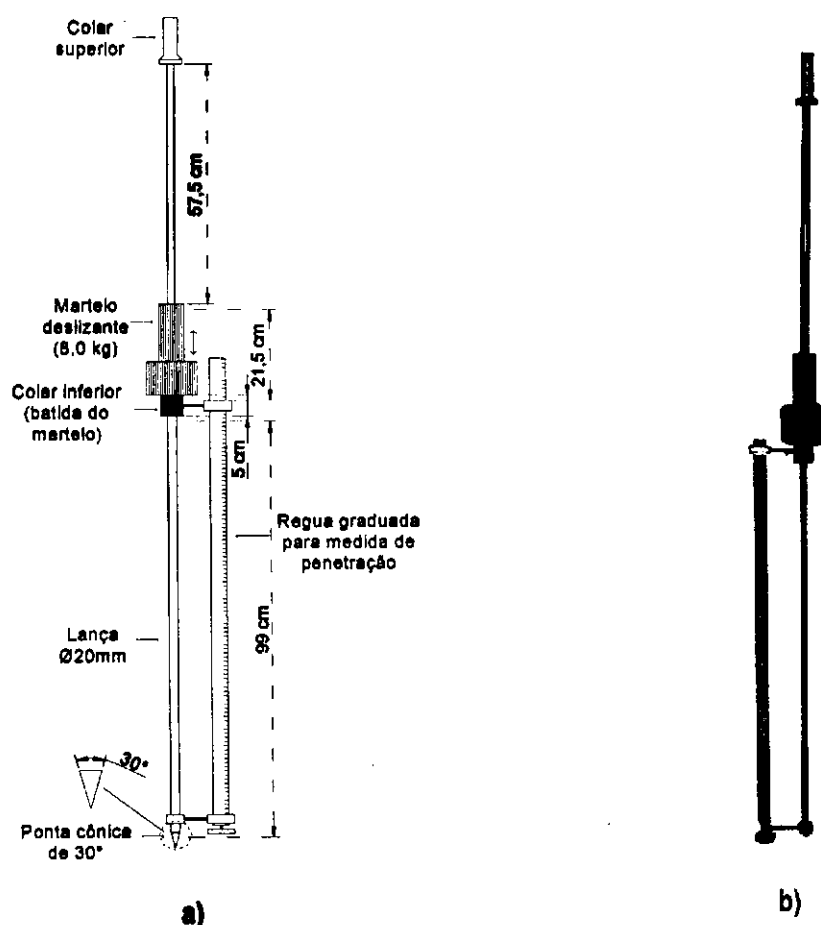


Figura 2.10 - a) Esboço esquemático do Cone de Penetração Dinâmica e b) Cone de Penetração Dinâmica

2.2.3 - PENETRAÇÃO DO CPD

Na execução do ensaio com o CPD não é possível alcançar uma velocidade constante de penetração no solo, bem como não é necessário a aplicação de forças contínuas. É fornecida uma quantidade conhecida de

energia cinética, que faz com que ocorra a penetração, a certa distância, através do solo, a qual depende da energia aplicada, da geometria da ponta e da resistência à penetração do solo (SILVA JÚNIOR, 2005).

As medidas do cone de penetração podem ser expressas como o número de golpes por milímetro de penetração ou como a resistência média do solo por profundidade do solo penetrado. Esta aproximação não supõe uniformidade do solo. Isto gera uma resistência média através da profundidade penetrada pelo cone. Estes números médios são mais informativos para os solos, os quais são relativamente uniformes dentro do avanço na profundidade penetrada a cada golpe (HERRICK e JONES, 2001).

Segundo Trichês e Cardoso (1999), “[...] a primeira leitura de penetração do CPD é sempre desconsiderada, pois, no primeiro golpe, a superfície de contato entre o cone e o solo não é a mesma dos golpes posteriores, face a distribuições das pressões induzidas pelo ensaio”. Conforme Vertamatti e Oliveira (1998), no cálculo da razão de penetração não se deve levar em consideração o deslocamento do cone correspondente ao primeiro golpe.

Com os valores das leituras, juntamente com o número de golpes, é possível realizar uma curva no gráfico cartesiano “penetração versus número de golpes”. Geralmente o número de golpes é lançado em gráfico no eixo das abscissas, enquanto a penetração, no eixo das ordenadas. A curva CPD obtida representa o número de golpes para se alcançar uma dada profundidade.

A inclinação expressa pela razão entre a profundidade e o respectivo número de golpes para alcançá-la (mm/golpe) é chamada de índice de penetração do CPD, o qual representa a resistência “in situ” do pavimento e pode ser expresso por:

$$\text{CPD} = \frac{\text{Profundidade}}{\text{N}^{\circ} \text{ de Golpes}} \quad [2.3]$$

Dependendo do tipo de material que constitui a camada do pavimento ou as suas condições de umidade e densidade, a inclinação da curva muda: quando verticalizada indica materiais com menor capacidade de suporte e, por sua vez, quanto mais próxima da horizontal, maior será a sua resistência (Figura 2.11). De acordo com Trichês e Cardoso (1998), a diferença das cotas entre as duas mudanças de inclinação representa a espessura da camada atravessada.

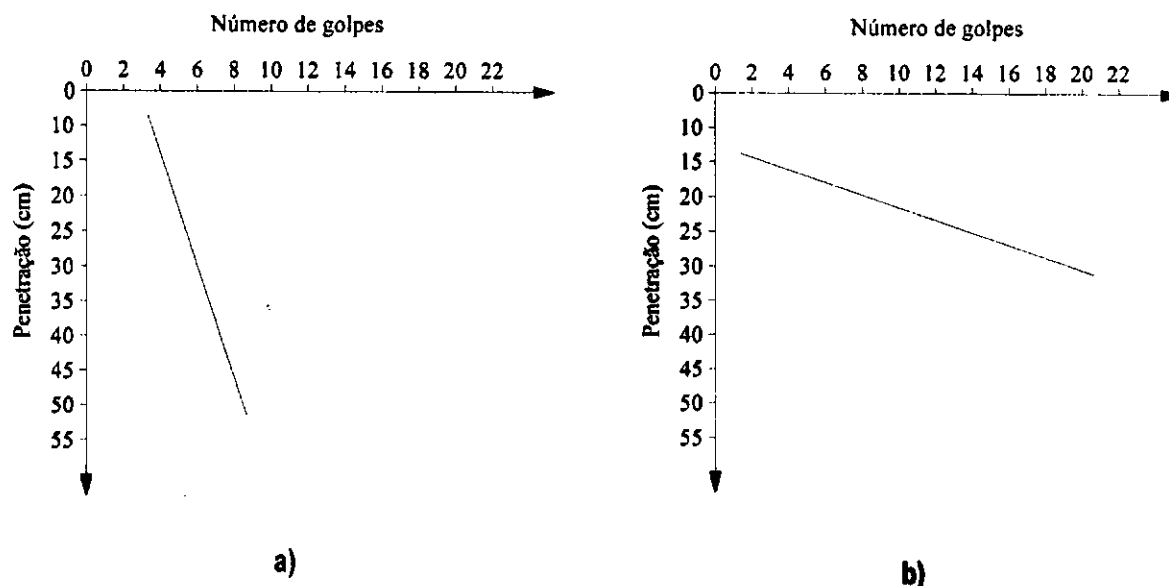


Figura 2.11 – Exemplo de gráfico CPD: a) Materiais com menor capacidade de suporte e b) Materiais com maior capacidade de suporte

2.2.4 - UTILIZAÇÃO DO CPD

Segundo Berti (2005:33), de forma comum, o CPD é utilizado para determinar a resistência da base e/ou subleito de estradas não pavimentadas (compactadas com ou sem cascalho ou em estado natural), mas também pode ser usado para:

- avaliar o CBR "in situ" de materiais e solos granulares, bem como a resistência compressiva não-confinada de camadas ligeiramente cimentadas;
- avaliar a espessura da sub-base;
- determinar o perfil da resistência de camadas do pavimento existente, levantando-se a variação da distribuição de resistência em função da profundidade, classificando-se a estrutura do pavimento com base na distribuição da resistência das camadas e conseqüentemente prevendo-se sua vida útil (VERTAMATTI e OLIVEIRA, 1998);
- avaliar a capacidade estrutural do pavimento existente;
- controlar a qualidade de compactação, inclusive verificando-se camadas inferiores sem destruir as superiores.

O ensaio pode ser repetido a cada certo número de passadas, avaliando-se assim o efeito da energia de compactação imposta.

- verificar anomalias em camadas estabilizadas com ligantes hidráulicos como má mistura, insuficiente profundidade de estabilização, cura inadequada da superfície exposta, monitoração do acréscimo de resistência com o tempo e se as resistências previstas em projeto estão sendo atingidas;
- fornecer elementos para utilização das equações de previsão de desempenho de pavimentos;
- localizar pontos que apresentam menor resistência em solos de fundação (HEYN, 1986);
- dividir uma estrada ou pista em seções uniformes (EMERY, 2004), ou seja, determinar as seções homogêneas do pavimento;
- auxiliar na compreensão dos resultados provenientes dos ensaios FWD e HWD (EMERY, 2004);
- prever a vida útil do pavimento, pois revela a estrutura real e não a média (VERTAMATTI E OLIVEIRA, 1998).
- controlar a construção de camadas de terraplanagem (TRICHÉS E CARDOSO, 1998);
- reconhecer a capacidade de suporte do solo de camadas finais de aterros rodoviários, portanto, para isso é necessário que se obtenha inicialmente a curva de calibração CPD versus CBR do solo que esta sendo empregado na execução do aterro (TRICHÉS E CARDOSO, 1998);
- avaliar deteriorações no pavimento. Tal avaliação é necessária na estrutura a fim de se categorizar a implementação de medidas de reabilitação. A idéia principal reside na utilização dos resultados do CPD para percepção da integridade do subleito e das camadas do pavimento (GABR & LAMBE, 1999);

Em casos em que o pavimento possua um revestimento asfáltico ou camada de brita graduada, estes deverão ser retiradas até o ponto desejado (HEYN, 1986).

Logicamente, o número, o local e a profundidade para a realização dos ensaios do CPD variam conforme a via, em relação a sua operação e tipo de pavimento.

2.2.5 - VANTAGENS DO CPD

O CPD é uma ferramenta extremamente versátil, principalmente, devido a sua simplicidade e praticidade. Algumas de suas principais vantagens são:

- é um equipamento portátil, de fácil manuseio e transporte;
- para a execução do ensaio não é necessário realizar grande movimentação de terra, caracterizando-o como um equipamento econômico que permite um ensaio praticamente não-destrutivo;

- a execução do ensaio é relativamente simples, podendo ser realizado por apenas dois operadores;
- o ensaio com o CPD e os resultados analisados, podem ser conduzidos por pessoal com treinamento relativamente simples;
- uma variedade de aplicações incluindo determinação de CBR e módulo de resiliência, assim como, seu uso na avaliação de desempenho das camadas do pavimento, controle de qualidade de compactação de camadas de base granular, subleito, extremidades de drenos no pavimento, entre outras (SILVA JÚNIOR, 2005:49);
- além de se poder utilizar o CPD para avaliar o valor do CBR do solo, tal instrumento possui a vantagem sobre o tradicional ensaio do CBR por ser mais simples de se manusear e possuir preço menor de equipamento (BERTI, 2005:30).

2.2.6 - FATORES QUE PODEM AFETAR OS RESULTADOS DO ENSAIO COM O CPD

Os resultados do ensaio com o CPD, assim como qualquer tipo de ensaio destinado a medir propriedade dos solos, podem ser influenciados por alguns fatores, em maior ou menor grau.

O clima modifica significativamente as condições do solo, principalmente os tipos siltosos e argilosos. Já os granulares grossos são afetados numa extensão menor quando expostos às intempéries. A situação climática ambiental realmente influi nos estudos do solo, pois, em uma região de clima úmido (países tropicais), os materiais tendem a conservar mais água nos seus vazios. Os ensaios do CPD deveriam ser realizados na estação úmida, quando os materiais admitem uma menor capacidade de suporte, fornecendo assim resultados de resistências mais representativos quando comparados com os resultados de CBR de laboratório com amostras saturadas (imersas em água durante quatro (04) dias) (BERTI, 2005:31).

Diversos autores estudaram a influência dos fatores no índice de penetração no CPD. Kley (1975) indicou que a umidade, a distribuição dos tamanhos dos grãos, a densidade e a plasticidade são importantes propriedades dos materiais que exercem influência sobre a obtenção do índice de penetração. Como outro fator importante, os solos argilosos, quando submetidos a ensaio com o CPD a profundidade maiores, podem aderir à haste inferior e alterar os valores encontrados durante a penetração. Para evitar essa aderência, lubrifica-se a haste do equipamento com substâncias oleosas (BERTI, 2005). Assim, de acordo com Selig e Waters (1994), um problema que ocorre com este ensaio em solos coesivos é que há uma tendência em acumular resistência ao longo da haste.

Livneh *et al* (1995) executaram um estudo do efeito do valor da tensão de confinamento lateral com o CPD nas camadas do pavimento e na avaliação do subleito. Os resultados indicam que não há nenhum efeito do confinamento lateral na estrutura dos pavimentos. Há, entretanto, um efeito do confinamento lateral das

camadas de asfalto. A causa deste efeito é geralmente uma diminuição no valor do índice de penetração.

Segundo os autores, toda dispersão entre valores obtidos para materiais confinados e não confinados da estrutura rígida, ou no caso de materiais granulares, é devido ao atrito desenvolvido na lança do CPD pela penetração inclinada ou por um colapso do material granular na superfície da lança durante a penetração. Durante a operação do CPD, é importante verificar se cada movimento com o martelo vem sendo realizado adequadamente, pois deve-se tomar cuidado para assegurar que o martelo esteja tocando o cabo, mas não levantando todo o conjunto, e também o deixando cair livremente, sem a influência das mãos.

2.2.7 - LIMITAÇÕES DO CPD

Assim como todo equipamento, o CPD também possui algumas limitações, as limitações do CPD segundo Silva Júnior (2005) são:

- a elevada variação dos resultados no caso de grandes extensões com materiais granulares;
- o uso do CPD para materiais com diâmetro nominal, das partículas de agregados, superior a duas (02) polegadas é questionável;
- algumas das relações existentes de resistência são somente aplicáveis a determinados tipos de materiais e circunstâncias, e não a todos os casos;

2.2.8 - CORRELAÇÕES DE RESULTADOS DO CPD COM O CBR

A correlação de resultados de ensaios é desejável para se estimarem os valores entre ensaios de um mesmo material. Valores provenientes de ensaios são uma função do método de realização do ensaio, do teor de umidade e da densidade. Ao estimar valores de resistência de um solo, sem considerar esses fatores, é comum gerar suposições errôneas (YODER, 1959).

Existem diversas pesquisas sendo desenvolvidas no Brasil e no mundo a fim de correlacionar o valor de resistência à penetração do CPD (mm/golpe) – razão entre a profundidade de penetração e número de golpes, e a medida CBR (%) – porcentagem em relação a um material de alta qualidade de resistência.

Os autores desses estudos, em geral, justificam as determinações dessas correlações a partir dos seguintes argumentos: a avaliação estrutural do subleito ou de camadas de pavimentos existentes através da determinação do CBR, "in situ", é trabalhosa e demorada dificultando a realização desse processo na maioria das situações em que o tráfego de veículos está liberado (SILVA JÚNIOR, 2005).

Estas correlações variam de acordo com as condições de ensaio (em que se prioriza que os dois lados sejam ensaiados com o solo no mesmo teor de umidade e massa específica aparente seca, além da mesma energia de compactação), assim como o ângulo da ponta cônica do equipamento CPD (que em algumas correlações são de 30° e outras de 60°), e também os locais de realização do ensaio (laboratório, campo ou mistos) (BERTI, 2005).

Segundo Trichês e Cardoso (1998), o ensaio de CBR em laboratório pode gerar uma dispersão de até 40% de variação em seus resultados. Vertamati e Oliveira (1997) concluíram que os resultados com o ensaio do CPD apresentam menor grau de dispersão dos seus resultados, comparados aos valores obtidos no ensaio de CBR.

Em pesquisas realizadas para desenvolver uma relação empírica entre a resistência à penetração do CPD e às medidas do CBR, vários autores obtiveram correlações entre estes dois ensaios. Tais correlações são obtidas por meio de análises de regressão dos resultados. De acordo com Karunaprema & Edirisinghe (2002), estes modelos mostram que existe uma relação inversa entre o CPD e o CBR para o ensaio de solos. Os dados podem ser analisados por meio de modelos lineares, logarítmicos, exponenciais ou bi-logarítmicos (Log x Log). O modelo matemático que melhor descreve a relação CBR X CPD é o do tipo Log X Log, com o CBR sendo a variável dependente e o CPD como variável independente.

$$\text{Log(CBR)} = a + b \cdot \text{Log(CPD)} \quad [2.4]$$

Onde:

CBR = Índice de Suporte Califórnia (em porcentagem);

CPD = Índice de penetração do CPD (mm/golpe);

a e b = constantes que podem variar conforme o autor da pesquisa.

Nos Quadros 2.1 e 2.2 a seguir, são descritos os autores e as correlações estabelecidas por eles, a nível nacional e internacional respectivamente.

Quadro 2.1 – Autores e correlações estabelecidas para CPD versus CBR em nível nacional

Autores	Região do Solo Estudado	Correlação Encontrada
Rohm & Noqueira (1990)	Solos Arenosos Finos Lateríticos do Interior do Estado de São Paulo	$\text{Log}(\text{Mini-CBR}) = 2,034 - 1,115.\text{Log}(\text{PDL})$
Vertamatti & Oliveira (1997)	Guaratinguetá/SP & Vale do Paraíba/SP	$\text{Log}(\text{CBR}) = 2,490 - 1,057.\text{Log}(\text{CPD})$
Nogami & Villibor (1998)	Solo de Comportamento Laterítico	$\text{Log}(\text{Mini-CBR}) = 2,486 - 1,179.\text{Log}(\text{CPD})$
Cardoso & Trichês (1998)	Duplicação da BR-101/SC	$\text{Log}(\text{CBR}) = 2,710 - 1,250.\text{Log}(\text{CPD})$
		$\text{Log}(\text{CBR}) = 2,181 - 1,030.\text{Log}(\text{CPD})$
Lima (2000)	Maringá/PR, Taubaté/SP, Palmas/To & São Carlos/SP	$\text{Log}(\text{CBR}) = 2,809 - 1,288.\text{Log}(\text{CPD})$
	Estado do Paraná	$\text{Log}(\text{CBR}) = 2,647 - 1,300.\text{Log}(\text{CPD})$
Berti (2005)	Campo da UNICAMP	$\text{Log}(\text{CBR}) = 2,010 - 1,010.\text{Log}(\text{CPD})$
		$\text{Log}(\text{CBR}) = 2,550 - 1,260.\text{Log}(\text{CPD})$
Silva Junior (2005)	Aeroporto de Parnaíba/PI - BR	$\text{Log}(\text{CBR}) = 2,717 - 1,247.\text{Log}(\text{CPD})$

*PDL = PENETRÔMETRO DINÂMICO LEVE

Quadro 2.2 – Autores e correlações estabelecidas para CPD versus CBR em nível internacional

Autores	Região do Solo Estudado	Correlação Encontrada
Van Vuuen (1969)	Zimbábwe	$\text{Log(CBR)} = 2,503 - 1,150.\text{Log(CPD)}$
Kleyn (1982)	Rodovias da África do Sul	$\text{Log(CBR)} = 2,600 - 1,260.\text{Log(CPD)}$
Kleyn & Van Heerden (1983)	Rodovias da África do Sul	$\text{Log(CBR)} = 2,632 - 1,280.\text{Log(CPD)}$
Harison (1987)	Indonésia	$\text{Log(CBR)} = 2,810 - 1,320.\text{Log(CPD)}$
	Materiais Coesivos e Granulares	$\text{Log(CBR)} = 2,550 - 1,140.\text{Log(CPD)}$
Livneh (1987)	Israel	$\text{Log(CBR)} = 2,560 - 1,160.\text{Log(CPD)}$
TRRL (1990)	Inglaterra	$\text{Log(CBR)} = 2,480 - 1,057.\text{Log(CPD)}$
Livneh et. al (1992)	Materiais Coesivos e Granulares	$\text{Log(CBR)} = 2,450 - 1,120.\text{Log(CPD)}$
Livneh & Ishai (1992)	Amostras Indeformadas Saturadas de Argila & Silte	$\text{Log(CBR)} = 2,200 - 0,710.\text{Log(CPD)}$
Webster et. al (1992)	Vários Tipos de Solo	$\text{Log(CBR)} = 2,460 - 1,120.\text{Log(CPD)}$
Ese et. al (1992)	Agregados para Base	$\text{Log(CBR)} = 2,440 - 1,070.\text{Log(CPD)}$
NCDOT (1998)	Materiais Coesivos & Agregados para Base	$\text{Log(CBR)} = 2,600 - 1,070.\text{Log(CPD)}$
Coonse (1999)	Solos Residuais	$\text{Log(CBR)} = 2,530 - 1,140.\text{Log(CPD)}$
Hasim & Mustafa	Rodovias do Oeste da Malásia	$\text{Log(CBR)} = 2,430 - 0,990.\text{Log(CPD)}$
Angelone	Amostras de Solos Arenosos Finos da Região da Argentina	$\text{Log(CBR)} = 2,563 - 1,050.\text{Log(CPD)}$
Ponce	Chile	$\text{Log(CBR)} = 2,890 - 1,460.\text{Log(CPD)}$
Smith & Pratt	Austrália	$\text{Log(CBR)} = 2,550 - 1,150.\text{Log(CPD)}$
Karunaprema & Edirisinghe (2002)	Sri Lanka em Rodovias Rurais no Central Provincial Council e no Peradenya Engineering Faculty	$\text{Log(CBR)} = 2,182 - 0,872.\text{Log(CPD)}$ $\text{Log(CBR)} = 1,145 - 0,336.\text{Log(CPD)}$ $\text{Log(CBR)} = 1,671 - 0,577.\text{Log(CPD)}$
Brockenbrough & Boedecker (2003)	Illinois Department of Transportation	$\text{Log(CBR)} = 0,840 - 1,260.\text{Log(CPD)}$
Torres (2004)	Solos Tropicais e Solos Brandos de Savana - Colombia	$\text{Log(CBR)} = 2,754 - 1,400.\text{Log(CPD)}$ $\text{Log(CBR)} = 2,378 - 1,240.\text{Log(CPD)}$

2.3 - CONE DE PENETRAÇÃO ESTÁTICA – CPE

2.3.1 - DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

“O Cone de Penetração Estática é um instrumento que tem por finalidade fornecer índices sobre a resistência que o solo oferece à sua penetração” (ABGE, 1980).

Segundo Röhms (1984, apud Tsuha, 2003:3) engenheiros e arquitetos valiam-se da introdução de varas de madeiras ou hastes metálicas no solo já no início do século XIX com o objetivo de comparar locais construídos com outros a serem explorados, baseados na resistência oferecida pelo terreno à introdução da sonda. A evolução deste processo rudimentar deu origem aos Cones de Penetração. Segundo Sanglerat (1972),

estes evoluíram da necessidade de se adquirir dados em subsolos que não eram obtidos por quaisquer outros meios.

O Cone de Penetração Estática (CPE) consiste de uma haste metálica munida de uma ponta cônica que pode ser introduzida no terreno por meio de um processo estático. Com o CPE a energia necessária para efetuar a penetração do conjunto haste-ponta é obtida por meio de sistemas tais como macacos hidráulicos, coroa-pinhão, correntes e outros. Existe também o Cone de Penetração do tipo Híbrido (estático-dinâmico), este último oferece as vantagens dos outros dois (obtenção da estratigrafia do solo pelo tipo estático, e de dados de resistência do solo, com camadas granulares muito compactas, pelo tipo dinâmico), eliminando algumas desvantagens dos demais (SANGLERAT, 1972).

Röhm (1984) alega que as determinações das propriedades do solo, com o auxílio dos cones de penetração, são baseadas no fato de que a resistência à penetração apresentada pelo solo é função de suas características geotécnicas.

Aoki (1973, apud Tsuha, 2003:4) cita que os primeiros ensaios realizados com cones de penetração datam do período 1932/1937, quando Barentsen, na Holanda, inventou o sistema: tubo de revestimento – haste – cone, patenteado em 1938, sob N° 43095, com a denominação de Penetrômetro Manual (Figura 2.12). Lunne *et al* (1997, apud Souza, 2007:30) comenta que foi usado um tubo de gás de 19 mm de diâmetro interno e, no interior deste, uma haste de aço de 15 mm que se movia livremente para cima e para baixo. A ponta do cone era fixada na haste de aço. A área da base do cone era de 10 cm² e a ponta tinha ângulo de 60°. A penetração era feita manualmente até 12 m de profundidade, e a resistência à penetração era lida através de manômetro e corrigida pela subtração do peso da haste interna.

Segundo Sanglerat (1972, apud Souza, 2007:31), as características dos vários tipos de Cones de Penetração Estática devem permitir avaliar corretamente os diagramas de penetração, pois os resultados obtidos podem variar de acordo com o tipo de aparelho utilizado, visto que os métodos de operação variam de um para o outro, e isso tem reflexo nas leituras efetuadas. Os Cones de Penetração Estática podem ser de dois tipos básicos:

- de ponta móvel: a resistência de ponta é medida com o avanço do cone localizado logo abaixo do revestimento que serve como uma cobertura e impede o atrito do solo contra a haste do aparelho;
- de ponta fixa: a ponta e a haste movem-se simultaneamente. Com este tipo de equipamento é possível medir a resistência de ponta e o atrito lateral. A resistência à penetração é realizada com o auxílio de medidores de tensão ou de anéis dinamométricos. As cargas podem ser aplicadas com dispositivos hidráulicos ou com o auxílio de hastes de metal a ele conectadas. A resistência de ponta pode ser determinada com o auxílio de medidores de deformação.

Aparelho Manual de BARENTSEN (1.5 kN)
(Patente N° 43095)

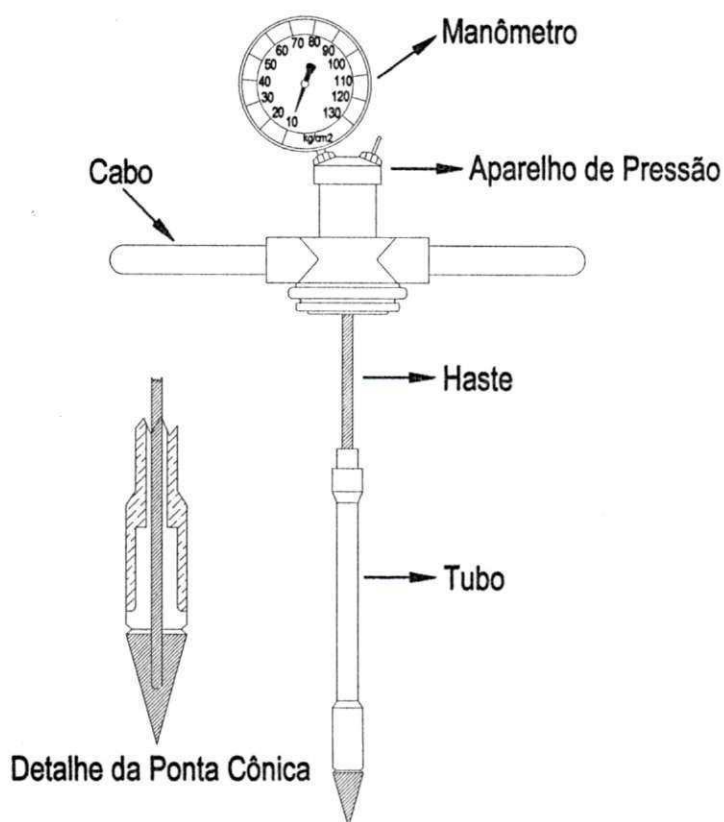


Figura 2.12 - Aparelho desenvolvido por Barentsen (AOKI, 1973)

Na literatura técnica nacional disponível foram encontradas apenas duas aplicações do modelo do Cone de Penetração Estática utilizado em nosso trabalho. A primeira está relacionada com o trabalho de pesquisa de Tsuha (2003) e a segunda com estudos realizados por Souza (2007).

O trabalho realizado por Tsuha (2003) teve como objetivo avaliar a utilização de um CPE para quantificar a resistência em um solo poroso e não-saturado (Campo Experimental de Fundações da USP de São Carlos). Os ensaios foram realizados com observações "in situ" da sucção. Neste trabalho, foram estabelecidas correlações entre resistência à penetração e a sucção do solo. Os valores de tensão de ruptura obtidos com a realização dos ensaios foram comparados com os valores de capacidade de carga de ensaios de placa e de provas de carga em fundações do tipo sapatas, realizados com condições de profundidade, de local e medidas simultâneas de sucção. A autora concluiu ser possível comparar os valores de tensão de ruptura obtidos em provas de carga em placa e em sapata de 1,50 m de lado, com os dados obtidos no ensaio com o CPE. Tsuha (2003) também constatou que a tensão de ruptura no ensaio do Cone, em função da sucção do solo, pode ser representado por um modelo linear ($R^2 = 0,944$) do tipo:

$$q_p = 25 \psi + 487 \quad [2.5]$$

Onde,

Tensão de ruptura = q_p (kPa);

Sucção = ψ (kPa).

Souza (2007) apresentou resultados de um estudo comparativo sobre a aplicação do CPE com o SPT, CPT e provas de carga sobre placa, cujo objetivo era realizar a estimativa da capacidade de carga de solos arenosos submetidos à ação de fundações superficiais. Com base nos dados obtidos com o auxílio dos procedimentos e equipamentos citados, foram discutidas as potencialidades do CPE. O autor concluiu, a partir dessas comparações, que a tensão de ruptura ou a tensão admissível de solos arenosos pode ser estimada a partir do CPE com o emprego de um fator de correção. Segundo o autor, o equipamento constitui numa ferramenta útil para estimativa da tensão admissível em solos arenosos.

2.4 - PENETRÔMETRO DA AGULHA DE PROCTOR

A medição do índice de resistência pode ser feita por meio da agulha de Proctor, mostrada na Figura 2.13. O equipamento consiste de uma haste provida de mola, no interior de um cilindro graduado, constituindo um verdadeiro dinamômetro, em cuja parte superior há uma braçadeira. Aplicando-se à agulha, de dimensões padronizada, uma certa força com as mãos no sentido de enterrá-la no solo, o esforço necessário para cravá-la é medido pelo dinamômetro. A resistência à penetração é calculada por meio da força e da área da agulha (HEAD, 1989 apud BERTI, 2005:22).

A agulha de Proctor foi utilizada antigamente para controle de compactação, relata Vargas (1981):

"[...] O terreno deveria ser compactado até que a resistência, indicada pela agulha de Proctor, mostrasse um certo valor correspondente àquele que se determinasse em laboratório sobre corpos-de-prova compactados na umidade ótima e densidade máxima. Havia, entretanto, o inconveniente do aterro apresentar altas resistências sem estar saturado. Tais resistências poderiam desaparecer com a saturação do aterro. Além disso, as pontas das agulhas são muito pequenas e mediriam resistência em áreas muito restritas. Estas medidas poderia então ser muito influenciadas por torrões duros ou pedras próximas da superfície do aterro. Assim o controle de compactação a partir da medida das suas resistências tem caído em desuso" (VARGAS, 1981 apud BERTI, 2005:22).

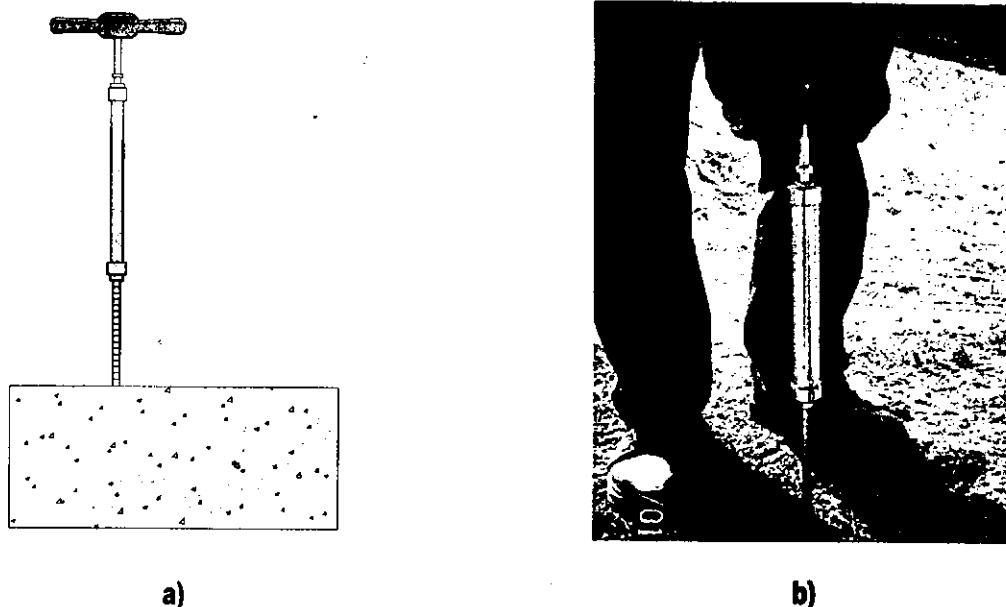


Figura 2.13 – a) Penetrômetro da Agulha de Proctor e b) Ensaio utilizando o equipamento de Proctor

2.5 - PENETRÔMETRO BRITÂNICO

A necessidade de se avaliar a resistência do solo por um método rápido tem sido superada com o Penetrômetro Britânico, desenvolvido pelo antigo Departamento Experimental de Engenharia Militar, em Christchurch, Hampshire (BERTI, 2005:23).

Segundo Croney e Croney (1998), é o Penetrômetro de Cone Manual ou Britânico uma ferramenta precisa para a avaliação de uniformidade do subleito em ambas as direções, horizontal e vertical. Em sua constituição, duas escalas, correspondentes a diferentes tamanhos de cone, indicam a resistência do solo em termos de um "Índice de cone" ou o equivalente CBR "in situ". Possuindo ainda uma haste estendida, o instrumento pode ser utilizado satisfatoriamente para se examinar a variação do valor de CBR em relação à profundidade. Neste processo, o cone é cravado a uma velocidade constante no solo e a leitura observada para as diferentes profundidades anotadas na haste. Para um melhor entendimento, o Penetrômetro Britânico é apresentado na Figura 2.14 (BERTI, 2005:23).

Há de se ressaltar que, embora a leitura se correlacione de forma justa com o CBR "in situ" em solos finos, o mesmo não ocorre com solos de granulometria grossa (BERTI, 2005:23).

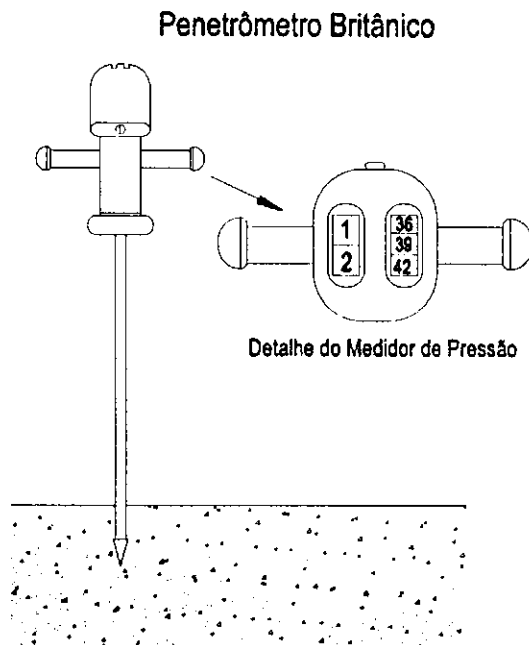


Figura 2.14 – Penetrômetro Britânico

2.6 - PENETRÔMETRO PANDA

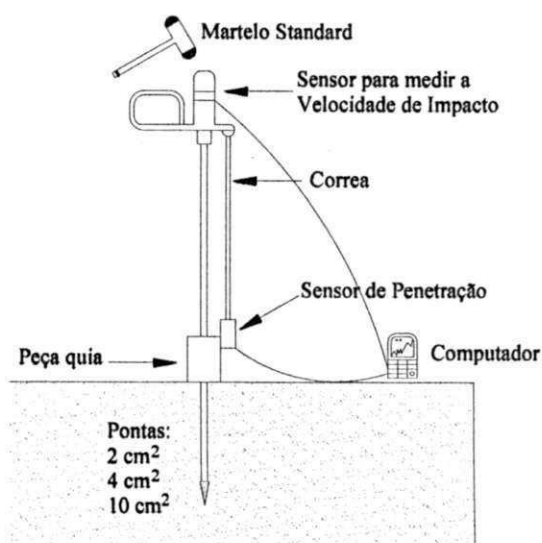
O PANDA (Pénétre-mètre Autonome Numérique Dynamique Assisté par Ordinateur) é considerado atualmente o penetrômetro mais moderno. É um aparelho de uso rápido, barato e que apresenta todo um potencial de penetração suficiente para realização do ensaio desejado.

A idéia principal do ensaio com esse penetrômetro é a inserção de barras de aço no solo por meio manual, com ajuda de um martelo padrão. Para cada golpe dado, existe um sensor que mede a velocidade do martelo no momento do impacto, o qual permite determinar a energia proporcionada ao resto do dispositivo. Um sensor mede o valor da penetração da ponta (medida através de uma correia que possui uma extremidade fixada no sensor de velocidade de impacto, e a outra extremidade conectada a uma caixa enroladora) e outro registra as informações e calcula instantaneamente a resistência de ponta q_d , armazenando para cada golpe do martelo o par: penetração – resistência correspondente. Esses dados são transmitidos a um microcomputador (uma espécie de central de aquisição ou armazenamento dos dados) e, posteriormente, são processados com ajuda do software PANDAWin (Figura 2.15).

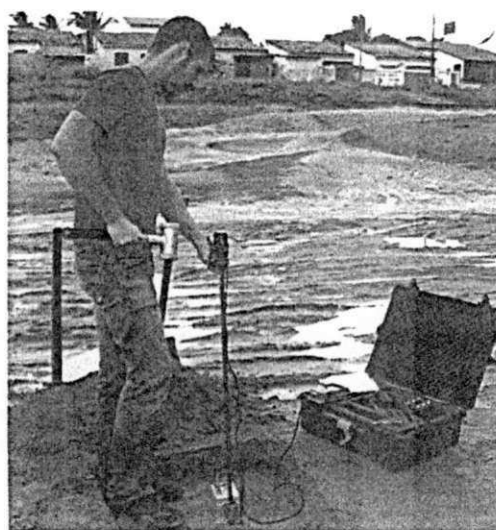
O PANDA é constituído pelos seguintes componentes:

- martelo standard de 2 kg;
- hastes de penetração de comprimento igual a 50 cm e diâmetro igual a 14 mm;
- peça guia, para as hastes;

- ponta cônica (2, 4 ou 10 cm²);
- correia (para medir a profundidade de penetração da ponta);
- sensor de penetração;
- sensor para medir a velocidade de impacto;
- central de aquisição ou armazenamento dos dados.



a)



b)

Figura 2.15 – a) Princípio de funcionamento do Penetrômetro PANDA e b) Ensaio com o Panda

As pontas cônicas de 4 e 10 cm², por possuírem um diâmetro maior que os das hastes, reduzem consideravelmente o atrito lateral nas barras. Essas pontas são usadas principalmente em reconhecimento de solos. Já as pontas de 2 cm² servem para ensaios de compactação.

A resistência dinâmica de ponta é calculada com ajuda da Fórmula dos Holandeses:

$$q_d = \frac{1}{A} \times \frac{E}{e} \quad [2.6]$$

Para um penetrômetro dinâmico de energia constante (queda de uma massa), o término de energia se refere a uma energia geralmente potencial. Para o PANDA, como a energia é variável, utiliza-se a energia cinética. A expressão da Fórmula dos Holandeses adaptada para o PANDA é a seguinte:

$$q_d = \frac{1}{A} \times \frac{\frac{1}{2} Mv^2}{e} \times \frac{M}{M+p} \quad [2.7]$$

Onde:

q_d = resistência dinâmica de ponta (MPa);

M = massa do martelo aplicada (massa de golpe);

P = massa do conjunto de barras e do dispositivo que recebe os golpes (piston);

e = penetração plástica;

A = área da seção da ponta utilizada (cm²);

v = velocidade do martelo padronizado.

2.6.1 - LIMITAÇÕES DA TÉCNICA DE CRAVAÇÃO

Em relação às limitações, essas dependem da capacidade do aparelho. Para um penetrômetro de energia constante, esses limites são normalmente constantes. Para os penetrômetros de energia variada, essa depende da intensidade do golpe. No caso do PANDA, a profundidade máxima de penetração, na modalidade de controle de compactação, é da ordem de 2 m, e os valores máximos de resistência de ponta que o aparelho pode suportar encontram-se entre 20 e 25 MPa (BACCONNET *et al.* 2007).

2.6.1.1 - Atrito Lateral

Segundo Bacconnet *et al* (2007), o atrito lateral é um problema para todos os penetrômetros. Para diminuir esta influência, utiliza-se frequentemente uma ponta de diâmetro maior que o das barras. Evitar o atrito lateral é um dos elementos prioritários para o penetrômetro dinâmico, já que a resistência de ponta é o único parâmetro interessante para os resultados. Para o PANDA, três possibilidades existem para ajudar a reduzir o atrito lateral:

- um diâmetro de ponta maior que o das barras;
- girar o conjunto de barras durante o ensaio.

Para obter resultados satisfatórios, é preferível que a relação entre os diâmetros da ponta e os das

barras seja superior a 1,3.

2.6.1.2 - Pressão dos Poros

Os solos tendem a mudar as características de poro-pressão quando a ponta avança com uma velocidade determinada. É inevitável produzir uma sobre-pressão dos poros em torno da ponta durante a penetração em solos saturados. Portanto, no caso de solos pouco permeáveis, a resistência à penetração é influenciada pela pressão dos poros (BACCONNET *et al.* 2007).

2.6.1.3 - Transferência das Ondas de Choque e Energia Transmitida

A transferência de energia de cravação é um fator muito importante que pode influir sobre o resultado do ensaio. Para o PANDA, deve-se adotar um controle de penetração, a cada golpe do martelo, entre 1 mm à 2 cm (BACCONNET *et al.* 2007).

2.6.1.4 - Deformação das Barras, Velocidade e Interrupção de Cravação

A deformação das barras durante a realização do ensaio causa no solo uma perda de energia e também um aumento de atrito lateral. A velocidade de cravação influencia sobre os resultados, em particular os penetrômetros dinâmicos de energia constante. Por último, uma interrupção demorada durante o processo de penetração pode gerar um aparecimento de atrito lateral, principalmente nos solos coesivos.

2.6.2 - APLICAÇÃO DO PANDA

O penetrômetro PANDA pode ser utilizado nas seguintes situações:

a) Investigação de solos:

- investigações preliminares (estradas, tubulações, ...);
- estudos dos solos (edifícios, casas, suporte, ...);
- investigações em lugares remotos e acessos restritos.

b) Controle de compactação:

- análise de homogeneidade no controle de compactação;
- monitoramento das espessuras das camadas constituinte de um pavimento;
- controle de compactação de todos os tipos de aterro (trabalhos de terra em geral).

2.7 - ENSAIO DE PLACA

Segundo Teixeira & Godoy (1998), o Ensaio de Placa se constitui na realidade em um ensaio em modelo reduzido de uma sapata. Ele teve origem antes das conceituações da Mecânica dos Solos, aplicada empiricamente na tentativa de obtenção de informações sobre o comportamento da relação entre as tensões e as deformações dos solos de fundação.

Para aplicação deste método, Velloso & Lopes (1996) cita que é importante verificar a existência de camadas compressíveis em profundidades que não sejam solicitadas pela placa, pois os valores das tensões obtidas no Ensaio de Placa não poderão ser utilizados para se estimar a tensão admissível da fundação, uma vez que o bulbo de tensões desta última é às vezes maior que o produzido pela placa (Figura 2.16).

Segundo a NBR 6122 da ABNT (1996), é necessária uma análise cuidadosa sobre os resultados obtidos com o Ensaio de Placa, considerando as relações de comportamento entre a placa e a fundação real, bem como as características das camadas de solo influenciadas pela placa e pela fundação.

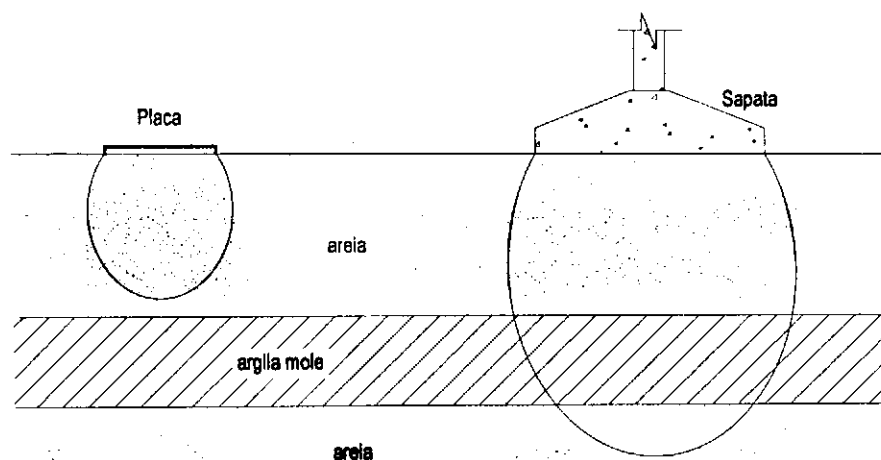


Figura 2.16 – Cuidados na interpretação dos ensaios de placa: diferentes bulbos de pressão (VELLOSO & LOPES, 1996)

Alonso (1983) infere que os valores de tensões aplicadas e os respectivos deslocamentos verticais permitem lançar em gráfico uma curva representativa da relação entre as tensões e os recalques do solo submetido ao Ensaio de Placa.

A tensão de ruptura do solo pode ser estimada levando-se em consideração as seguintes hipóteses: ensaios em solos resistentes, os quais apresentam tensão de ruptura bem definida (ruptura geral), por exemplo argilas rijas ou areias compactas e ensaios em solos de baixa resistência, os quais não apresentam definição da tensão de ruptura (ruptura local), por exemplo: argilas moles ou areias fofas (Figura 2.17).

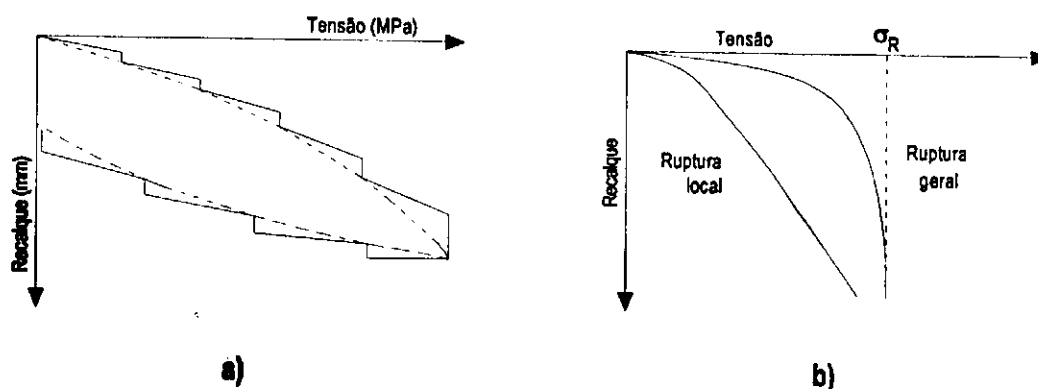


Figura 2.17 - (a) relação entre as tensões e os recalques; (b) modelo ou curva representativa da relação entre a tensão versus recalque para ruptura local e geral

Segundo Velloso & Lopes (1996), os tipos de Ensaio de Placa são os seguintes:

a) Quanto à localização (Figura 2.18a):

- na superfície;
- em cavas;
- em furos.

b) Quanto ao tipo de placa (Figura 2.18b):

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

c) Quanto ao modo de carregamento (Figura 2.18c):

- carga controlada;
- carga incrementada mantida por períodos de tempo preestabelecidos ou até a quase estabilização;
- carga cíclica com diferentes padrões de reciclagem.

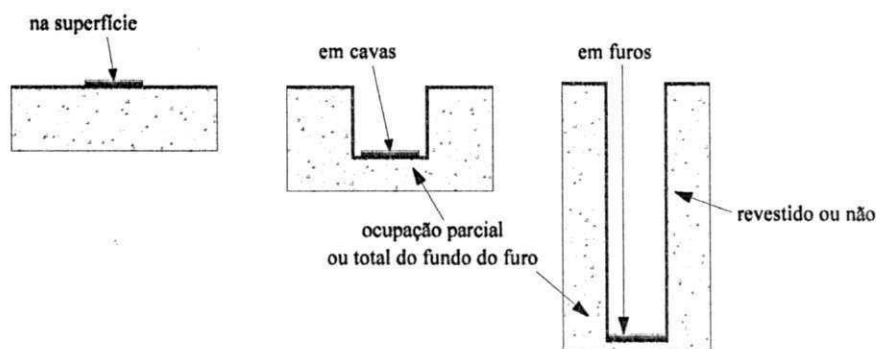
De acordo com a Norma Brasileira para Projeto e Execução de Fundações (NBR 6122, 1996), o Ensaio de Placa representa um dos critérios para determinação da tensão admissível de fundações diretas. O ensaio pode ser realizado empregando-se uma placa rígida de aço com diâmetro $\Phi = 80$ cm, a qual é submetida a ação de cargas por meio de um macaco hidráulico que reage contra um sistema apropriado (cargueira, tirantes ou outro) (Figura 2.19).

Segundo Barata (1984), o Ensaio de Placa foi utilizado primeiramente em 1948 para avaliar a capacidade dos pavimentos dos Aeroportos de Sarnia e Ottawa, no Canadá. Sua referência de método de ensaio corresponde à norma ASTM D 1196-04, a qual o define como a realização de ensaios de carga estática sobre placa em subleitos e camadas do pavimento, tanto no estado natural quanto compactados, e fornece dados que podem ser utilizados em projetos e avaliação de pavimentos rígidos e flexíveis (aeroportos e rodovias).

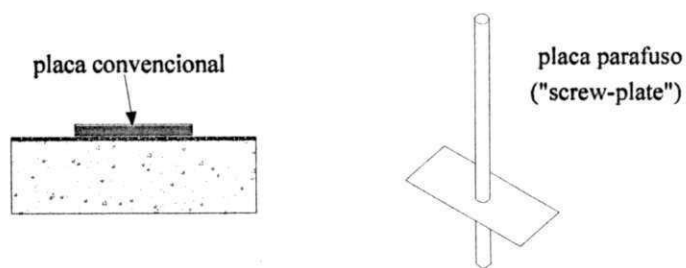
Com este procedimento, é possível determinar o módulo de reação (K) das diversas camadas de solo do pavimento, por meio da aplicação de uma tensão sobre a placa, de onde surge uma deformação. Entretanto, a sua realização apresenta um custo relativamente elevado, e muitas vezes só é indicado para avaliar a capacidade de suporte mecânico de subleitos para o dimensionamento de pavimentos rígidos.

Segundo Hough (1969), o Ensaio de Placa é uma prática comum para se determinar a espessura de um pavimento rígido (dimensionamento), requerido por uma dada carga de roda, com o auxílio de equações desenvolvidas por H. M. Westergaard. As equações de Westergaard relacionam a capacidade máxima de tensão de fadiga no concreto para a trilha de roda e algumas características de sua estrutura, que é o raio de rigidez relativo. O valor deste último termo depende da capacidade de suporte do subleito como indicativo do módulo de reação do subleito (módulo do subleito – símbolo "K"). O módulo do subleito deve ser definido em termos gerais como o declive do diagrama carga-recalque construído com os dados extraídos dos Ensaios de Placa (BERTI, 2005:16).

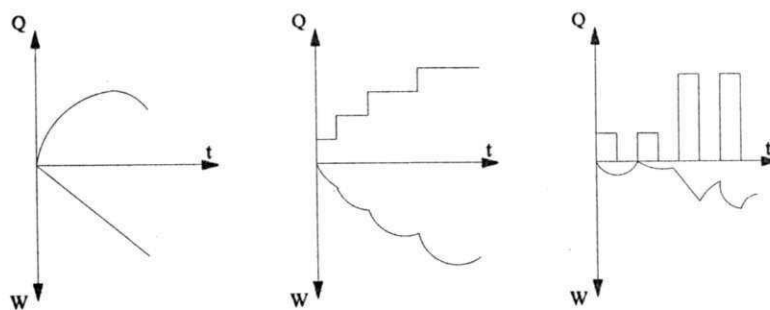
O módulo de reação "k" do subleito, para fins rodoviários, é obtido por meio de um conjunto de equipamentos, tais como: placa circular de aço, cilindro hidráulico para transmissão das cargas à placa, bomba hidráulica para geração de pressão e instrumentos para medir as cargas e os recalques da placa (Manômetros e extensômetros).



a)



b)



c)

Figura 2.18 - Tipos de Ensaio de Placa quanto a: a) Localização, b) Tipo de placa e c) Modo de carregamento (VELLOSO & LOPES, 1996)

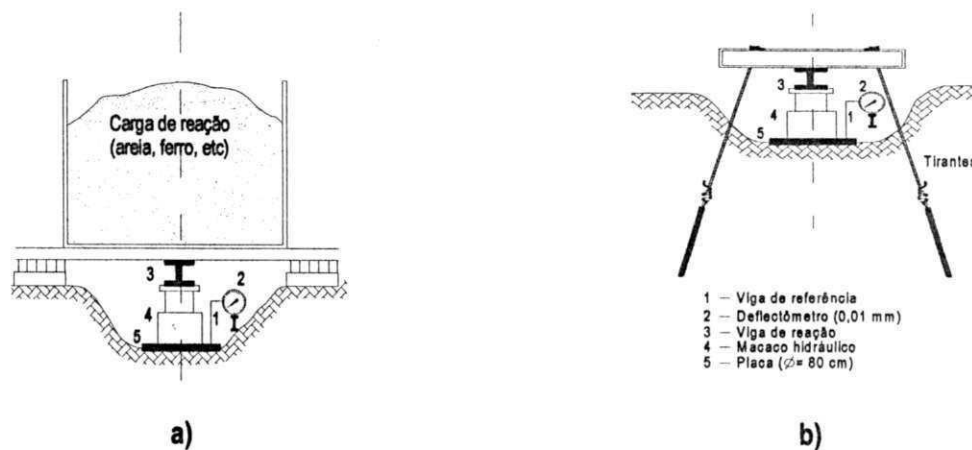


Figura 2.19 - a) Reação através da caixa carregada e b) Sistemas de tirantes (Fonte: SOUZA, 2007)

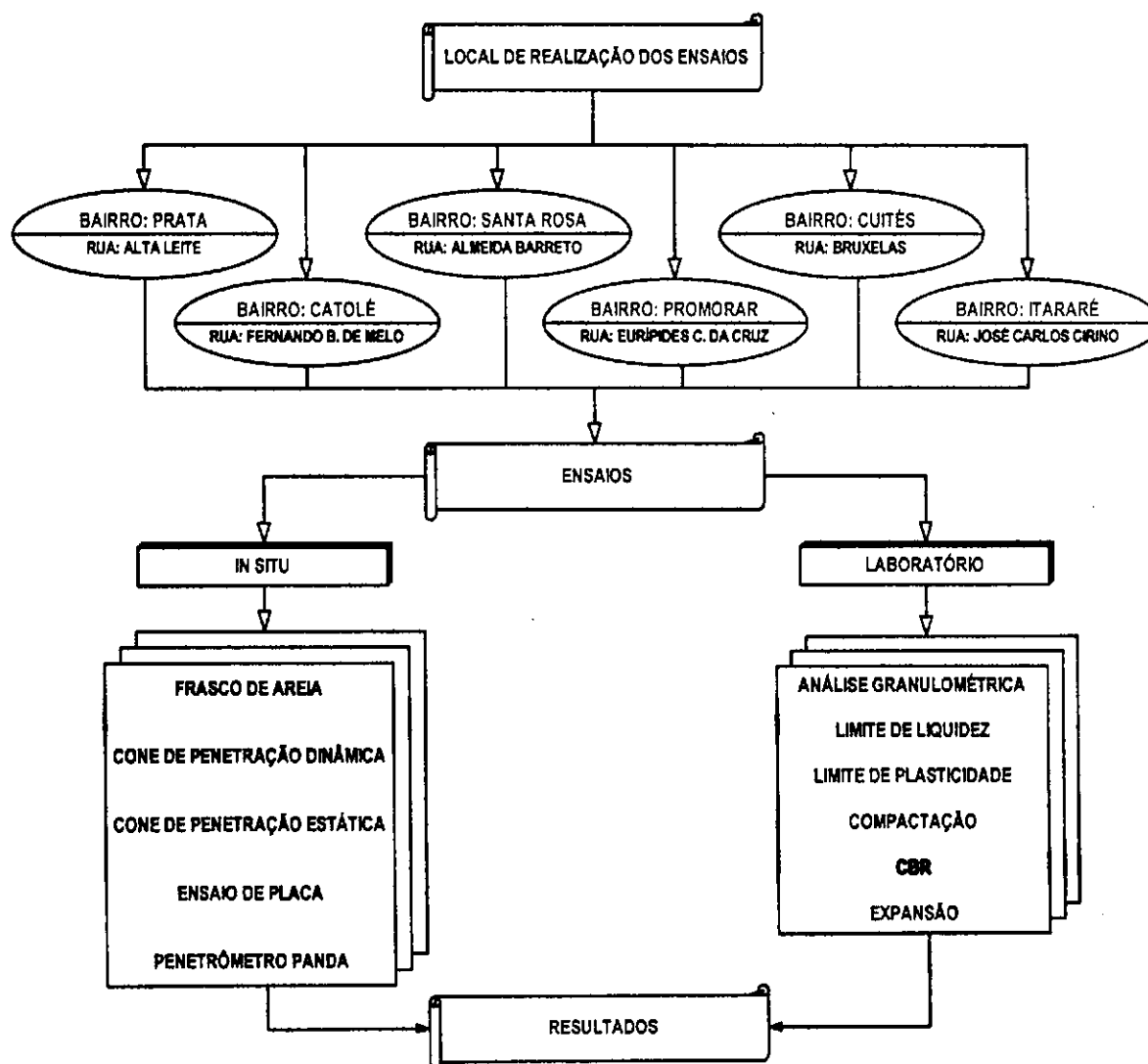
Segundo Torres (2006), "[...] o módulo de reação do subleito (K) se define como a pressão necessária transmitida a uma placa para produzir no solo uma deformação pré-fixada". Alcântara e Lucena (1991) afirmam que "[...] o módulo de reação do subleito é um coeficiente de recalque do solo empregado no dimensionamento de pavimentos de concreto de cimento Portland, de acordo com a teoria de Westergaard".

Por utilizar aparelhos de grandes dimensões e uma área de ensaio de certa forma ampla, o Ensaio de Placa carrega o solo quase que da mesma forma como na prática, ou seja, procura simular as condições reais.

CAPÍTULO 3

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são relatados aspectos sobre os materiais e métodos dos ensaios realizados em campo e em laboratório, detalhando os procedimentos referentes aos métodos empregados para a realização dos ensaios. No Fluxograma 3.1 está ilustrada a seqüência das atividades realizadas durante a fase experimental do trabalho.



Fluxograma 3.1 – Seqüência das atividades realizadas durante a fase experimental do trabalho

3.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A seqüência das atividades para alcançar os objetivos desta pesquisa, se constitui em: estudo sobre a literatura existente (Fundamentação Teórica), escolha de procedimentos e equipamentos segundo normas nacionais e internacionais, escolha dos trechos de ruas não pavimentadas para realização de ensaios, realização de ensaios, processamento das informações e elaboração de tabelas, gráficos e cálculo de parâmetros.

3.1.1 - ESCOLHA DOS PROCEDIMENTOS E EQUIPAMENTOS

Todos os procedimentos adotados foram baseados em normas nacionais e internacionais, tais como, ABNT, DNIT, ASTM e XP P 94-1005 (Norma francesa). Os equipamentos utilizados para realização dos ensaios em campo e em laboratório foram, respectivamente: conjunto de Frasco de Areia, Cone de Penetração Dinâmica (CPD), Cone de Penetração Estática (CPE), Penetrômetro PANDA, acessórios para realização do Ensaio de Placa ("bomba" manual, cilindro hidráulico, placa circular de aço, extensômetros e viga de referência), estufas, cilindros de compactação e/ou de CBR, aparelho de Casa-grande, conjunto de peneiras (Série Normal), etc.

3.1.2 - ESCOLHA DAS RUAS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Os critérios de escolha das ruas para realização dos ensaios em campo foram: não ser pavimentadas; representatividade, tipo de solo, topografia, localização e condições de segurança.

3.1.3 - REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Após a escolha das ruas, foram realizados os ensaios "in situ" e as coletas de amostras para ensaios em laboratório, objetivando um completo estudo sobre as características físicas e comportamento mecânico dos solos que constituíam os subleitos investigados.

3.1.3.1 - Estudo sobre as características físicas dos solos

1a) Laboratório

Em cada poço de inspeção, onde foram realizados os ensaios de frasco de areia, CPD, CPE, PANDA e Ensaio de Placa, foram retiradas amostras de material para realização dos ensaios em laboratório de caracterização física (Figura 3.1).

As amostras de solo coletadas foram preparadas para os ensaios de caracterização seguindo os procedimentos da norma NBR-6457. Os procedimentos para análise granulométrica foram realizados de acordo com o método de ensaio NBR-7181, em que cada amostra do material foi submetida ao processo de peneiramento, fazendo-se uso da série normal de peneiras. Os índices de consistência foram obtidos segundo os procedimentos contidos na norma NBR-6459, para limite de liquidez e na norma NBR-7180, para limite de plasticidade.

Depois da realização dos ensaios de caracterização física, os materiais foram classificados segundo o método HRB (Highway Research Board) e SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos).



a)



b)



c)

Figura 3.1 - a) e b) Poço de inspeção – coleta de amostra do material do subleito e c) recipientes para conservar a umidade das amostras

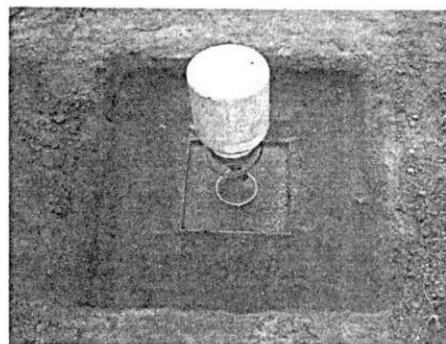
1b) Campo

- Ensaio: Determinação da Massa Específica Aparente Seca "in situ"

Depois de nivelar a base do poço de inspeção, realizou-se o ensaio do "frasco de areia" (NBR-7185, ABNT) para a determinação da massa específica aparente seca "in situ". Este ensaio foi realizado no centro dos poços de inspeção, conforme ilustra a Figura 3.2.



a)



b)

Figura 3.2 - a) Nivelamento da base do poço de inspeção e b) Ensaio para determinação da Massa Específica Aparente Seca "in situ"

3.1.3.2 - Estudo sobre o comportamento mecânico dos solos

2a) Laboratório

Os ensaios de compactação foram realizados na energia Normal, segundo Método de Ensaio ME-162/94, normatizado pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT).

Os ensaios de CBR foram realizados em duas etapas, segundo Método de Ensaio ME-049/94, normatizado pelo DNIT, a saber:

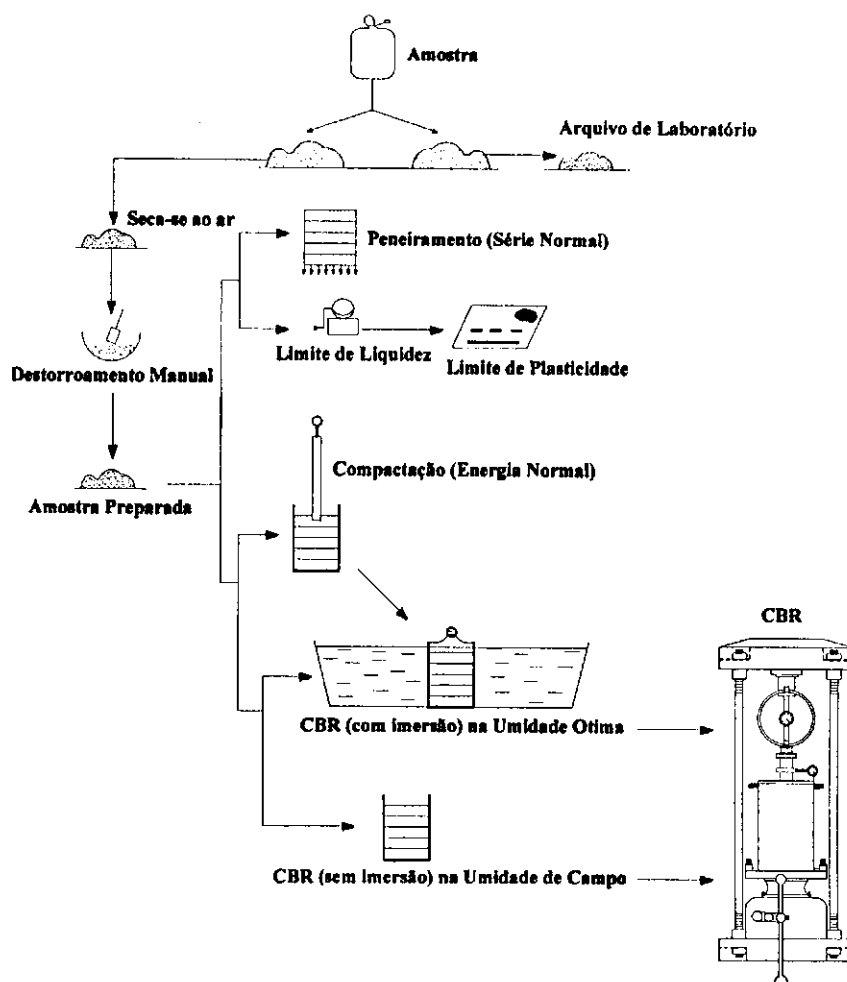
- Primeira etapa:

Nesta etapa os CBR foram moldados a partir do teor ótimo de umidade e massa específica seca máxima (obtidos nos ensaios de compactação), com o processo de imersão em água durante quatro (04) dias.

- Segunda Etapa:

Na segunda etapa, os CBR foram moldados com os teores de umidade encontrados no estado natural (umidade de campo) na energia normal, sem o processo de imersão, com o intuito de reproduzir as condições encontradas "in situ".

No Fluxograma 3.2 está ilustrada a seqüência das atividades realizadas em laboratório.



Fluxograma 3.2 - Seqüência das atividades em laboratório para caracterização física e estudo do comportamento mecânico do material coletado

2b) Campo

Os ensaios de CPD e de CPE ambos foram realizados em três (03) diferentes épocas. A primeira (1ª) etapa dos ensaios (CPD e CPE) foi realizada numa estação chuvosa, com pluviosidade acima da média da região (pluviometria do mês de julho de 2007 = 106,7 mm, Fonte: Posto da EMBRAPA). Segundo Berti (2005), os ensaios com o CPD deveriam ser realizados na estação chuvosa fornecendo uma resposta mais favorável possível. Com isso, os resultados obtidos com o CPD poderiam ser comparados com os do CBR obtidos em laboratório. A segunda (2ª) etapa dos ensaios (CPD, CPE e Ensaio de Placa) foi realizada no período denominado no Nordeste, de estiagem (pluviometria do mês de novembro de 2007 = 13,4 mm, Fonte: Posto da EMBRAPA). A terceira (3ª) e última etapa dos ensaios (CPD, CPE e Penetrômetro PANDA) foi realizada em um período chuvoso referente ao mês de Junho de 2008 (pluviometria do mês de Junho de 2008 = 97,8 mm, Fonte: Posto da EMBRAPA).

OBS: a não realização dos ensaios com os equipamentos: Ensaio de Placa e Penetrômetro Panda, em um mesmo período, foi devido às indisponibilidades em que os equipamentos se encontravam.

Para cada trecho de rua estudado foram abertos dois poços de inspeção de dimensões (0,8 m x 0,8 m x 0,1 m). O processo de execução dos poços de inspeção e a localização dos pontos dos ensaios (Ensaio de "Frasco de Areia", CPD e CPE) realizados na primeira (1ª) etapa da pesquisa encontram-se ilustrados, respectivamente, nas Figuras 3.3 e 3.4.



a)



b)



c)

Figura 3.3 - Poço de inspeção a) Medição e marcação; b) Remoção do material não representativo do subleito e c) Nivelamento da base do poço de inspeção para realização dos ensaios

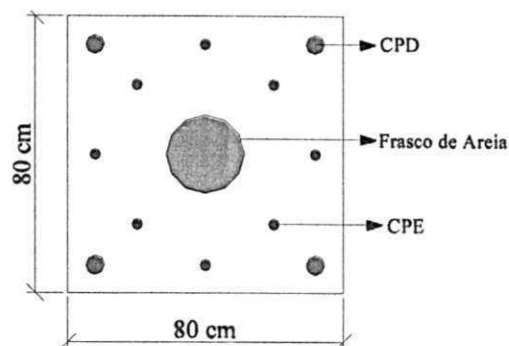


Figura 3.4 – Esboço da localização dos ensaios realizados na 1ª etapa da pesquisa

O critério para a escolha da localização dos poços de inspeção foi aleatório, objetivando, dessa forma, um caráter mais representativo ao procedimento de obtenção dos dados. Os pontos de amostragem foram realizados em lados opostos ao eixo das ruas, sendo um locado no “início” e outro no “final”. As localizações dos poços de inspeção encontram-se ilustrados da Figura 3.5 à Figura 3.10.



a)



b)

Figura 3.5 - a) Rua Alta Leite b) Localização dos poços de inspeção

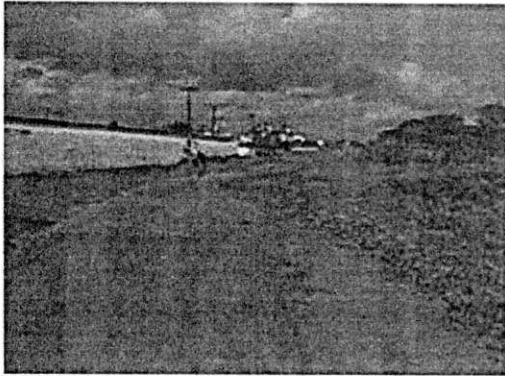


a)

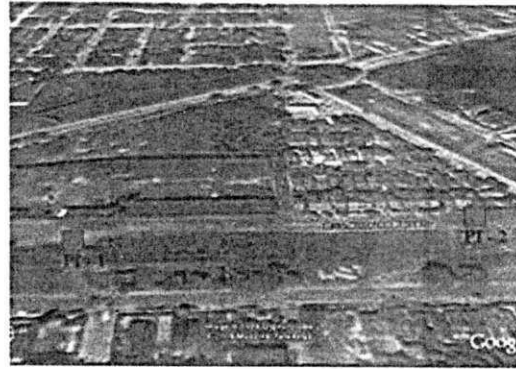


b)

Figura 3.6 - a) Rua Fernando Barbosa de Melo b) Localização dos poços de inspeção



a)



b)

Figura 3.7 - a) Rua Almeida Barreto b) Localização dos poços de inspeção



a)



b)

Figura 3.8 - a) Rua Eurípides C. da Cruz b) Localização dos poços de inspeção



a)

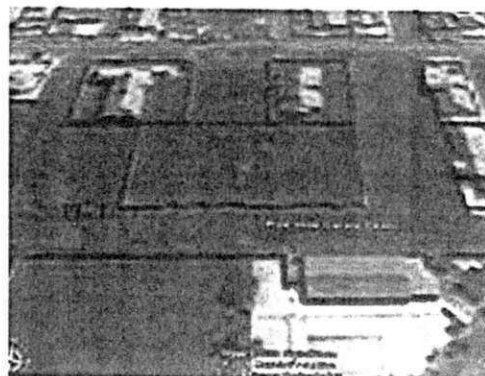


b)

Figura 3.9 - a) Rua Bruxelas b) Localização dos poços de inspeção



a)



b)

Figura 3.10 - a) Rua José Carlos Cirino b) Localização do poço de inspeção

- Ensaio: Cone de Penetração Dinâmica - CPD

O método para a realização do ensaio com o CPD foi baseado nas especificações do Departamento de Transportes de Minnesota dos Estados Unidos (Mn/DOT). O equipamento utilizado encontra-se ilustrado na Figura 3.11.

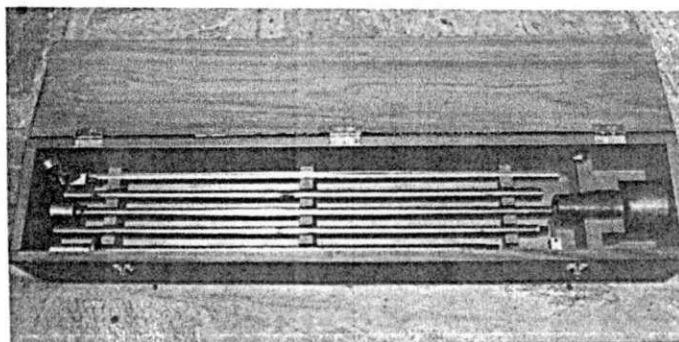


Figura 3.11 – Cone de Penetração Dinâmica Utilizado na Pesquisa

Após os procedimentos realizados no ensaio da massa específica aparente seca "in situ", como a retirada de possíveis camadas superficiais, que não representavam o subleito e o nivelamento da superfície do solo, o CPD foi colocado em posição para a realização do ensaio conforme pode ser observado na Figura 3.12.

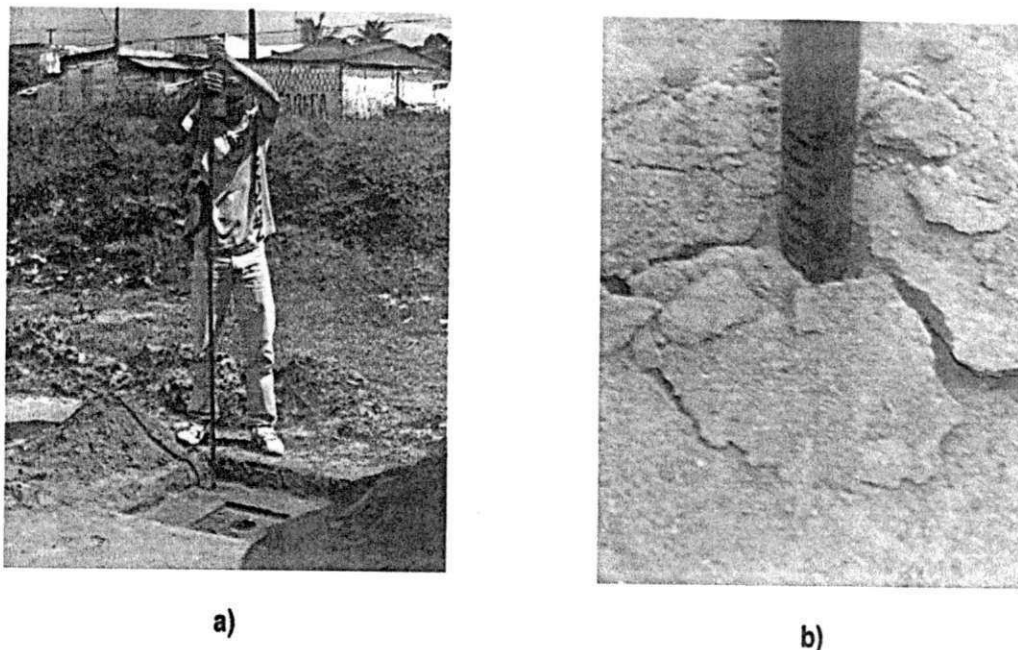


Figura 3.12 – a) Posição do CPD para início do ensaio b) Penetração do CPD

Em síntese, o ensaio com o CPD foi realizado segundo as etapas:

- posicionamento do CPD, mantido sempre na vertical, para que o peso caísse livremente e não houvesse atrito lateral durante o processo de penetração da ponta cônica;
- registro da penetração inicial, obtida com o assentamento do peso próprio do equipamento;
- elevação do peso (martelo) até altura máxima de queda;
- liberação do martelo em queda livre;
- registro das penetrações, em milímetros, correspondentes a cada golpe do martelo ou somente a penetração final correspondente ao golpe de número 10 (dez).

Em cada poço de inspeção foram realizadas quatro (04) penetrações com o CPD (Figura 3.4), objetivando uma maior representatividade do local, e, com base nas quatro (04) penetrações realizadas, obteve-se um (01) índice de penetração médio.

Devido ao surgimento de problemas de travamento entre a régua graduada e as hastes do equipamento, durante as campanhas de ensaios, realizou-se uma adaptação no CPD (Figura 3.13) a qual consistiu na substituição da régua graduada por marcações realizadas na haste inferior do equipamento com auxílio de uma trena, evitando dessa forma erros que pudessem levar a resultados errôneos.

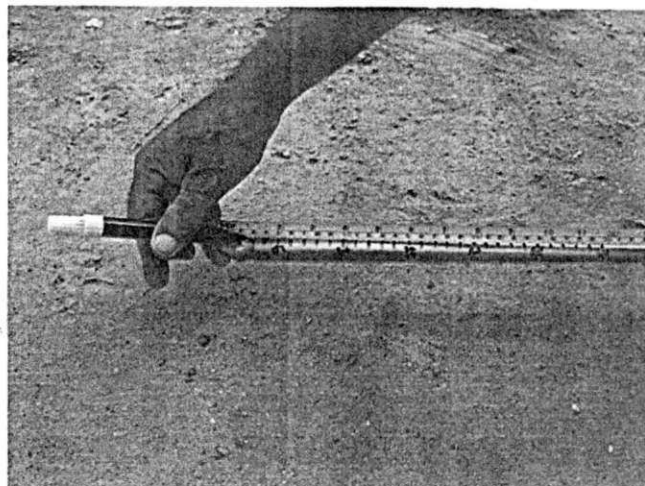


Figura 3.13 – Adaptação feita no CPD durante as campanhas de ensaios

Para o cálculo do índice de penetração, alguns autores desconsideram o primeiro golpe do martelo, com o intuito de evitar que as condições de resistência da camada superficial, que por ventura tenham sido alteradas, possam conduzir a resultados não representativos.

Para efeito de cálculo do índice de penetração foram consideradas ambas as condições, com e sem a utilização do valor correspondente ao primeiro golpe do martelo. Tal procedimento teve como objetivo verificar a provável influência nos resultados finais.

O índice de penetração, em mm/golpe, foi obtido dividindo-se a penetração total pelo número de golpes. Considerando que os números de golpes adotados por Thomas (1997), cinco (05) golpes, e Silva Júnior (2005), sete (07) golpes são suficientes para avaliar a capacidade de suporte do terreno, optou-se em adotar, nessa pesquisa, o número de golpes em dez (10), aumentando, portanto, a profundidade de penetração das hastes do CPD, objetivando dessa maneira uma maior representatividade da capacidade de suporte do terreno em sua profundidade.

- Ensaio: Cone de Penetração Estática - CPE

O equipamento (Figura 3.14a) tem como princípio a medição, com o auxílio de um anel dinamométrico, da força estática necessária para provocar a penetração da ponta cônica no terreno. Com base na área de seção transversal da ponta é determinada a resistência à penetração (R). O procedimento para a realização do ensaio pode ser descrito da seguinte forma: i) penetra-se o aparelho no solo e lê-se o valor da deformação no anel dinamométrico; ii) multiplica-se essa deformação pelo valor da constante do anel, e obtém-se o valor da carga aplicada (kgf) e iii) divide-se o valor da carga aplicada pela área da base da ponta cônica.

O CPE é um equipamento constituído por uma (01) maçaneta dupla (guidão), quatro (04) hastes com 381 mm de comprimento cada, um (01) anel dinamométrico com capacidade para 1 kN, uma (01) ponta cônica

removível, com área de seção transversal igual a $6,33 \text{ cm}^2$ e três (03) luvas para conexão das hastes (Figura 3.14b).

O relógio comparador (Figura 3.15), parte integrante do anel dinamométrico, possui uma trava para permitir que o operador faça uma leitura mais precisa. Depois de efetuada uma leitura, apertando-se um botão que existe abaixo do mostrador, o ponteiro retornará à posição zero inicial. Caso contrário, o ponteiro permanecerá indicando a última leitura registrada.

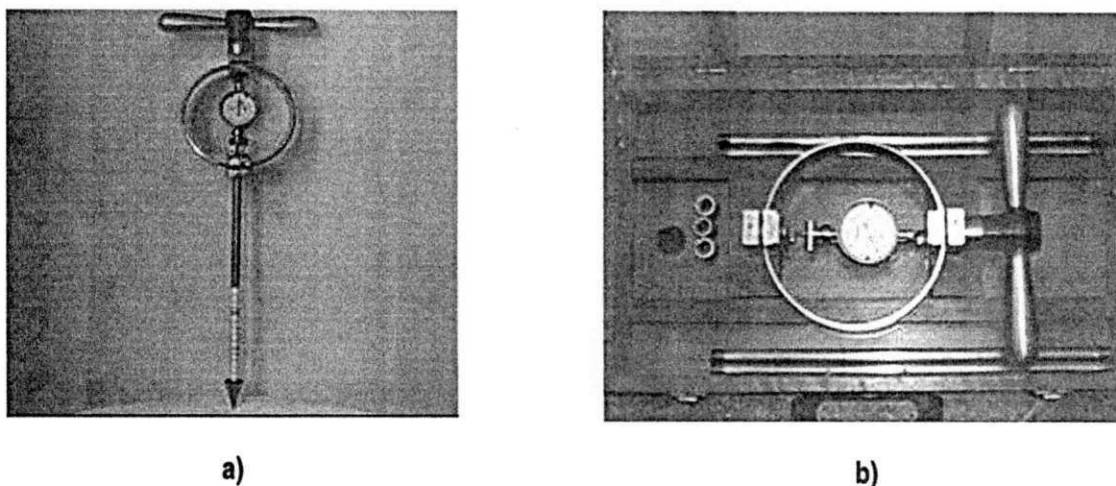


Figura 3.14 – a) Cone de Penetração Estática utilizado na pesquisa b) Acessórios que constituem o equipamento

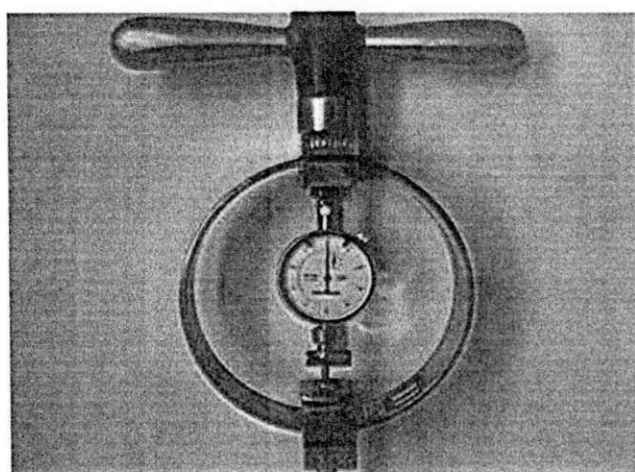


Figura 3.15 – Detalhe do relógio comparador

Durante as campanhas de ensaio foi realizada uma adaptação no CPE (Figura 3.16) que consistiu em marcações feitas em sua ponta cônica, por meio de um marcador com auxílio de uma trena, objetivando registrar a profundidade de penetração, para, a partir daí, calcular a área da seção da base em função da penetração da ponta.

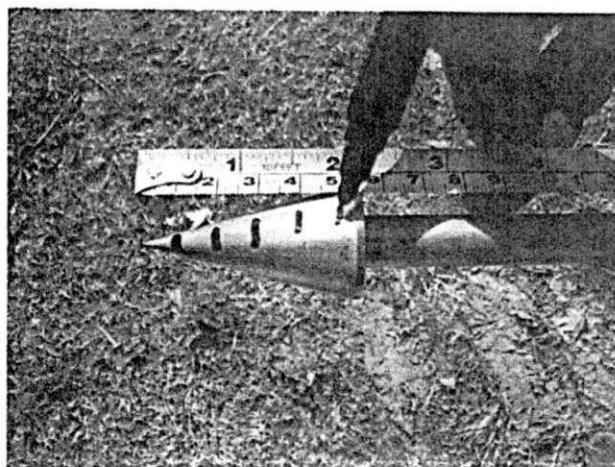


Figura 3.16 – Adaptação realizada no CPE

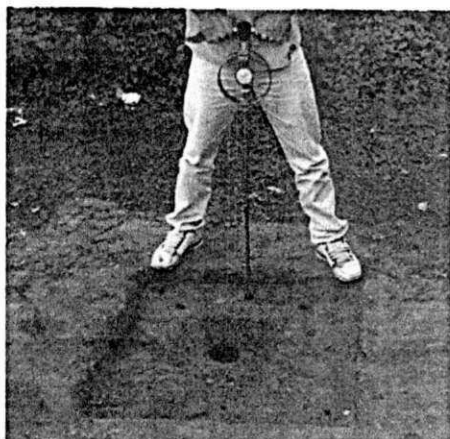
Após a montagem do CPE, foi necessário verificar se as luvas de conexão se encontravam bem ajustadas e se o relógio comparador estava devidamente fixado. Em seguida, posicionou-se o conjunto composto pela ponta cônica, haste-guia e anel dinamométrico na posição vertical, zerando-se na seqüência o relógio comparador. Finalmente, realizou-se um esforço vertical no sistema para dar início à penetração e registrar a força aplicada ao penetrômetro e a profundidade de penetração da ponta.

A quantidade de penetrações realizadas em cada cava foi definida aleatoriamente, buscando um número de repetições coerentes com a prática da engenharia. Nesta pesquisa, foram realizadas oito (08) penetrações por poços de inspeção. Na Figura 3.4 ilustra-se a forma de disposição das penetrações com o CPE.

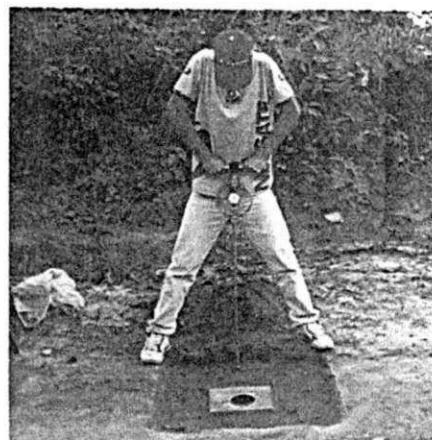
Tsuha (2003) concluiu, com o auxílio de análise estatística, que quatro (04) ensaios por cava (tendo esta a forma quadrada de 1,7 m de lado) seria o número suficiente para garantir uma boa representatividade. Souza (2007) afirmou que um número mínimo de três (03) ensaios por cava (tendo esta a forma quadrada medindo 1,3 m de lado) já representava estatisticamente a resistência do solo no local de ensaio. Com base nestes dois trabalhos conclui-se que o total de oito (08) penetrações, por poço de inspeção, torna o ensaio com o CPE bastante representativo.

Após os procedimentos de montagem do equipamento, posicionando o relógio comparador no ponto de referência (zero div.), o equipamento foi colocado na posição vertical e pressionado a uma velocidade de penetração constante. Contudo, cabe ressaltar, que pelo fato de não haver normalização para a realização do ensaio, a velocidade de penetração é variável e depende do operador.

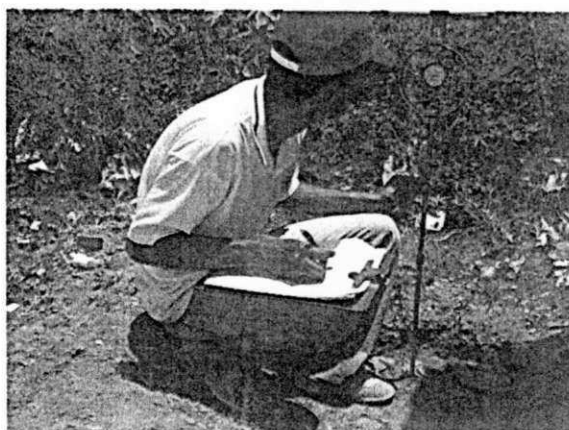
Na Figura 3.17 ilustra-se algumas etapas comuns a realização do ensaio com o CPE.



a)



b)



c)

Figura 3.17 – a) Posicionamento do CPE; b) Aplicação do esforço vertical para penetrar o CPE estaticamente e c) Realização das leituras das deformações por meio do anel dinamométrico

- Ensaio: Ensaio de Placa

A segunda (2ª) etapa dos ensaios realizou-se no período, denominado no Nordeste de estiagem, referente ao mês de novembro de 2007 (pluviometria do mês de novembro de 2007 = 13,4 mm, Fonte: Posto da EMBRAPA). Nessa segunda (2ª) etapa, além da realização dos ensaios de CPD e CPE, também realizou-se o Ensaio de Placa, haja visto a disponibilidade de tal equipamento no referido mês.

NOTA: por se tratar de um ensaio de avaliação de subleitos e de camadas do pavimento, tanto no estado natural quanto em solos compactados, fornecendo por sua vez dados que podem ser utilizados em projetos e avaliações de pavimentos flexíveis, o Ensaio de Placa foi realizado nessa pesquisa com o objetivo de comparar seus resultados diante dos resultados obtidos com o CPD e com o CPE.

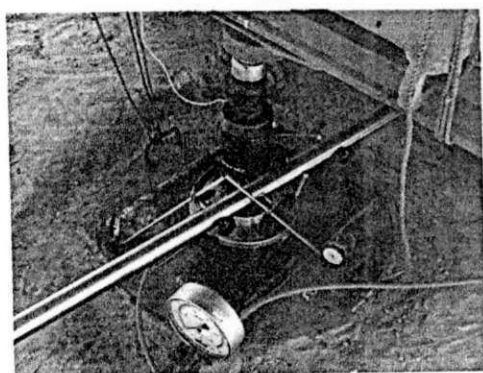
Para realização do Ensaio de Placa tomou-se como referência o método T-222-78 da AASHTO (ANEXO H) (Nonrepetitive Static Plate Load Test of Soils and Flexible Pavement Components).

As opções pela realização do Ensaio de Placa utilizando o método de referência internacional T-222-78 da AASHTO e não o método 055/2004 – ME do DNIT foram:

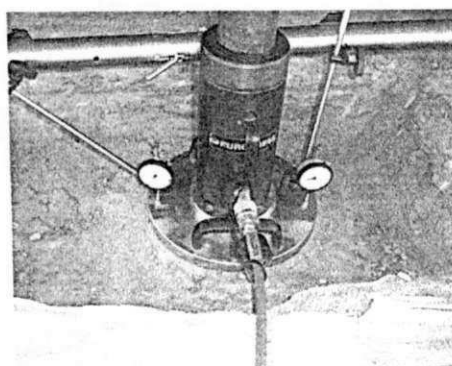
1ª) o método do DNIT que é indicado para a determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimentos rígidos de concreto de cimento Portland para uso em estrada de rodagem (intenso tráfego pesado), enquanto, o método da AASHTO preconiza a realização de Ensaio de Placa em subleitos e em camadas do pavimento, tanto no estado natural quanto em solos compactados, fornecendo dados que podem ser utilizados em projetos e avaliações de pavimentos flexíveis (aeroportos e rodovias). Portanto, não se torna viável a utilização do método do DNIT nas locais escolhidos, pois os mesmos não serão dimensionados para pavimentos rígidos e sim para pavimentos flexíveis ou do tipo calçamento;

2ª) o método de referência para Ensaio de Placa do DNIT utiliza-se de uma placa circular de aço com diâmetro de no mínimo 76 cm (sendo recomendada uma placa cujo diâmetro seja de 79,9 cm (5000 cm²)), enquanto no método da AASHTO comenta-se que para realização do ensaio pode ser realizada uma pirâmide de placas circulares rígidas cujos diâmetros podem variar de no mínimo 152 até no máximo 762 mm, não definindo dessa forma um diâmetro específico para realização do ensaio.

No campo não conseguimos o recalque normatizado de 1,27 mm utilizando uma placa de 80 cm de diâmetro (Figura 3.18a), pois para conseguirmos o recalque especificado nos locais escolhidos, era necessária uma reação maior do que tínhamos em disponibilidade (16 tf), portanto utilizou-se uma placa de 30 cm de diâmetro (Figura 3.18b) (onde conseguimos estabelecer o recalque normatizado de 1,27 mm em todos os locais estudados), que não se enquadra no padrão da especificação do DNIT, mas enquadra-se no padrão do método da AASHTO.



a)



b)

Figura 3.18 – a) Placa circular de aço com 80 cm de diâmetro b) Placa circular de aço com 30 cm de diâmetro

O conjunto de equipamentos utilizados para a realização do Ensaio de Placa foi constituído de placa rígida de 30 cm de diâmetro e 2,54 cm de espessura, cilindro hidráulico com capacidade de 50 tf (marca: EUROPRESS), bomba hidráulica com manómetro (5 kN por divisão, Marca EUROPRESS), extensómetros com resolução de 0,01 mm, uma estrutura (viga) de referência e um caminhão Truck (16tf), esse último funcionando como sistema de reação. A axialidade da carga aplicada nos ensaios foi assegurada pelo sistema rotulado do macaco hidráulico. Na Figura 3.19 encontra-se ilustrada a montagem do equipamento para o ensaio.

Cada ensaio foi constituído por três ciclos de carga e descarga. Tanto as cargas como as descargas foram efetuadas por incrementos e, em cada um deles, foram medidos os deslocamentos relativos da placa rígida. Estes deslocamentos traduzem os assentamentos ocorridos no material em ensaio. Depois de aplicadas as cargas de assentamento, iniciou-se a última aplicação de carga com incrementos, objetivando o recalque, normatizado de 1,27 mm.

Em cada estágio de carga, os recalques foram lidos após aplicação da carga e após intervalos de tempo sucessivos de 1 (um) minuto. Só foi aplicado um novo acréscimo de carga depois de verificada a estabilização dos recalques ou quando a diferença entre duas leituras consecutivas era menor ou igual a 0,02 mm.

Durante a realização do ensaio, foram adotados os seguintes procedimentos de segurança:

- ao abrir o poço, tomou-se cuidados para evitar alteração do teor de umidade natural e amolgamento do solo na superfície de aplicação da carga;
- em torno da área de localização da placa o terreno foi nivelado com o cuidado de evitar interferência na estrutura do solo;
- o dispositivo de transmissão de carga foi instalado de modo a não produzir choques ou vibrações;
- os dispositivos de referência para medidas de recalque ficaram livres da influência de movimentos da placa, do terreno circunvizinho do poço e das ancoragens;
- as vibrações de qualquer espécie, durante a execução dos ensaios, foram evitadas.

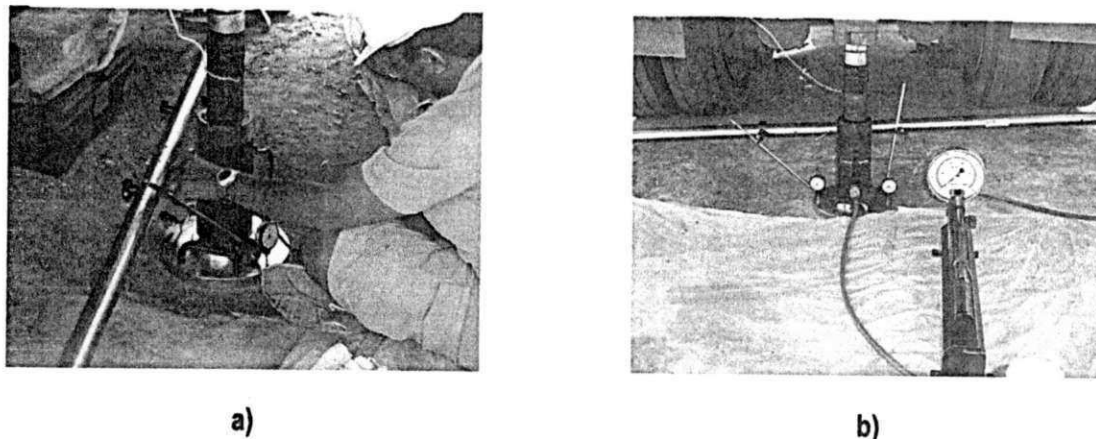


Figura 3.19 – a) Montagem do equipamento b) Equipamento pronto para a realização do ensaio

A localização dos pontos dos ensaios (Ensaio de Placa, CPD e CPE) realizada na segunda (2ª) etapa da pesquisa encontra-se ilustrada de maneira detalhada na Figura 3.20.

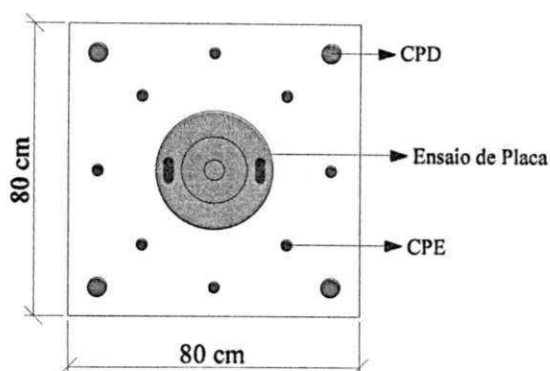


Figura 3.20 – Esboço da localização dos ensaios realizados na 2ª etapa da pesquisa

- Ensaio: Penetrômetro PANDA

A terceira e última etapa dos ensaios em campo foi realizada no mês de junho de 2008, (pluviometria do mês de junho de 2008 = 97,8 mm, Fonte: Posto da EMBRAPA). Nessa terceira etapa, além da realização dos ensaios de CPD e CPE, também realizou-se o ensaio do Penetrômetro PANDA, haja visto a disponibilidade de tal equipamento no referido período.

NOTA: O Penetrômetro PANDA utilizado na pesquisa (Figura 3.21) é de propriedade da UNB (Universidade de Brasília) fornecido pela pessoa do professor Dr. José Camapum de Carvalho. O equipamento foi trazido pelo francês Jean Jacques da Universidade de Clermont Ferrand, o qual se encontrava realizando um intercâmbio entre sua universidade de origem e a UNB.

Para realização do ensaio com o Penetrômetro PANDA, seguiu-se os procedimentos contidos na norma de padrão francês de número de referência XP P 94-1005.

O equipamento é composto pelos seguintes componentes: martelo standard de 2 kg, hastes de penetração de comprimento igual a 50 cm e diâmetro igual a 14 mm, peça guia para as hastes, correia (para medir a profundidade de penetração da ponta), pontas cônica (2, 4 ou 10 cm²), sensor de penetração, sensor para medir a velocidade de impacto e central de aquisição ou armazenamento dos dados.



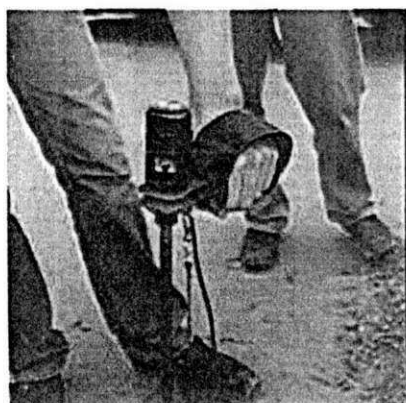
Figura 3.21 – Penetrômetro PANDA utilizado na pesquisa

O princípio de funcionamento do Penetrômetro PANDA consiste na inserção de barras de aço no solo por meio manual, com ajuda de um martelo padrão. Para cada golpe dado, existe um sensor (Figura 3.22a) que mede a velocidade do martelo no momento do impacto, o qual permite determinar a energia proporcionada ao resto do dispositivo. Um segundo sensor (Figura 3.22b) mede o valor da penetração da ponta, medida por meio de uma correia que possui uma extremidade fixada no sensor de velocidade de impacto, e a outra extremidade conectada a uma “caixa enroladora”, e um terceiro sensor (Figura 3.22c), que trabalha como uma espécie de central de aquisição ou armazenamento dos dados, registra as informações e calcula instantaneamente a resistência de ponta (MPa), armazenando para cada golpe do martelo o par: penetração – resistência correspondente.

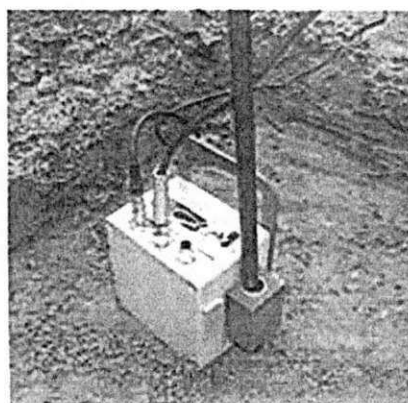
Durante a realização dos ensaios, por se tratar de solos compactados, utilizou-se uma ponta cônica de 2 cm² de seção transversal, segundo recomendações contidas no manual de utilização do Panda (ANEXO G). Por se tratar de um equipamento com técnica de execução semelhante ao do CPD (medida de resistência à penetração por golpe), foi implantado, nessa terceira etapa, um procedimento diferente do que vinha sendo adotado no ensaio do CPD (cálculo do índice de penetração após aplicação de dez (10) golpes).

O procedimento adotado para o CPD quanto para o PANDA consistiu na máxima penetração que ambos os equipamento podiam atingir, observando os seguintes limites:

- a máxima penetração que podia ser obtida pelo CPD era de 90 cm, que corresponde ao comprimento de sua haste inferior ou quando o equipamento fornecia um índice de penetração menor ou igual a 2 mm/golpe (solo muito resistente);
- o PANDA podia alcançar uma profundidade máxima de 6 m (ver Manual de utilização (ANEXO G)), porém o ensaio era interrompido quando o equipamento alcançava a penetração de 1 m (que corresponde aproximadamente ao comprimento da haste inferior do CPD) ou quando o equipamento registrava duas medidas consecutivas de resistências próximas ou acima de 20 MPa.



a)



b)



c)

Figura 3.22 – a) Sensor de impacto; b) Sensor de penetração e c) Sensor de aquisição ou armazenamento de dados

A localização dos pontos dos ensaios (CPE, CPD e Penetrômetro PANDA) realizada na terceira etapa da pesquisa, encontra-se ilustrada de maneira detalhada na Figura 3.23.

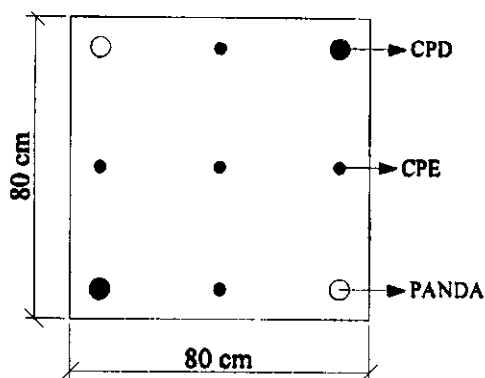


Figura 3.23 – Esboço da localização dos ensaios realizados na 3ª etapa da pesquisa

Com o objetivo de obter uma maior precisão na comparação das resistências obtidas entre o CPD e o PANDA, em função da profundidade, registrou-se a leitura das resistências obtidas por ambos equipamentos em função da menor penetração que um dos equipamentos alcançasse. Dessa maneira, eram obtidas medidas de resistências diferentes (Índice de penetração no caso do CPD e MPa no caso do PANDA) para uma mesma profundidade.

Para relacionar as resistências obtidas pelo CPE, diante das obtidas pelo PANDA, adotou-se o seguinte procedimento: por meio das cinco (05) penetrações realizadas no ensaio do CPE (Figura 3.23), obteve-se uma penetração média, a partir da qual realizou-se o somatório das resistências obtidas pelo PANDA até atingir tal penetração, em seguida, efetuou-se a divisão do somatório dessas resistências pelo número de golpes dados com o martelo padrão para alcançar à penetração média, obtendo dessa maneira a resistência média obtida pelo PANDA para cada poço de inspeção.

3.1.4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

Após a realização dos ensaios, os valores obtidos foram colocados em fichas de cálculos de utilização comum no armazenamento de dados, e em seguida passados para o computador, onde se fez uso de programas (Word, Excel, Statistic 6.0, e Diagramer) para processamento das informações, elaboração de gráficos, tabelas e organização dos dados obtidos.

CAPÍTULO 4

4 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo é dedicado à apresentação e análise dos resultados obtidos durante a fase experimental do trabalho. Inicialmente são relatados os resultados obtidos na fase de estudo sobre as características físicas e comportamento mecânico dos solos, tanto em laboratório, como no campo. Em seguida, fez-se um estudo estatístico que deu origem a duas equações, uma em nível nacional e a outra em nível internacional, relacionando CPD versus CBR. Por último, realizou-se um estudo estatístico relacionando os resultados obtidos com o CPD, CPE, Ensaio de Placa e Penetrômetro PANDA.

4.1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MATERIAL COLETADO

4.1.1 - EM LABORATÓRIO

O solo, sendo um material que ocorre na natureza nas mais diferentes formas, necessita ser classificado de modo que se possa conhecer o seu comportamento, quando submetido à ações de cargas.

Um sistema de classificação de solos bastante utilizado em pavimentação é o HRB (Highway Research Board). Nesta classificação, os solos são reunidos em grupos e subgrupos, em função de sua granulometria, limites de consistência e do índice de grupo.

O Sistema Unificado de Classificação de Solo (SUCS) baseia-se na identificação dos solos de acordo com as suas qualidades de textura e plasticidade, agrupando-lhes de acordo com seu comportamento, quando usados em estradas, aeroportos, aterros e fundações. As vantagens do emprego do SUCS estão no exercício da identificação de campo, na adoção de uma simbologia que se refere a natureza do solo, e no valor prático das indicações que a classificação proporciona aos vários ramos da engenharia de solos.

Nas Tabelas 4.1 e 4.2 são apresentadas as distribuições dos tamanhos dos grãos, os índices de consistência (LL e LP) e as classificações das amostras dos materiais dos subleitos, segundo o que preconizam os métodos de classificação HRB e SUCS.

Tabela 4.1 - Resultados do ensaio de granulometria por peneiramento

	# Pen.	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC
Porcentagem que passa (%)	1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	3/8"	99,6	99,6	99,8	93,9	88,0	92,2	98,3	100,0	99,8	99,3	100,0
	nº 4	98,9	98,1	99,2	91,7	82,5	86,3	93,8	100,0	97,3	97,9	100,0
	nº 10	92,2	91,4	93,8	89,9	78,0	74,2	83,4	98,1	91,2	95,3	99,6
	nº 40	64,4	62,9	74,7	79,8	55,1	45,0	49,7	72,6	64,6	64,0	85,7
	nº 200	23,0	23,6	50,7	41,9	14,7	21,1	13,7	27,1	21,7	25,3	28,3

Tabela 4.2 - Resultados dos ensaios de consistência e classificação dos solos

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC
LL	NL	NL	34,50	28	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL
IP	NP	NP	12,30	10,35	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
IG	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0
HRB	A-2-4	A-2-4	A-6	A-4	A-2-4	A-1-b	A-1-b	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4
SUCS	SM	SM	CL	ML	SM	SW	SW	SM	SM	SM	SM

* valores em porcentagem (%)

Os resultados dos ensaios indicam que a maioria dos solos dos subleitos são do tipo A-2-4 e SM, solos constituídos por misturas de areia e silte (areia siltosa), cujo comportamento como subleito pode variar de excelente a bom. O solo coletado no poço 01, da Rua Fernando B. de Melo, foi classificado como sendo do tipo A-6 e CL, sendo caracterizado como uma argila inorgânica de baixa plasticidade (argila arenosa), já o solo do poço 02, dessa mesma rua, foi classificado como A-4 e SC, solo constituído por misturas de areia e argila (areia argilosa). Esses dois tipos de solos possuem um comportamento como subleito classificado como sofrível a mau. Em se tratando dos solos coletados nos poços de inspeção EC-2 e B-1, ambos são classificados como sendo do tipo A-1-b e SW, solos constituídos por areias bem graduadas ou areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino, cujo comportamento como subleito pode variar de excelente a bom.

4.1.2 - EM CAMPO

Os resultados dos ensaios de Massa Específica Aparente Seca "in situ" (NBR-7185, ABNT) e dos teores de umidade encontrados em campo, encontram-se apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Valores da Densidade “in situ” e dos teores de umidade obtidos em campo

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC
Densidade “in situ” (g/cm ³)											
	1,749	1,846	1,174	1,650	1,990	1,930	2,175	1,940	2,030	1,900	1,975*
Umidade (%) - Pluviometria do Mês de Julho de 2007 = 106,7 mm											
	12,37	6,25	16,30	11,17	5,69	6,10	6,82	7,70	7,73	7,56	NR
Umidade (%) - Pluviometria do Mês de Novembro de 2007 = 13,4 mm											
	4,97	5,58	13,58	4,64	1,76	6,09	3,45	3,60	1,58	4,76	10,25

NR = Não Realizado

4.2 - CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO MATERIAL COLETADO

Para o estudo do comportamento mecânico dos materiais, foram realizados, em laboratório, os ensaios de compactação, CBR e expansão, e em campo, os ensaios com o CPD, CPE, Ensaio de Placa e Penetrômetro PANDA.

4.2.1 - EM LABORATÓRIO

- Ensaio: Compactação

A compactação é a operação da qual resulta o aumento da massa específica aparente de um solo, pela aplicação de esforços mecânicos, o que faz com que as partículas constitutivas do material entrem em contato mais íntimo, pela expulsão do ar. Com a redução da porcentagem de vazios de ar, consegue-se, também, reduzir a tendência de variação dos teores de umidade dos materiais integrantes do pavimento, durante a vida de serviço.

Os ensaios de compactação foram realizados conforme o Método de Ensaio ME-162/94, segundo recomendações do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte (DNIT). Devido ao fato dos materiais coletados serem de origem de subleito, aplicou-se a energia do Proctor Normal (12 golpes por camadas, num total de 5 camadas), já que essa é a energia de compactação geralmente apropriada para a compactação de materiais provenientes da fundação de pavimentos.

Na Tabela 4.4, estão apresentados os resultados obtidos por meio dos ensaios de compactação realizados com as amostras coletadas nos poços de inspeções.

Tabela 4.4 – Resultados do ensaio de compactação na Energia de Proctor Normal

		Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC
Compactação	Energia Normal	γ_d Máx. (g/cm ³)	1,910	1,918	1,555	1,811	1,908	1,948	1,975	2,020	1,865	1,970	1,900
		$W_{ót}$ (%)	9,8	9,1	23,5	15,7	9,6	9,9	9,0	8,9	10,4	9,0	10,0

Segundo orientações contidas no Manual de Pavimentação do DNIT (1996), a massa específica aparente seca máxima de um solo, obtida após a compactação, deve variar, aproximadamente, entre os valores 1,400 g/cm³ e 2,300 g/cm³. Dessa forma, observa-se que os resultados obtidos estão pertencentes ao intervalo especificado.

Após as realizações dos ensaios de compactação, foram verificados os graus de compactação em campo, por meio da Fórmula 4.1 que relaciona a massa específica aparente seca "in situ" com a massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório. Na Tabela 4.5, encontram-se os resultados das massas específicas aparente seca obtidas, em campo e em laboratório, e o respectivo grau de compactação.

$$GC = \frac{\gamma_d(\text{Campo})}{\gamma_{d\text{Máximo}}(\text{Laboratório})} \times 100 \quad [4.1]$$

Tabela 4.5 – Resultados das massas específica aparente seca obtidas, em campo e laboratório, e respectivos graus de compactação

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC
Densidade "in situ" (g/cm³)											
	1,749	1,846	1,174	1,650	1,990	1,930	2,175	1,940	2,030	1,900	1,975
Densidade aparente seca máxima obtida em laboratório na Energia Normal (g/cm³)											
	1,910	1,918	1,555	1,811	1,908	1,948	1,975	2,020	1,865	1,970	1,900
Grau de Compactação (%)											
	91,6	96,2	75,5	91,1	104,3	99,1	110,1	96,0	108,8	96,4	103,9

Por meio dos resultados obtidos, observa-se, em alguns poços de inspeção, um grau de compactação elevado, acima de 100%, isso se deve ao fato da existência de um pequeno tráfego de veículos nessas localidades. O baixo grau de compactação de 75,5% obtido no poço de inspeção FB-1 pode ser justificado pela ausência de tráfego no local.

- Ensaio: Índice de Suporte Califórnia - CBR

Os ensaios de CBR foram realizados, segundo Método de Ensaio ME-049/94 normatizado pelo DNIT, em duas etapas.

Na primeira etapa, os CBR foram moldados a partir do teor ótimo de umidade e massa específica seca máxima, obtidos nos ensaios de compactação, com imersão. Na segunda etapa, os CBR foram moldados com os teores de umidade encontrados no estado natural (umidade de campo) sem imersão, na energia normal, com objetivo de tentar representar as condições encontradas em campo.

Na Figura 4.1 foram inseridos os valores de CBR obtidos segundo os procedimentos descritos acima, onde foi considerada a variação dos valores de CBR com o efeito da sazonalidade, procedimento do ensaio e localização da camada de solo ensaiada.

Observa-se na Figura 4.1 que, de forma geral, os valores de CBR obtidos na umidade de campo, no período de maior índice pluviométrico, admitem resultados aproximados quando comparados com os valores de CBR moldados na umidade ótima (com imersão). Justifica-se tal comportamento com base na utilização da mesma energia de compactação (energia normal), aplicada em ambos os métodos e nas umidades que de certa forma não apresentam valores discrepantes.

Em se tratando dos CBR moldados na umidade de campo, no período de menor índice pluviométrico, observou-se de forma geral, uma diminuição nos seus valores, fato esse que vai de encontro ao que é apresentado pela literatura (Figura 4.2). Em síntese, os valores de CBR, no ramo seco da curva de compactação, para a mesma energia, deveriam ser maiores que os valores obtidos para solos compactados na umidade ótima. Entretanto, a dispersão encontrada pode ser explicada pela diferença significativa entre os teores de umidades encontrados em campo (época de menor índice pluviométrico) e os teores de umidades ótimas dos respectivos solos.

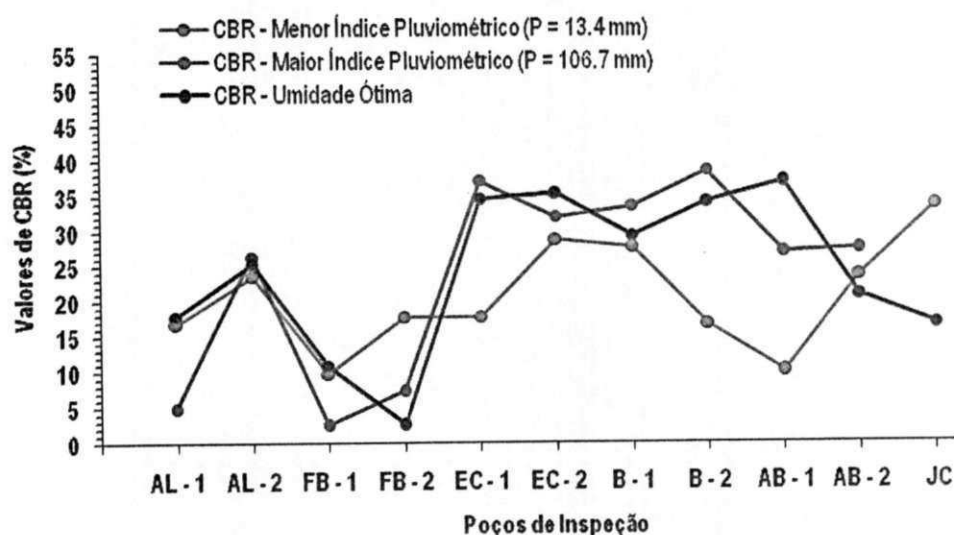


Figura 4.1 – Variação dos valores de CBR em função da localização, teor de umidade e procedimento de ensaio

Os resultados obtidos com os ensaios de CBR, nas duas etapas, estão apresentados de forma detalhada nas Tabelas 4.6, 4.7 e 4.8.

Tabela 4.6 – Resultados dos ensaios de CBR (ME-049/94, DNIT)

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC
CBR - Energia Normal	Verificação da umidade de moldagem (%)										
	9,39	8,76	23,55	15,26	9,18	9,33	8,68	8,62	9,98	8,70	9,11
	Verificação da massa específica aparente seca (g/cm ³)										
	1,849	1,868	1,586	1,829	1,910	1,953	2,020	2,005	1,912	1,958	1,925
CBR (%)											
18,0	25,4	11,0	2,7	34,7	35,5	29,5	34,3	37,1	21,1	17,0	
Expansão (%)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Observa-se que nenhum solo utilizado no ensaio de CBR sofreu expansão, o que significa, em se tratando desse aspecto, um bom comportamento desses solos na pavimentação quando submetidos a teores de umidades elevados.

Tabela 4.7 – Resultados dos ensaios de CBR, sem imersão, na Energia de Proctor Normal para os teores de umidades encontrados em campo no período de maior índice pluviométrico

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	
CBR sem imersão	Umidade	12,37	6,25	16,30	11,17	5,69	6,10	6,82	7,70	7,73	7,56
	γ (g/cm ³)	1,830	1,860	1,365	1,690	1,800	1,830	1,955	2,000	1,767	1,910
	CBR (%)	5,1	26,6	2,8	7,6	37,2	32,2	33,7	38,7	27,3	27,8

Tabela 4.8 – Resultados dos ensaios de CBR, sem imersão, na Energia de Proctor Normal para os teores de umidades encontrados em campo no período de menor índice pluviométrico

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC	
CBR sem imersão	Umidade	4,97	5,68	13,58	4,65	1,76	6,09	3,45	3,60	1,58	4,76	10,25
	γ (g/cm ³)	1,750	1,840	1,325	1,595	1,610	1,815	1,870	1,645	1,565	1,760	1,890
	CBR (%)	16,9	23,9	10,0	18,0	18,0	29,0	28,0	17,0	10,2	24,0	34,0

O aumento da massa específica aparente seca e do CBR é proporcional ao aumento da umidade, até a umidade ótima, depois dessa, a massa específica e o CBR passa a ser inversamente proporcional ao aumento da umidade (Figura 4.2).

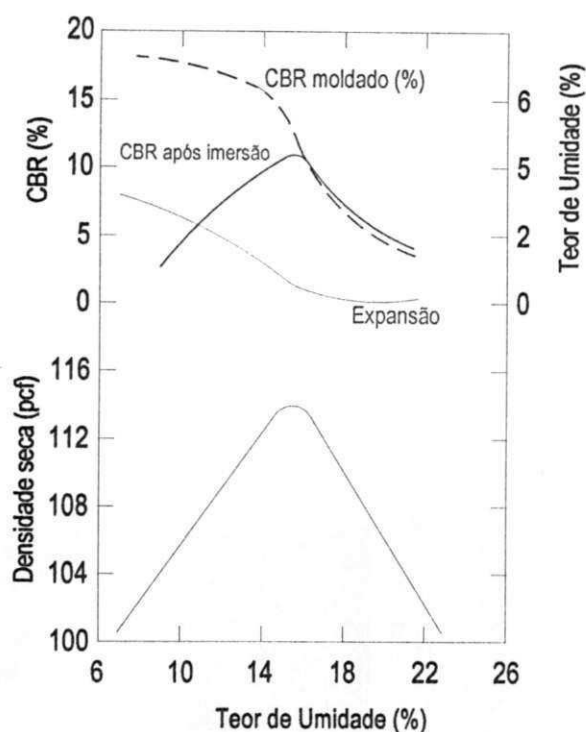


Figura 4.2 – Curvas: massa específica – umidade e CBR – umidade
(da AASHTO, 1993, PG 81)

4.2.2 - EM CAMPO

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos "in situ" com os equipamentos: CPD, CPE, Ensaio de Placa e Penetrômetro PANDA.

- Ensaio: Cone de Penetração Dinâmica - CPD

Em cada poço de inspeção foram realizadas quatro (04) penetrações com o CPD, visando obter um índice de penetração médio para cada um deles. Os resultados dos índices de penetrações obtidos com as quatro (04) penetrações realizadas em cada poço de inspeção encontram-se em anexo (ANEXO B) e os resultados dos índices de penetração médio obtidos para cada poço, considerando e desconsiderando o primeiro golpe do martelo, referentes aos períodos de maior e menor índice pluviométrico, encontram-se apresentados de forma detalhada nas Figuras 4.3 e 4.4, e nas Tabelas 4.9 e 4.10.

Nas Figuras 4.3 e 4.4, percebe-se que o comportamento da capacidade de suporte dos solos, em função dos índices de penetração, considerando o 1º golpe, é o mesmo que o desconsiderando. Em geral, para o período com maior Índice pluviométrico ($P = 106,7$ mm), os valores dos índices de penetração são maiores que os obtidos no período de menor índice pluviométrico ($P = 13,4$ mm).

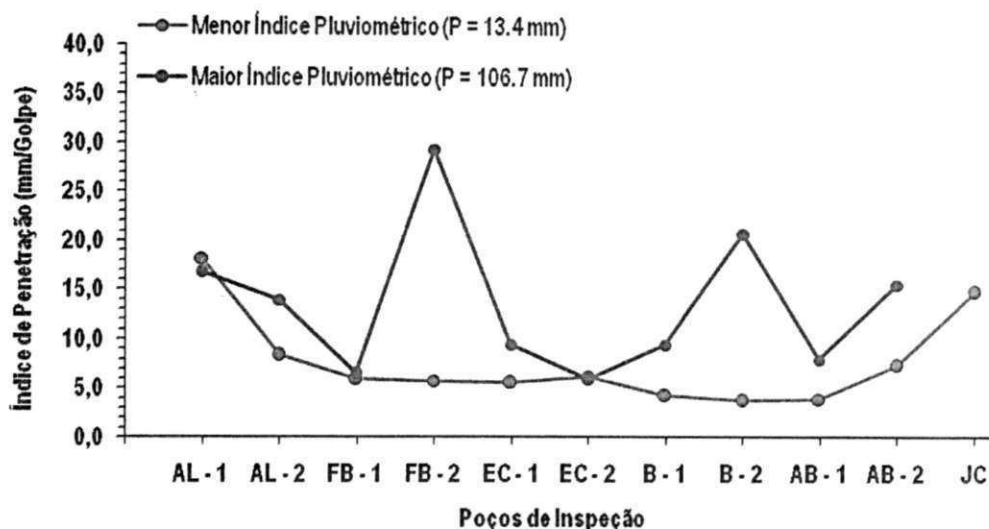


Figura 4.3 – Variação do Índice de penetração (considerando o 1º Golpe) em função da localização e do Índice Pluviométrico

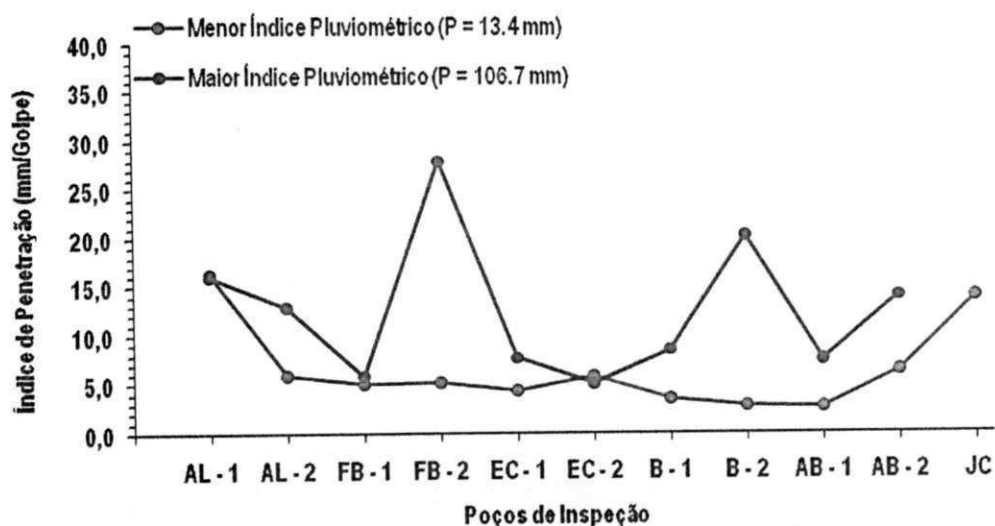


Figura 4.4 – Variação do Índice de penetração (desconsiderando o 1º Golpe) em função da localização e do Índice Pluviométrico

Percebe-se que o aumento do teor de umidade no solo corresponde a um incremento do índice de penetração, sendo conseqüentemente, inversamente proporcional a capacidade de suporte do solo. Os resultados obtidos indicam que o ensaio com CPD é sensível à variação do teor de umidade do solo quando da sua execução. Com base nas Figuras 4.3 e 4.4, observa-se que nos poços de inspeção FB - 1 e EC - 2, os índices de penetração obtidos, durante o período de maior e menor índice pluviométrico, admitem resultados semelhantes, fato esse explicado pela não ocorrência de variação significativa nos teores de umidades encontrados nos locais (ver valores de umidade na Tabela 4.3).

Tabela 4.9 – Resultados dos índices de penetração médio obtido no ensaio do CPD para o período de maior índice pluviométrico

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2
Mês de Julho P = 106,7 mm	Índice de Penetração (mm/golpe) - Considerando o 1º Golpe									
	16,87	13,95	6,62	29,37	9,50	5,97	9,50	20,80	8,00	15,60
Índice de Penetração (mm/golpe) - Desconsiderando o 1º Golpe										
	16,11	13,05	5,94	28,05	7,78	5,11	8,60	20,40	7,60	14,20

Tabela 4.10 – Resultados dos índices de penetração médio obtido no ensaio do CPD para o período de menor índice pluviométrico

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC
Mês de Novem. P = 13,4 mm	Índice de Penetração (mm/golpe) - Considerando o 1º Golpe										
	18,20	8,40	6,00	5,80	5,60	6,30	4,30	3,80	4,00	7,40	14,90
Índice de Penetração (mm/golpe) - Desconsiderando o 1º Golpe											
	16,40	6,00	5,20	5,30	4,50	5,90	3,60	2,90	2,80	6,50	14,10

- Ensaio: Cone de Penetração Estática - CPE

Em cada poço de inspeção foram realizados um total de oito (08) penetrações com o CPE, visando obter uma resistência média à penetração para cada um deles. Os resultados das resistências à penetração obtidos com as oito (08) penetrações, realizadas em cada poço, nos períodos de maior e menor índice pluviométrico, encontram-se em anexo (ANEXO C) e os resultados das resistências média do solo, à penetração do CPE, para os dois períodos, estão apresentados na Figura 4.5 e na Tabela 4.11.

Os resultados obtidos indicam que a resistência à penetração obtida com o uso do CPE é sensível à variação do teor de umidade do solo. Observa-se um aumento de resistência à penetração no período de menor índice pluviométrico, isso se deve ao fato da pequena penetração da ponta cônica, devido a uma maior resistência do solo adquirida nesse período.

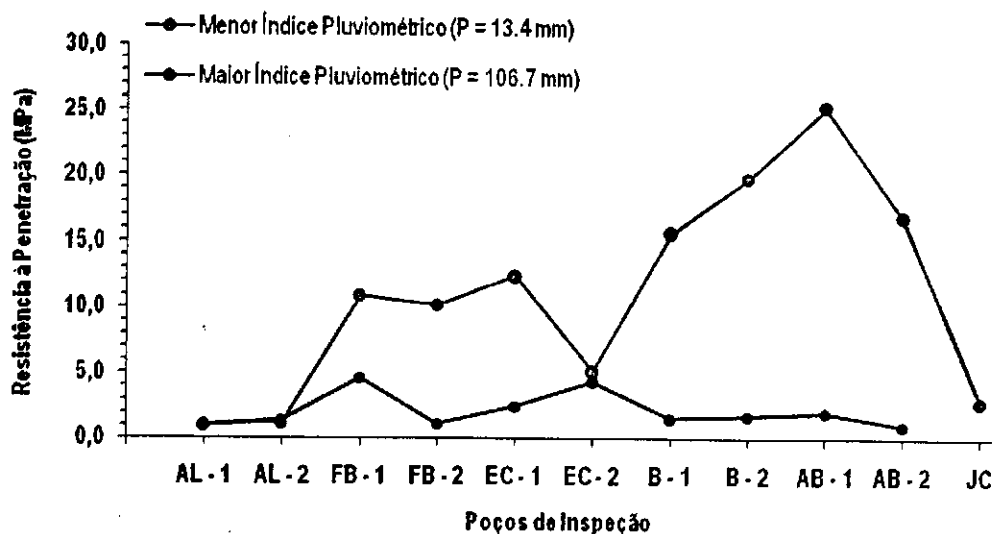


Figura 4.5 – Variação da resistência à penetração do CPE em função da localização e do Índice Pluviométrico

Os valores das resistências médias à penetração obtidas com o CPE, nos dois (02) diferentes períodos pluviométricos, encontram-se na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Valores de resistência média do solo à penetração, obtidos por meio do CPE, para os períodos de maior e menor índices pluviométricos

Poço	AL-1	AL-2	FB-1	FB-2	EC-1	EC-2	B-1	B-2	AB-1	AB-2	JC
Pressão Média (MPa)	Pluviometria do Mês de Julho de 2007 = 106,7 mm										
	1,05	1,37	4,62	1,11	2,44	4,37	1,51	1,71	1,99	1,01	NR
	Pluviometria do Mês de Novembro de 2007 = 13,4 mm										
	1,01	1,20	10,96	10,25	12,44	5,19	15,74	19,95	25,47	17,04	2,89

A variação dos resultados obtidos com o CPD e CPE nos períodos de maior e menor Índice pluviométricos, é justificada pelo fato dos ensaios serem realizados na superfície do terreno, pois a superfície é o local onde ocorre a maior variação de umidade, portanto é nessa localização onde os resultados são mais afetados.

- Ensaio: Ensaio de Placa

O Ensaio de Placa foi realizado conforme o método T-222-78 da AASHTO, o qual preconiza a realização de ensaios de placa com carga não repetida, em subleitos e em camadas de pavimentos, tanto no estado natural, quanto em solos compactados, fornecendo dados que podem ser utilizados em projetos e avaliação de pavimentos rígidos e flexíveis (aerportos e rodovias).

Neste trabalho foi realizado um total de oito (08) ensaios, as curvas recalques x pressão encontram-se em anexo (ANEXO D) e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Valores de coeficiente de recalque (k) obtidos nos Ensaios de Placa realizados no período de menor índice pluviométrico

Poço	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 2	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC
Coefic. de Recalque K - (MPa/m)	45,28	66,54	43,94	58,90	52,60	17,32	51,42	35,83

- Ensaio: Penetrômetro PANDA

O ensaio do Penetrômetro PANDA foi realizado conforme os procedimentos contidos no manual de utilização da norma francesa de número de referência XP P 94-1005. O cálculo da resistência média do PANDA, para cada poço de inspeção, foi obtido adotando-se os seguintes procedimentos:

1º) Caso: PANDA em relação ao CPD

- Para cada furo realizado, era obtido o somatório de todas as resistências obtidas pelo PANDA até a profundidade máxima alcançada (conforme descrita no Capítulo 3, desta dissertação). Em seguida, era efetuada a divisão do resultado do somatório das resistências pelo número de golpes dados com um martelo para alcançar a penetração obtida.

- O procedimento descrito acima era realizado para os dois (02) furos executados em cada poço de inspeção. Por último, calculava-se a média das resistências obtidas dos furos realizados e obtinha um resultado o qual era definido com sendo a resistência média à penetração que era fornecida pelo PANDA, para cada poço de inspeção em estudo.

2º) Caso: PANDA em relação ao CPE

- Por meio das cinco (05) penetrações realizadas no ensaio do CPE, foi obtida uma penetração média a qual ficou definida como sendo a penetração máxima que o Panda deveria obter para relacionar seus resultados com os resultados do CPE para uma mesma profundidade, obtendo dessa maneira resultados de resistências mais precisos.

- O procedimento descrito acima era realizado para os dois (02) furos executados em cada poço de inspeção, Por último, calculava-se a média das resistências obtidas dos furos realizados e obtinha um resultado o qual era definido com sendo a resistência média à penetração que era fornecida pelo PANDA para cada poço de inspeção em estudo, os quais eram relacionados com os resultados obtidos do CPE.

Nas Figuras 4.6 e 4.7, encontram-se respectivamente o comportamento dos resultados das resistências médias obtidas no ensaio do PANDA, para uma penetração média máxima alcançada pelo CPD e pelo CPE em cada poço de inspeção.

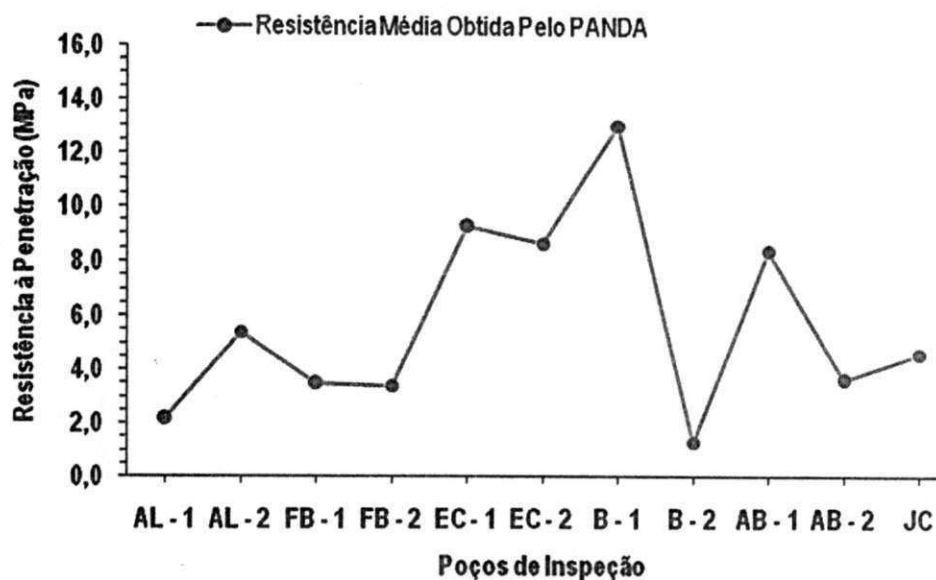


Figura 4.6 – Variação da resistência à penetração obtida pelo PANDA em função da localização e da máxima penetração média alcançada (caso do CPD)

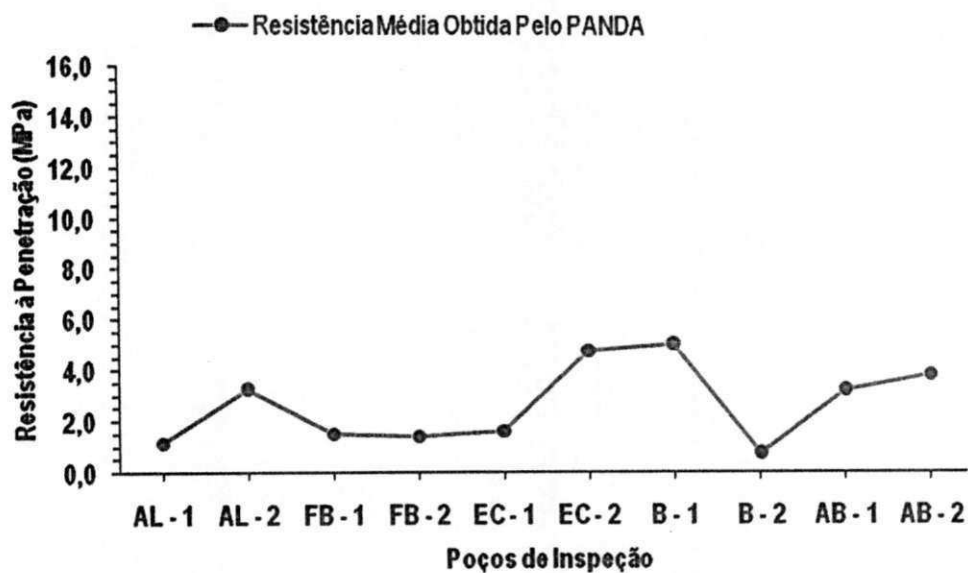


Figura 4.7 – Variação da resistência à penetração obtida pelo PANDA em função da localização e da máxima penetração média alcançada (caso do CPE)

4.2.3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

- Análise Estatística da Relação: Cone de Penetração Dinâmica versus Índice de Suporte Califórnia

Na literatura técnica disponível, existem atualmente um total de oito (08) equações em nível nacional e vinte e três (23) em nível internacional, relacionando CPD x CBR (vêr pág. 33 e 34).

Com base no modelo das equações encontradas, que admitem de maneira geral a forma: $\text{Log}(CBR) = a - b.\text{Log}(CPD)$, foram desenvolvidas, tendo como base os parâmetros a e b das equações nacionais e internacionais, e em função das medidas estatísticas, duas equações, uma nacional, Equação 4.2, e a outra internacional, Equação 4.3.

$$\text{Log}(CBR) = 2,514 - 1,180.\text{Log}(CPD) \quad [4.2]$$

$$\text{Log}(CBR) = 2,357 - 1,084.\text{Log}(CPD) \quad [4.3]$$

Nas Tabelas 4.13 e 4.14, estão apresentados de forma detalhada, os valores, das medidas estatísticas e dos intervalos de confiança (a um nível de insignificância de 5%), dos parâmetros a e b , da equação nacional e internacional, respectivamente.

Tabela 4.13 – Resultados estatísticos dos parâmetros a e b , da equação nacional

Medidas Estatísticas	Parâmetros	
	a	b
Média amostral	2,514	1,180
Variância amostral	0,079	0,015
Desvio Padrão	0,281	0,124
Intervalo de Confiança para um nível de significância $\alpha = 5\%$	(2,319 ; 2,709)	(1,094 ; 1,266)
Equação Encontrada: $\text{Log}(CBR) = 2,514 - 1,180.\text{Log}(CPD)$		

Tabela 4.14 – Resultados estatísticos dos parâmetros a e b , da equação internacional

Medidas Estatísticas	Parâmetros	
	a	b
Média amostral	2,357	1,084
Variância amostral	0,245	0,066
Desvio Padrão	0,495	0,257
Intervalo de Confiança para um nível de significância $\alpha = 5\%$	(2,155 ; 2,559)	(0,979 ; 1,189)
Equação Encontrada: $\text{Log}(CBR) = 2,357 - 1,084.\text{Log}(CPD)$		

Devido a variabilidade de fatores em que foram obtidos os resultados para o estabelecimento de cada equação (nacional e internacional), destacam-se: tipo de solo, energia de compactação, estado de confinamento, massa específica aparente seca, teor de umidade, etc. Podem-se considerar como equações definitivas, da relação CPD versus CBR, as Equações 4.2 e 4.3, e por meio dessas equações pode-se encontrar o CBR obtido nas condições de campo, tornando os resultados de CBR satisfatórios.

Nas Figuras 4.8 à 4.11, são apresentados os comportamentos dos CBR, obtidos por meio das equações desenvolvidas (Equações 4.2 e 4.3), em função dos índices de penetração (considerando e desconsiderando o 1º golpe) encontrados nos períodos de maior e menor índice pluviométrico.

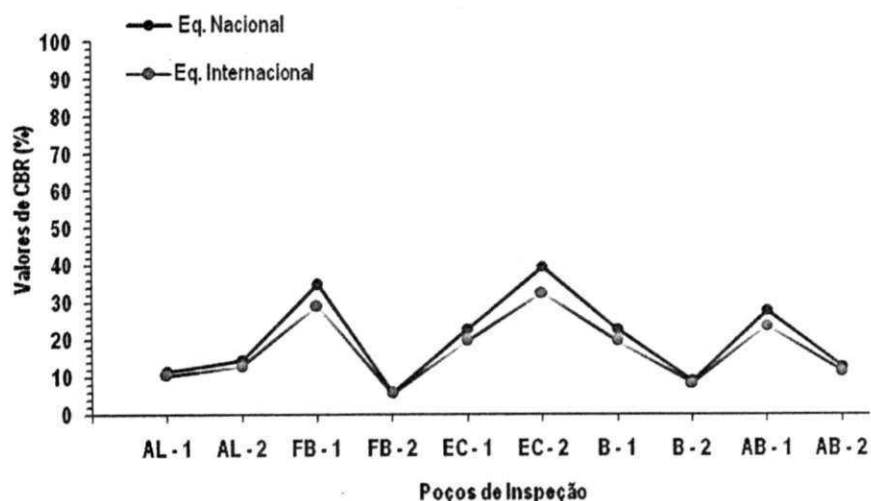


Figura 4.8 – Valores de CBR obtidos em função dos índices de penetração, considerando o 1º golpe, no período de maior índice pluviométrico

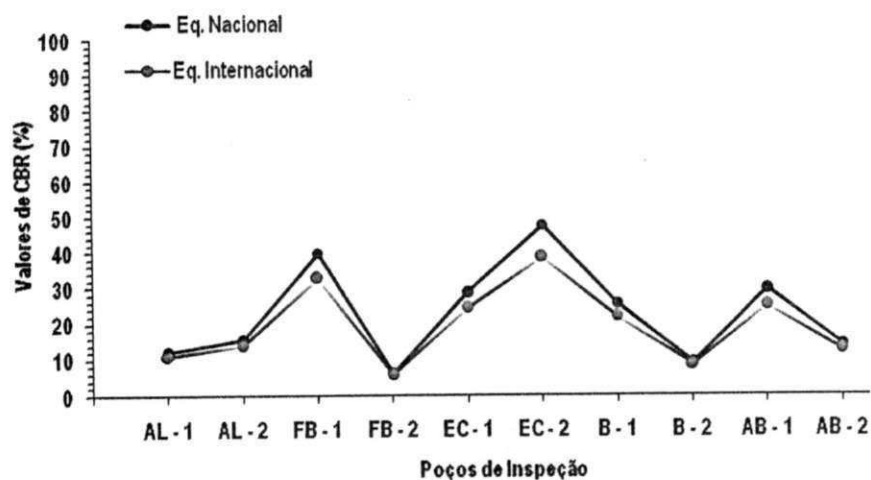


Figura 4.9 – Valores de CBR obtidos em função dos índices de penetração, desconsiderando o 1º golpe, no período de maior índice pluviométrico

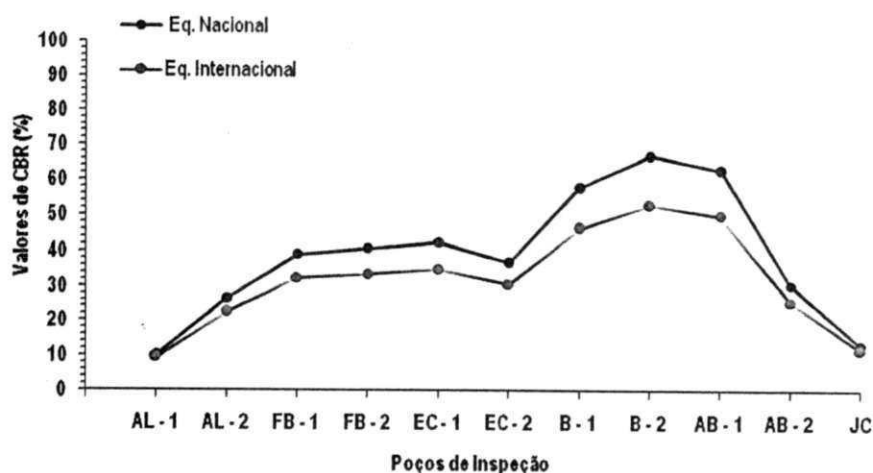


Figura 4.10 – Valores de CBR obtidos em função dos índices de penetração, considerando o 1º golpe, no período de menor índice pluviométrico

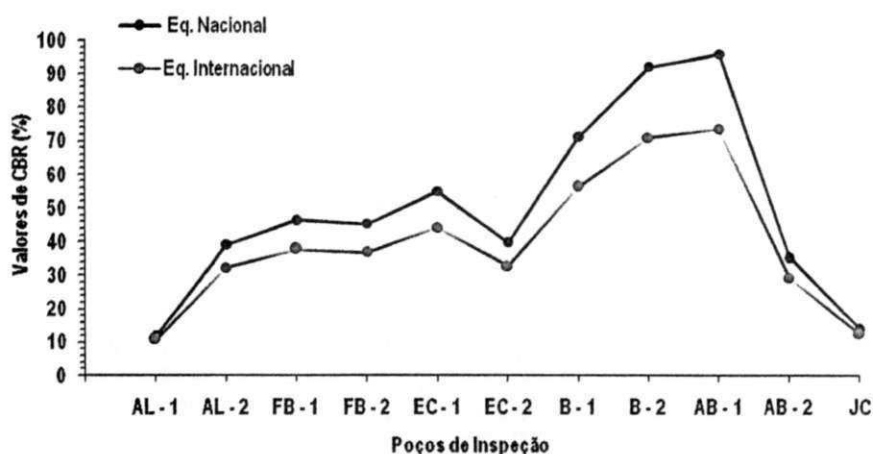


Figura 4.11 – Valores de CBR obtidos em função dos índices de penetração, desconsiderando o 1º golpe, no período de menor índice pluviométrico

Observou-se nas Figuras 4.8 à 4.11 que os CBR obtidos por meio das equações, nacional e internacional, possuem comportamentos semelhantes, diante de um mesmo índice de penetração, porém, os valores de CBR obtidos na equação nacional são maiores do que os obtidos na equação internacional. Isso deve-se ao fato de que os parâmetros (a e b), que constituem essa equação, admitirem valores maiores do que os parâmetros que constituem a equação internacional.

Observou-se, também, que os resultados dos CBR obtidos nas equações, em função do índice de penetração, desconsiderando o 1º golpe, apresentaram valores maiores quando comparados com os CBR obtidos em função do índice de penetração considerando o 1º golpe. Esses resultados devem-se ao fato de que os valores dos índices de penetração, considerando o 1º golpe, apresentam-se maiores do que os

desconsiderando. Devido ao fato do CBR ser inversamente proporcional ao índice de penetração, essa relação explica os resultados.

Nas Tabelas 4.15 à 4.18, encontram-se, de forma detalhada, os resultados dos CBR obtidos por meio das equações determinadas, em função dos índices de penetração do CPD.

Tabela 4.15 – Valores de CBR, obtidos a partir da equação nacional, em função dos índices de penetração obtidos com o CPD no período de maior índice pluviométrico

Equação Nacional: $\text{Log}(\text{CBR}) = 2,514 - 1,180 \cdot \text{Log}(\text{CPD})$				
Poço	DCP (mm/golpe)	CBR	DCP (mm/golpe)	CBR
	Cons. o 1º Golpe	(%)	Descon. o 1º Golpe	(%)
AL - 1	16,87	11,6	16,11	12,3
AL - 2	13,95	14,6	13,05	15,8
FB - 1	6,62	35,1	5,94	39,9
FB - 2	29,37	6,1	28,05	6,4
EC - 1	9,50	22,9	7,78	29,0
EC - 2	5,97	39,7	5,11	47,7
B - 1	9,50	22,9	8,60	25,8
B - 2	20,80	9,1	20,40	9,3
AB - 1	8,00	28,1	7,60	29,8
AB - 2	15,60	12,8	14,20	14,3

Tabela 4.16 – Valores de CBR, obtidos a partir da equação nacional, em função dos índices de penetração obtidos com o CPD no período de menor índice pluviométrico

Equação Nacional: $\text{Log}(\text{CBR}) = 2,514 - 1,180 \cdot \text{Log}(\text{CPD})$				
Poço	DCP (mm/golpe)	CBR	DCP (mm/golpe)	CBR
	Cons. o 1º Golpe	(%)	Descon. o 1º Golpe	(%)
AL - 1	18,20	10,6	16,40	12,0
AL - 2	8,40	26,5	6,00	39,4
FB - 1	6,00	39,4	5,20	46,7
FB - 2	5,80	41,0	5,30	45,6
EC - 1	5,60	42,8	4,50	55,4
EC - 2	6,30	37,2	5,90	40,2
B - 1	4,30	58,4	3,60	72,0
B - 2	3,80	67,6	2,90	93,0
AB - 1	4,00	63,6	2,80	96,9
AB - 2	7,40	30,8	6,50	35,9
JC	14,90	13,5	14,10	14,4

Tabela 4.17 – Valores de CBR, obtidos a partir da equação internacional, em função dos índices de penetração obtidos com o CPD no período de maior índice pluviométrico

Equação Internacional: $\text{Log}(\text{CBR}) = 2,357 - 1,084.\text{Log}(\text{CPD})$				
Poço	DCP (mm/golpe)	CBR	DCP (mm/golpe)	CBR
	Cons. o 1º Golpe	(%)	Descon. o 1º Golpe	(%)
AL - 1	16,87	10,6	16,11	11,2
AL - 2	13,95	13,1	13,05	14,1
FB - 1	6,62	29,3	5,94	33,0
FB - 2	29,37	5,8	28,05	6,1
EC - 1	9,50	19,8	7,78	24,6
EC - 2	5,97	32,8	5,11	38,8
B - 1	9,50	19,8	8,60	22,1
B - 2	20,80	8,5	20,40	8,7
AB - 1	8,00	23,9	7,60	25,2
AB - 2	15,60	11,6	14,20	12,8

Tabela 4.18 – Valores de CBR, obtidos a partir da equação internacional, em função dos índices de penetração obtidos com o CPD no período de menor índice pluviométrico

Equação Internacional: $\text{Log}(\text{CBR}) = 2,357 - 1,084.\text{Log}(\text{CPD})$				
Poço	DCP (mm/golpe)	CBR	DCP (mm/golpe)	CBR
	Cons. o 1º Golpe	(%)	Descon. o 1º Golpe	(%)
AL - 1	18,20	9,8	16,40	11,0
AL - 2	8,40	22,7	6,00	32,6
FB - 1	6,00	32,6	5,20	38,1
FB - 2	5,80	33,8	5,30	37,3
EC - 1	5,60	35,2	4,50	44,6
EC - 2	6,30	30,9	5,90	33,2
B - 1	4,30	46,8	3,60	56,8
B - 2	3,80	53,5	2,90	71,7
AB - 1	4,00	50,6	2,80	74,5
AB - 2	7,40	26,0	6,50	29,9
JC	14,90	12,2	14,10	12,9

- Comparação de resultados: CBR obtidos no laboratório versus CBR estimados

Para analisar a variação de resultados dos CBR moldados no laboratório diante dos CBR, obtidos por meio das equações definidas, foram ilustradas de forma detalhada as Figuras 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15.

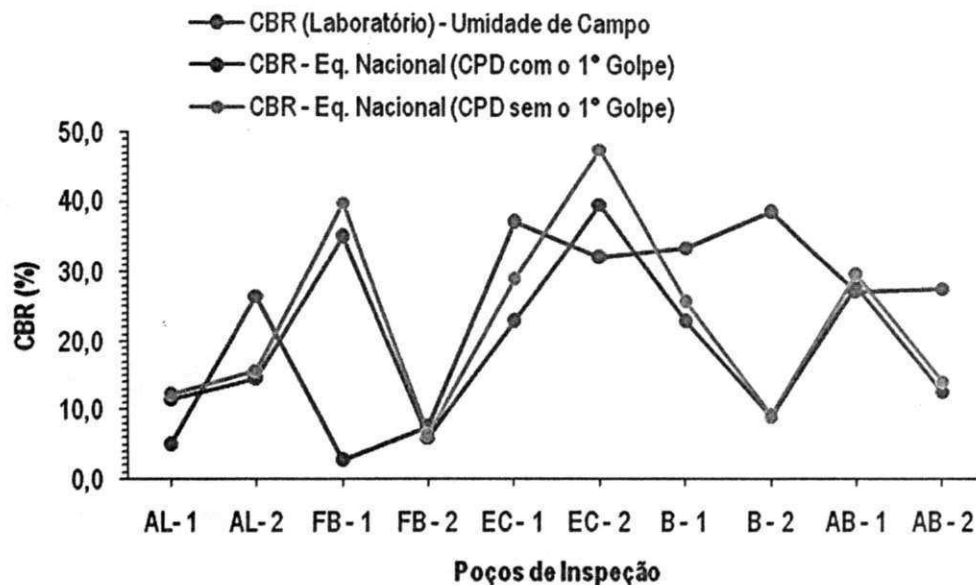


Figura 4.12 – Comparação de resultados: CBR obtidos no laboratório (moldados com teores de umidade do período de maior índice pluviométrico) versus CBR estimados (obtidos por meio da equação nacional)

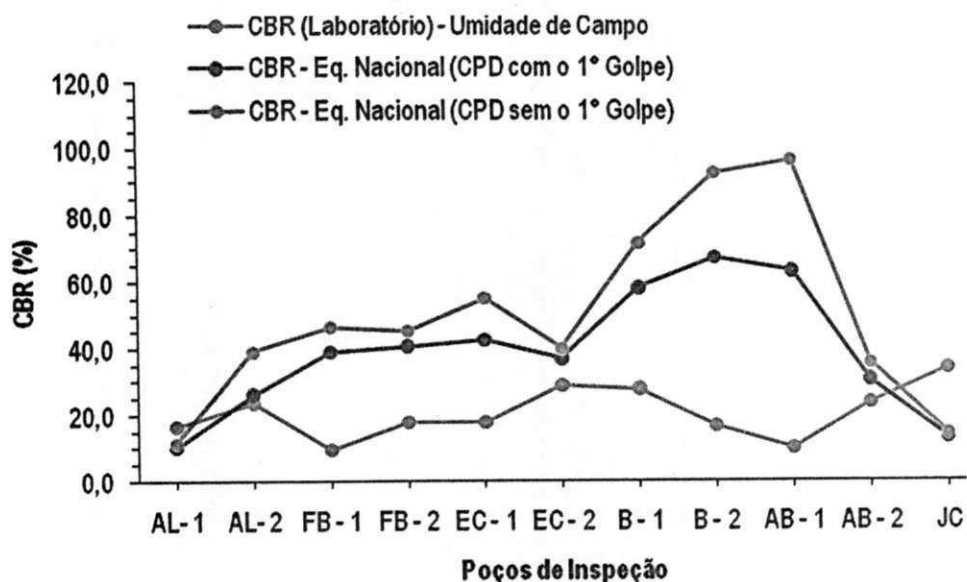


Figura 4.13 – Comparação de resultados: CBR obtidos no laboratório (moldados com teores de umidade do período de menor índice pluviométrico) versus CBR estimados (obtidos por meio da equação nacional)

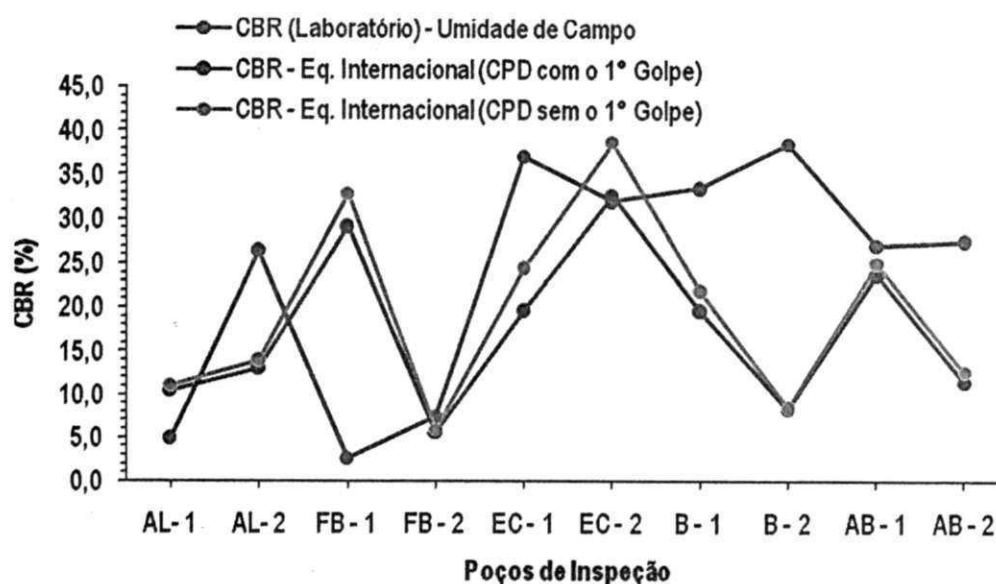


Figura 4.14 – Comparação de resultados: CBR obtidos no laboratório (moldados com teores de umidade do período de maior índice pluviométrico) versus CBR estimados (obtidos por meio da equação internacional)

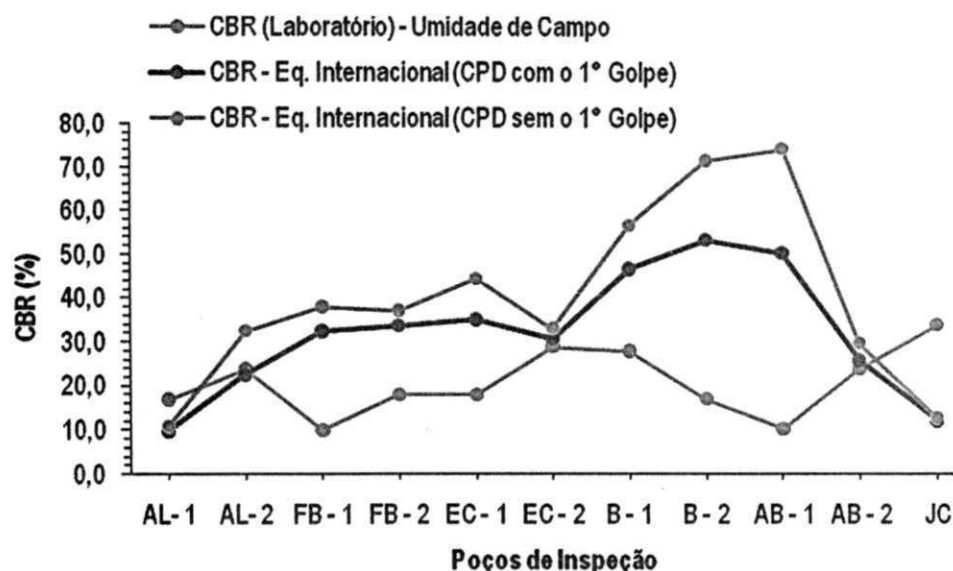


Figura 4.15 – Comparação de resultados: CBR obtidos no laboratório (moldados com teores de umidade do período de menor índice pluviométrico) versus CBR estimados (obtidos por meio da equação internacional)

Na Figura 4.12, encontra-se ilustrado o comportamento dos resultados de CBR obtidos no laboratório, moldados com teores de umidades encontrados no campo (no período de maior índice pluviométrico) e na energia de Proctor normal, em relação aos resultados de CBR estimados por meio da equação nacional com base nos resultados de CPD, obtidos no campo no período de maior índice pluviométrico. Observa-se na Figura 4.12 que os resultados de CBR obtidos nas duas condições, laboratório e estimados (equação nacional),

aditem de maneira geral comportamentos bastante dispersos, quando comparados entre si. Tais comportamentos podem ser explicados com base no fato de que os CBR obtidos no laboratório apesar de serem moldados com teores de umidades encontradas em campo e na energia de Proctor normal (por se tratar de solos de subleito), não representam fielmente as condições encontradas "in situ", pois admitem massa específica aparente diferente das determinadas em campo (ver Tabela 4.3, 4.7 e 4.8). A massa específica aparente é um fator primordial para representar as condições "in situ". Portanto, por não admitirem fielmente as mesmas condições de massa específica aparente "in situ", os resultados de CBR de laboratório não representam um possível resultado de CBR "in situ". Dessa maneira, os resultados mais confiáveis são os obtidos por meio dos CBR estimados pelas equações (nacional e internacional), pois para o desenvolvimento de cada equação que relaciona CPD X CBR, os CBR foram moldados nas mesmas condições encontradas "in situ" (teor de umidade e massa específica aparente) ou mesmo realizado o ensaio "in situ".

O relato descrito acima serve também para justificar o comportamento dos resultados dos CBR ilustrados detalhadamente nas Figuras 4.13, 4.14 e 4.15. Com relação ao comportamento dos resultados de CBR das Figuras 4.13 e 4.15 observa-se que, de maneira geral, os CBR obtidos no laboratório, moldados com teores de umidade encontrados no período de menor índice pluviométrico na energia de Proctor normal, possuem valores inferiores, quando comparados com os valores de CBR estimados por meio das equações. Esses resultados podem ser justificados com base nos seguintes fatores:

- os CBR obtidos no laboratório foram moldados com teores de umidade bastante inferiores quando comparados com os teores de umidades ótima (ver teores de umidade nas Tabelas 4.4, 4.7 e 4.8). Teores de umidade pertencentes ao ramo seco ou saturado da curva de compactação fornecem baixos valores de massa específica aparente seca e conseqüentemente baixos índices de suporte Califórnia, pois não admitem uma boa coesão a qual contribui para um melhor arranjo estrutural entre as partículas do solo que, por sua vez, contribui para o aumento da massa específica aparente seca e conseqüentemente aumento no índice de suporte Califórnia (CBR);
- os CBR estimados (obtidos por meio das equações) fornecem de maneira geral resultados bem superiores quando comparados aos CBR de laboratório. Esses resultados são justificados pelos baixos índices de penetração (menor profundidade de penetração da haste do CPD por golpe do martelo) que se obteve em campo no período de menor índice pluviométrico. Deve-se ressaltar ainda que nos trechos estudados, por não serem pavimentados, a resistência à penetração que a camada superficial do subleito oferece é superior a resistência que se poderia conseguir no laboratório nas condições de umidade e massa específica aparente em que foram moldados os CBR. Esse fato é justificado devido as condições de massa específica aparente que se adquiri no campo proporcionada pela compactação devido ao tráfego de veículos ao longo dos anos.

- Comparação de resultados: índice de penetração versus massa específica aparente seca in situ

Para analisar o comportamento dos resultados de massa específica aparente seca "in situ", obtidas com o emprego do "frasco de areia", diante dos resultados dos índices de penetração do CPD, ambos realizados no mesmo período (período de maior índice pluviométrico), ilustra-se de maneira detalhada a Figura 4.16.

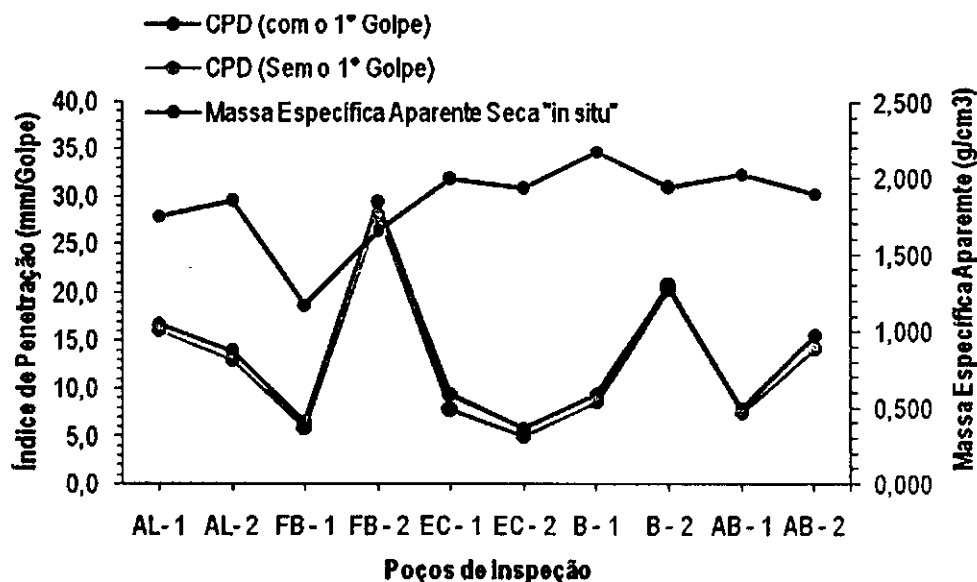


Figura 4.16 – Comparação de resultados: índice de penetração versus massa específica aparente seca in situ

Observa-se por meio da Figura 4.16 que não existe uma relação entre os resultados dos ensaios de massa específica aparente seca "in situ" em comparação com os resultados dos índices de penetração do CPD, apesar de ambos os ensaios serem realizados um após o outro no mesmo período, nos mesmos locais e nas mesmas condições.

Com o objetivo de uma melhor análise estatística entre os resultados dos ensaios de massa específica aparente seca "in situ", diante dos resultados dos índices de penetração do CPD, ilustra-se por meio da Figura 4.17 a correlação estabelecida entre os resultados desses dois (02) tipos de ensaios.

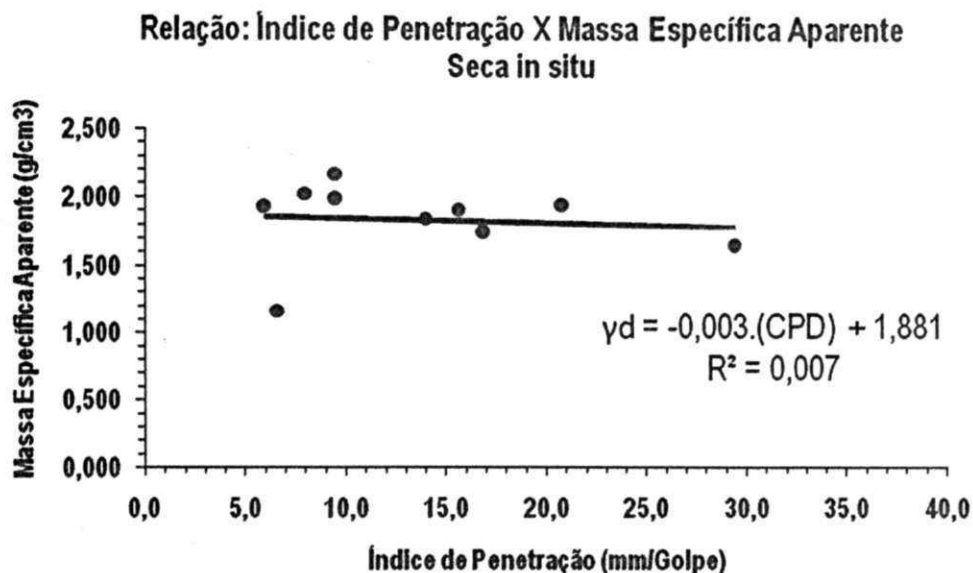


Figura 4.17 – Relação: Índice de penetração versus massa específica aparente seca in situ

Por meio da análise de regressão ilustrada na Figura 4.17, observa-se que não existe correlação ($R^2 = 0,007$) entre os resultados obtidos de índice de penetração e massa específica aparente seca "in situ". Essa não correlação pode ser justificada com base em fatores, tais como: teor de umidade, grau de compactação, tipos de solos (argiloso ou granular) e penetração da haste do CPD, que deveria ter a mesma profundidade do ensaio de massa específica aparente seca "in situ", a qual é normatizada em 15 cm de profundidade.

Para analisar conseqüentemente o comportamento dos resultados de índice de penetração diante dos resultados de graus de compactação, realizou-se uma análise de regressão ilustrada de forma detalhada na Figura 4.18. Por meio desse estudo estatístico, também, observa-se uma não correlação entre os resultados obtidos, justificada também pelos mesmos fatores da relação índice de penetração X massa específica aparente seca "in situ".

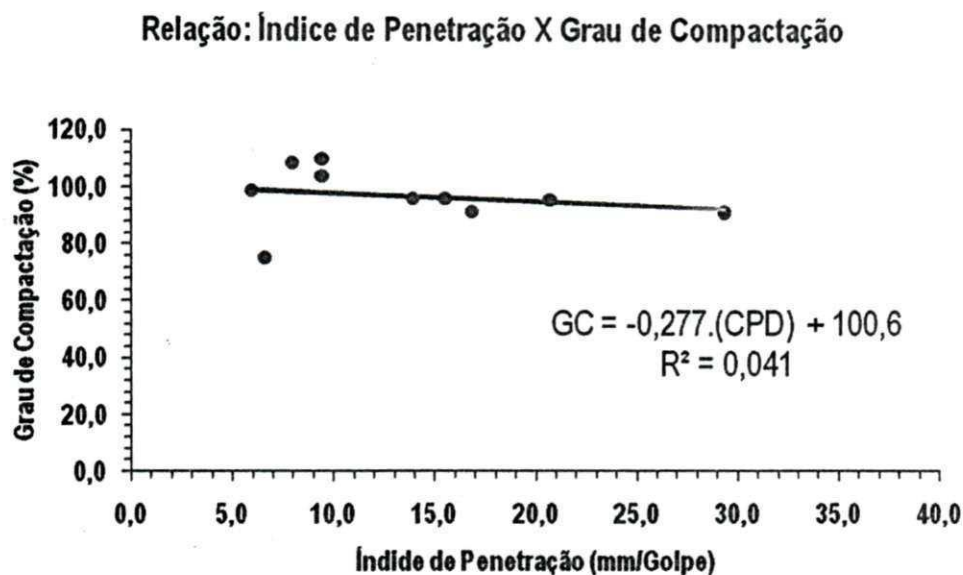


Figura 4.18 – Relação: Índice de penetração versus grau de compactação

Na Tabela 4.19 encontra-se um resumo dos resultados das análises de regressão para as relações: Índice de penetração X massa específica aparente seca in situ e índice de penetração versus grau de compactação.

Tabela 4.19 – Resultados das análises de regressão

Hipótese	Correlações	R ²
Índice de Penetração X Massa Específica Aparente Seca in situ		
CPD com o 1º Golpe	$\gamma_d = -0,003.CPD + 1,881$	0,007
CPD sem o 1º Golpe	$\gamma_d = -0,003.CPD + 1,881$	0,008
Índice de Penetração X Grau de Compactação		
CPD com o 1º Golpe	$GC = -0,277.CPD + 100,6$	0,041
CPD sem o 1º Golpe	$GC = -0,288.CPD + 100,5$	0,044

Sendo: R² – Coeficiente de determinação

- Análises dos resultados: resistências à penetração do CPE versus índices de penetração do CPD

Objetivando uma melhor observação entre o comportamento dos resultados obtidos com o CPE, diante dos resultados obtidos com o CPD, foram apresentadas as Figuras 4.19 e 4.20.

Observou-se que, de maneira geral, aumentando o valor do índice de penetração do CPD há uma diminuição da resistência à penetração do CPE. Os resultados obtidos são coerentes, pois quanto maior for o índice de penetração do CPD, menor será a capacidade de suporte do solo e conseqüentemente menor será a resistência à penetração obtida a partir dos resultados do CPE.

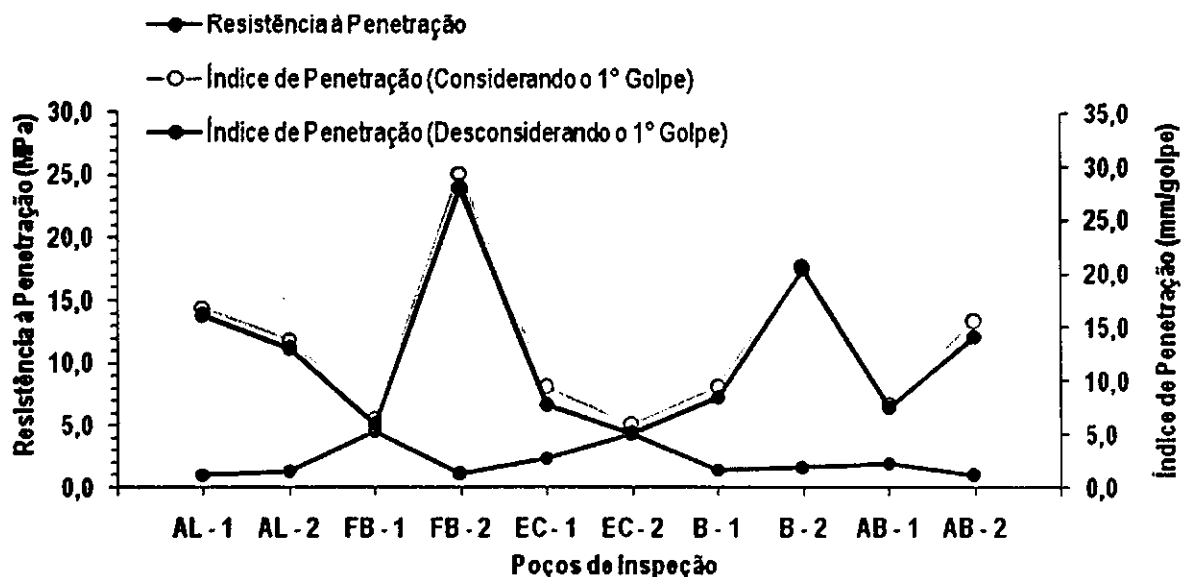


Figura 4.19 – Comparação de resultados entre as resistências à penetração do CPE com os índices de penetração do CPD para o período de maior índice pluviométrico

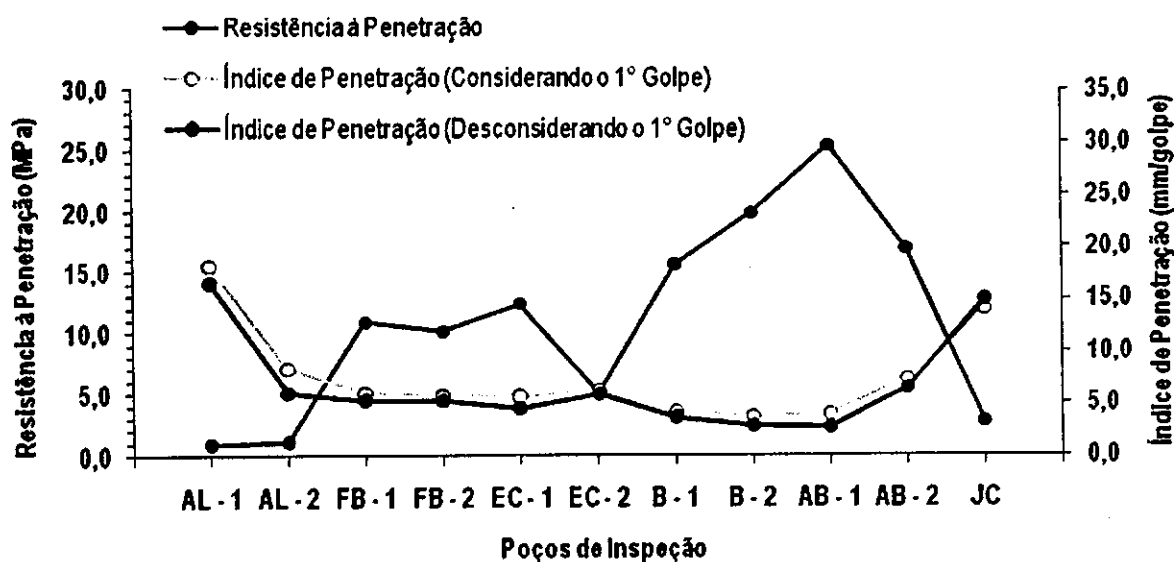


Figura 4.20 – Comparação de resultados entre as resistências à penetração do CPE com os índices de penetração do CPD para o período de menor índice pluviométrico

Nas Tabelas 4.20 e 4.21 foram apresentados de forma detalhada os resultados dos índices de penetração do CPD em relação aos resultados das resistências à penetração do CPE, em cada poço de inspeção, para os períodos de maior e menor índice pluviométricos, respectivamente.

Tabela 4.20 – Resultados obtidos durante as campanhas de ensaios com o CPE e o CPD, no período de maior índice pluviométrico (Julho de 2007)

Pluviometria do mês = 106,7 mm			
Poço	CPD (mm/golpe)		CPE (MPa)
	Considerando 1° Golpe	Desconsiderando 1° Golpe	
AL - 1	16,87	16,11	1,05
AL - 2	13,95	13,05	1,37
FB - 1	6,62	5,94	4,62
FB - 2	29,37	28,05	1,11
EC - 1	9,50	7,78	2,44
EC - 2	5,97	5,11	4,37
B - 1	9,50	8,6	1,51
B - 2	20,80	20,4	1,71
AB - 1	8,00	7,6	1,99
AB - 2	15,60	14,2	1,01

Tabela 4.21 – Resultados obtidos durante as campanhas de ensaios com o CPE e CPD, no período de menor índice pluviométrico (Novembro de 2007)

Pluviometria do mês = 13,4 mm			
Poço	CPD (mm/golpe)		CPE (MPa)
	Considerando 1° Golpe	Desconsiderando 1° Golpe	
AL - 1	18,20	16,40	1,01
AL - 2	8,40	6,00	1,20
FB - 1	6,00	5,20	10,96
FB - 2	5,80	5,30	10,25
EC - 1	5,60	4,50	12,44
EC - 2	6,30	5,90	5,19
B - 1	4,30	3,60	15,74
B - 2	3,80	2,90	19,95
AB - 1	4,00	2,80	25,47
AB - 2	7,40	6,50	17,04
JC	14,10	14,90	2,89

Os resultados de resistência à penetração, MPa, obtidos com o CPE, foram correlacionados com os valores de índice de penetração, em mm/golpe, obtidos com o CPD. Os valores constantes nas Tabelas 4.20 e

4.21 foram lançados em gráficos, resistência à penetração versus índice de penetração. Nas Figuras 4.21 à 4.24, são apresentadas as linhas de tendência destas correlações em conjunto com os valores observados para cada situação. O modelo matemático adotado para correlacionar a resistência à penetração com o índice de penetração, segundo critérios baseados em referências bibliográficas, foi: $CPD = a \times (CPE)^b$ (modelo em forma de potência).

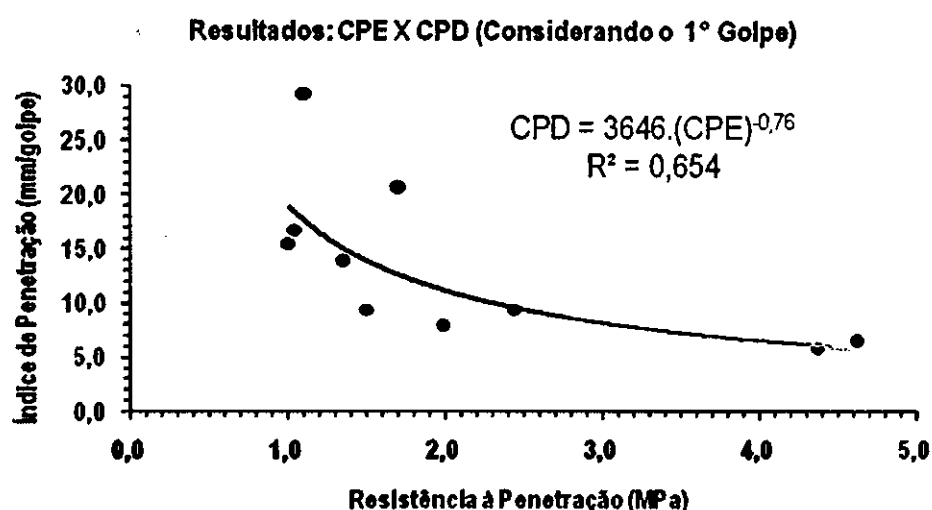


Figura 4.21 – Relação: Resistência à Penetração versus Índice de Penetração (Considerando o 1° Golpe) no período de maior índice pluviométrico

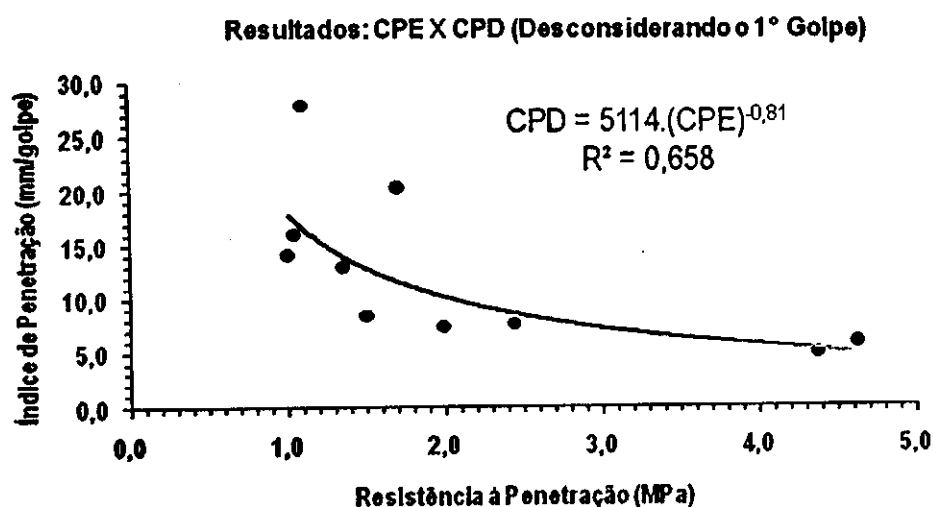


Figura 4.22 – Relação: Resistência à Penetração versus Índice de Penetração (Desconsiderando o 1° Golpe) no período de maior índice pluviométrico

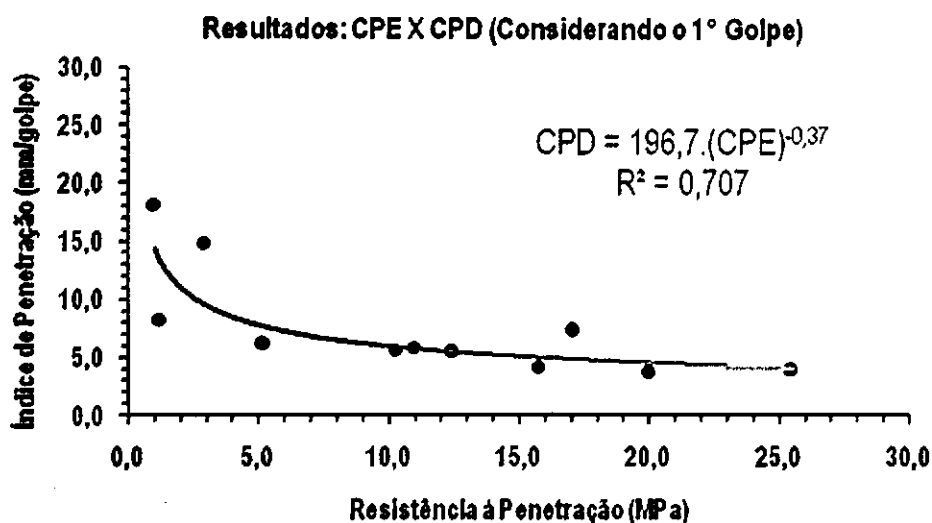


Figura 4.23 – Relação: Resistência à Penetração versus Índice de Penetração (Considerando o 1° Golpe) no período de menor índice pluviométrico

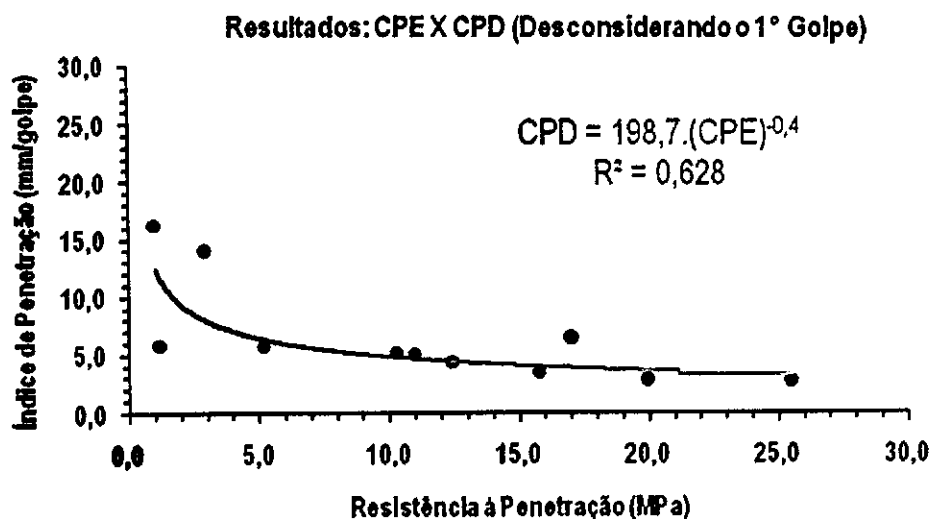


Figura 4.24 – Relação: Resistência à Penetração versus Índice de Penetração (Desconsiderando o 1° Golpe) no período de menor índice pluviométrico

Os resultados dos ajustes de curvas aos pontos, a partir do modelo adotado, estão apresentados na Tabela 4.22.

Tabela 4.22 – Resultados das análises de regressão.

Hipótese	Correlações	R ²
Período de maior índice pluviométrico		
CPD com o 1º Golpe	CPD = 3646.CPE ^{-0,76}	0,654
CPD sem o 1º Golpe	CPD = 5114.CPE ^{-0,81}	0,658
Período de menor índice pluviométrico		
CPD com o 1º Golpe	CPD = 196,7.CPE ^{-0,37}	0,707
CPD sem o 1º Golpe	CPD = 198,7.CPE ^{-0,40}	0,628

Sendo: R² – Coeficiente de determinação

Os coeficientes de determinação para as curvas de ajuste estabelecidas, segundo o nível de significância adotado, $\alpha = 5\%$, indicam que as correlações encontradas foram consideradas estatisticamente representativas. Esses coeficientes, segundo Chase & Brown (1992), pela importância, transcrevem-se para à Tabela 4.23 e estão dentro dos valores estatisticamente significativos.

Tabela 4.23 – Valores críticos para controle do coeficiente de correlação (R), para níveis de significância (1 - α) e N observações

N	$\alpha = 5\%$	$\alpha = 1\%$	N	$\alpha = 5\%$	$\alpha = 1\%$
4	0,95	0,999	20	0,444	0,561
6	0,811	0,917	24	0,404	0,515
7	0,754	0,875	26	0,388	0,496
8	0,707	0,834	28	0,374	0,479
9	0,666	0,798	29	0,368	0,470
10	0,632	0,765	30	0,361	0,463
11	0,602	0,735	40	0,312	0,402
12	0,576	0,708	50	0,279	0,361
13	0,553	0,684	60	0,254	0,330
14	0,532	0,661	90	0,205	0,239
15	0,514	0,641	100	0,196	0,256
16	0,497	0,623	250	0,124	0,163
17	0,482	0,606	500	0,088	0,115
18	0,456	0,575	1000	0,062	0,081
19	0,456	0,575			

Os resultados das análises de regressão indicam que a melhor correlação estabelecida foi a que relacionou a resistência à penetração do CPE, com o índice de penetração, considerando o 1º golpe, do CPD,

no período de menor índice pluviométrico. A correlação, que possuiu o coeficiente de correlação mais próximo do seu valor crítico, foi a que relacionou a resistência à penetração com o índice de penetração, sem o 1º golpe, no período de menor índice pluviométrico. Em se tratando dos coeficientes de correlação obtidos no período de maior índice pluviométrico, esses praticamente admitiram valores iguais, pois a influência ou não do 1º golpe, no índice de penetração não interferiu nas correlações calculadas.

- Análises dos resultados: resistências à penetração do CPE versus massa específica aparente seca in situ

Para analisar o comportamento dos resultados de resistência à penetração diante dos resultados de massa específica aparente seca "in situ", ambos realizados no mesmo período (período de maior índice pluviométrico), ilustra-se de maneira detalhada a Figura 4.25.

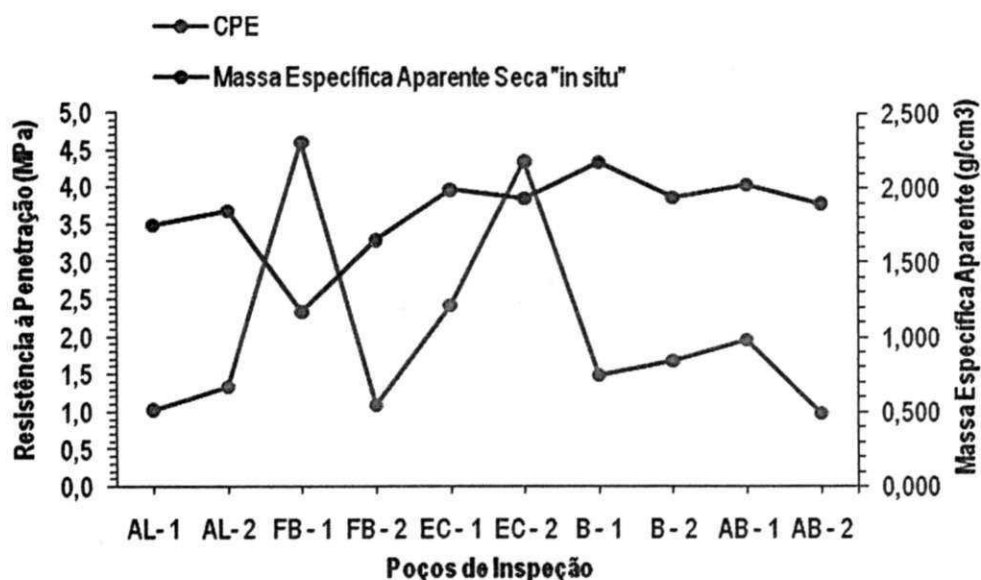


Figura 4.25 – Comparação de resultados: resistência à penetração versus massa específica aparente seca in situ

Observa-se por meio da Figura 4.25 que, da mesma forma que não existe relação entre os resultados de índice de penetração do CPD com os de massa específica aparente seca "in situ", também não existe relação entre os resultados de resistência à penetração do CPE com os de massa específica aparente seca "in situ", apesar de ambos os ensaios serem realizados no mesmo período, nos mesmos locais e nas mesmas condições.

Tendo como objetivo uma análise estatística mais detalhada entre os resultados de massa específica aparente seca "in situ" com os de resistência à penetração, ilustra-se, por meio da Figura 4.26, a correlação estabelecida entre os resultados desses dois (02) tipos de ensaios.

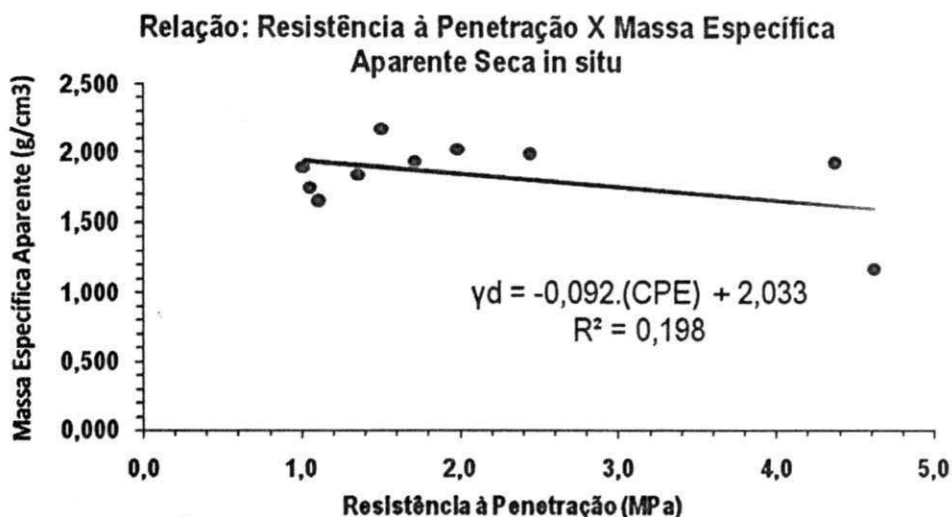


Figura 4.26 – Relação: resistência à penetração versus massa específica aparente seca in situ

Por meio da análise de regressão realizada, observa-se que não existe correlação ($R^2 = 0,198$) entre os resultados obtidos de resistência à penetração e os de massa específica aparente seca "in situ".

Para analisar conseqüentemente o comportamento dos resultados de resistência à penetração, diante dos resultados de graus de compactação, realizou-se uma análise de regressão ilustrada de forma detalhada na Figura 4.27. Por meio desse estudo estatístico também observa-se uma não correlação entre os resultados obtidos.

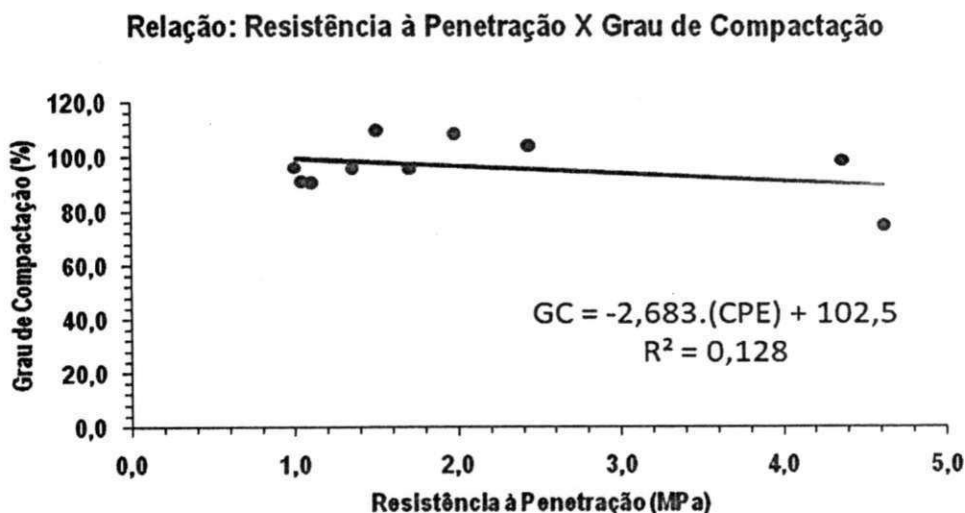


Figura 4.27 – Relação: resistência à penetração versus grau de compactação

Com base nos estudos estatísticos, observa-se que não existe nenhuma correlação entre os resultados de massa específica aparente seca "in situ" e grau de compactação, ambos relacionados com os resultados de resistência à penetração do CPE. Inere-se que, para os solos estudados neste trabalho e sob as condições

físicas de realização dos ensaios (frasco de areia e CPE), ambos os fatores não contribuem para uma melhor relação entre os resultados visto, que os mesmos possuem influências fundamentais nos resultados obtidos.

- Análises dos resultados: coeficientes de recalque obtidos no Ensaio de Placa versus índices de penetração do CPD e resistências à penetração do CPE

Por tratar-se de um ensaio "in situ", relacionado ao dimensionamento de pavimentos, o mesmo foi realizado com o objetivo de observar o comportamento dos resultados dos demais ensaios realizados em campo, CPD e CPE, diante dos seus resultados. Por ser um ensaio de trabalhosa execução, além de dispendiosa, o Ensaio de Placa foi realizado apenas no período de menor índice pluviométrico e em alguns poços de inspeção, escolhidos por apresentarem o menor volume de tráfego em suas proximidades.

Nas Figuras 4.28 e 4.29 estão apresentados, respectivamente, os comportamentos dos resultados do CPD e do CPE diante dos Ensaio de Placa.

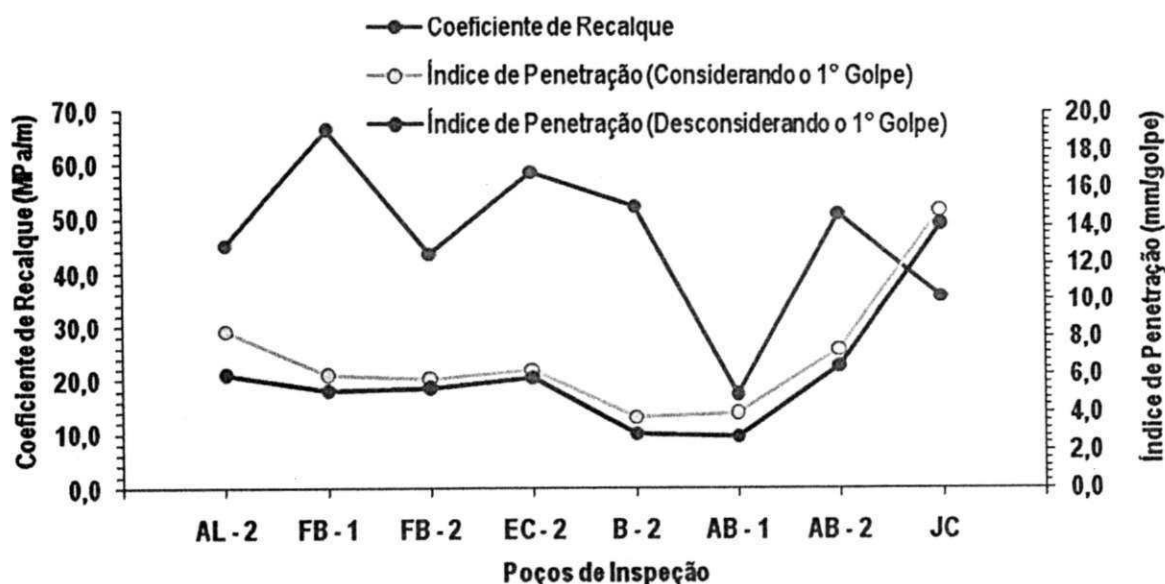


Figura 4.28 – Comparação de resultados entre os índices de penetração do CPD com os coeficientes de recalque do Ensaio de Placa

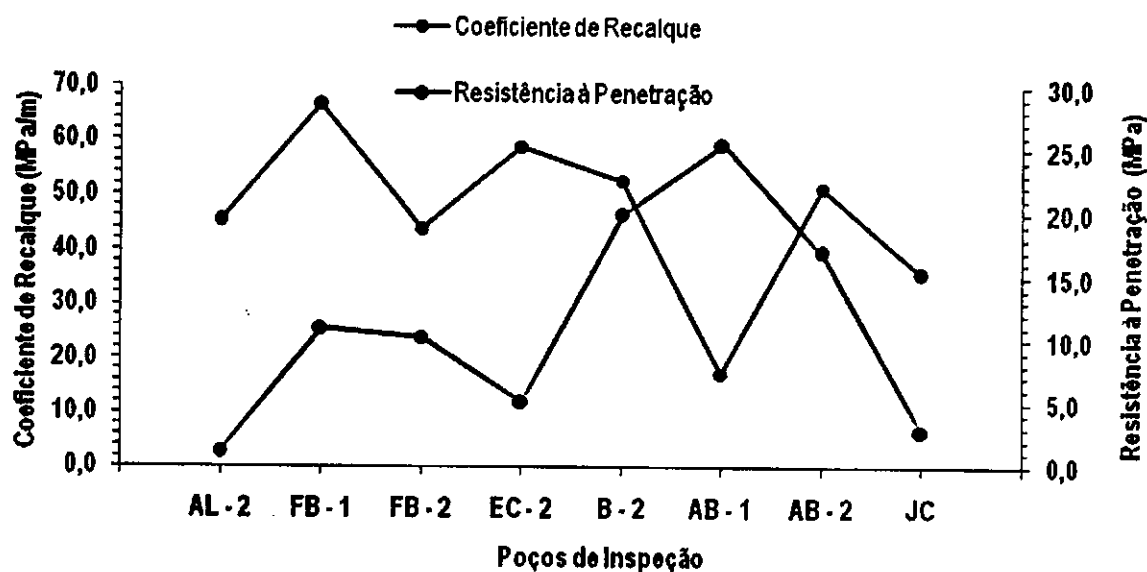


Figura 4.29 – Comparação de resultados entre as resistências à penetração do CPE com os coeficientes de recalque do Ensaio de Placa

Na Tabela 4.24 são apresentados de forma detalhada os resultados de índice de penetração do CPD e de resistência à penetração do CPE em relação aos resultados de coeficiente de recalque do Ensaio de Placa, em poços de inspeção especificados.

Tabela 4.24 – Resultados obtidos durante as campanhas de ensaios com o CPD, CPE e Ensaio de Placa no período de menor índice pluviométrico

Poço	Ensaio "in situ"			
	CPD (mm/golpe)		CPE (MPa)	Ensaio de Placa (MPa/m)
	Com o 1º golpe	Sem o 1º golpe		
AL - 1	8,40	6,00	1,20	45,28
FB - 1	6,00	5,20	10,96	66,54
FB - 2	5,80	5,30	10,25	43,94
EC - 2	6,30	5,90	5,19	58,90
B - 2	3,80	2,90	19,95	52,60
AB - 1	4,00	2,80	25,47	17,32
AB - 2	7,40	6,50	17,04	51,42
JC	14,90	14,10	2,89	35,83

Os resultados de índice de penetração, mm/golpe, obtidos com o CPD e os de resistência à penetração, MPa, obtidos com o CPE, foram correlacionados com os valores do coeficiente de recalque (k), MPa/m, obtidos no Ensaio de Placa. Os valores constantes na Tabela 4.24 foram lançados em gráficos, índice de penetração versus coeficiente de recalque (k) e resistência à penetração versus coeficiente de recalque (k).

Nas Figuras 4.30, 4.31 e 4.32 são apresentadas as linhas de tendência destas correlações. O modelo matemático adotado para correlacionar foi: $y = a \times x^b$ (modelo em forma de potência).

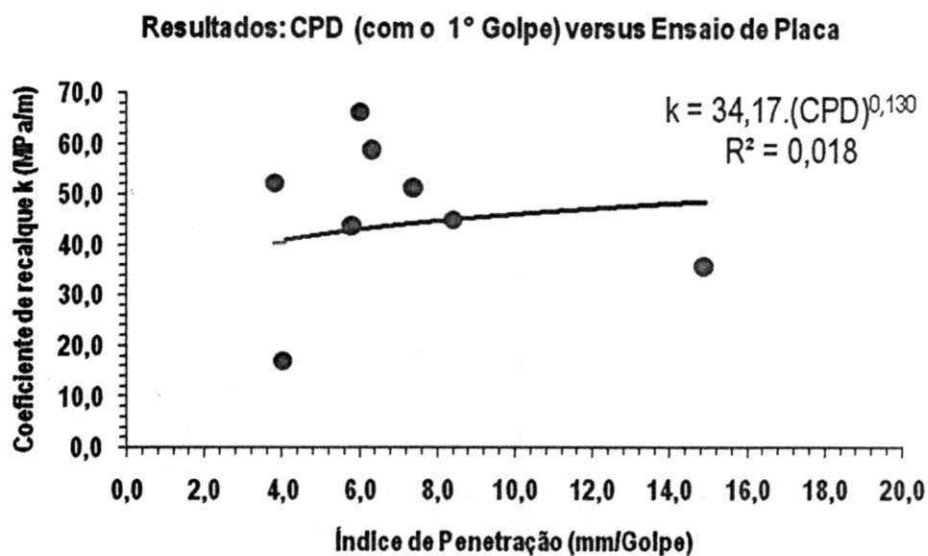


Figura 4.30 – Relação: índice de penetração (considerando o 1º Golpe) versus coeficiente de recalque

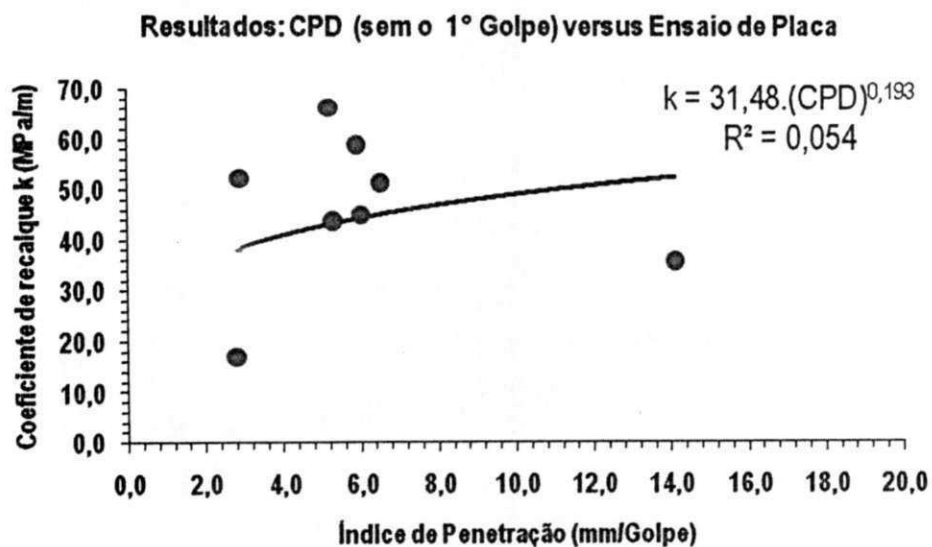


Figura 4.31 – Relação: índice de penetração (desconsiderando o 1º Golpe) versus coeficiente de recalque

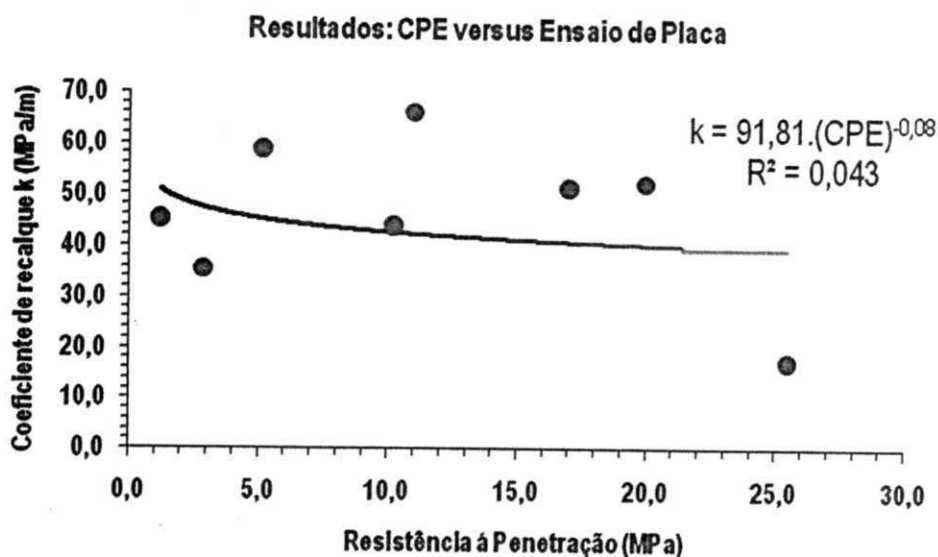


Figura 4.32 – Relação: resistência à penetração versus coeficiente de recalque

Os resultados dos ajustes de curvas aos pontos, a partir do modelo adotado, estão apresentados de forma detalhada na Tabela 4.25.

Tabela 4.25 – Resultados das análises de regressão

Hipótese	Correlações	R ²
Relação CPD versus Coeficiente de Recalque		
CPD com o 1° Golpe	$k = 34,17.CPD^{0.130}$	0,018
CPD sem o 1° Golpe	$k = 31,48.CPD^{0.193}$	0,054
Relação CPE versus Coeficiente de Recalque		
	$k = 91,81.CPD^{-0.08}$	0,043

Para os ajustes obtidos com os valores dos coeficientes de recalque, não foi possível estabelecer um modelo estatisticamente significativo. Infere-se que, para os solos estudados neste trabalho e sob estas condições, as relações ou correlações estabelecidas entre o índice de penetração do CPD e a resistência à penetração do CPE, ambos com o coeficiente de recalque do Ensaio de Placa, não podem ser usadas para determinação do coeficiente de recalque (k).

Um fator que pode justificar a não correlação entre os resultados obtidos com os equipamentos é o modelo físico dos ensaios. Os ensaios de CPD e CPE medem a capacidade de suporte dos solos em função de penetrações feitas em áreas muito restritas na superfície do terreno, enquanto o Ensaio de Placa envolve uma área maior de aplicação de carga e mede a capacidade de suporte dos solos em função da verificação do

comportamento de uma placa circular sujeita a um determinado carregamento de compressão e na estimativa de parâmetros indicativos de resistência e de deformabilidade do solo, suporte da futura construção.

- Análises dos resultados: resistência à penetração do Penetrômetro PANDA versus índices de penetração do CPD e resistências à penetração do CPE

Resistência à penetração do PANDA versus Índice de penetração do CPD

Objetivando comparar os resultados de resistência à penetração obtidos na realização do ensaio do penetrômetro PANDA com os resultados de índice de penetração obtidas no ensaio do CPD, ilustra-se de forma detalhada a Figura 4.33.

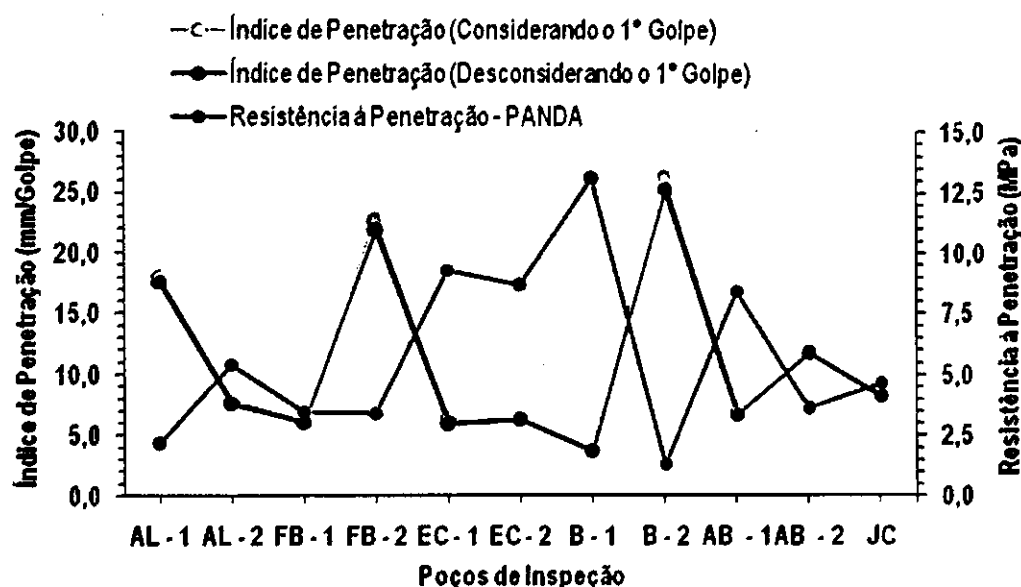


Figura 4.33 – Comparação de resultados entre os índices de penetração do CPD com as resistências à penetração do PANDA

Por meio da Figura 4.33, observa-se que os valores de resistência à penetração do PANDA admitem resultados inversos aos valores de índice de penetração do CPD. A relação entre os resultados obtidos com os dois equipamentos são coerentes, pois quanto maior for o resultado de índice de penetração menor será a capacidade de suporte do solo e, conseqüentemente, menor será a resistência à penetração obtida com o PANDA.

A relação inversa entre os resultados obtidos com o CPD e o PANDA era prevista visto que ambos os equipamentos admitem procedimento semelhante para avaliação da capacidade de suporte do solo, ou seja, medida de resistência à penetração no solo por golpe.

A terceira e última etapa dos ensaios de campo (CPD, CPE e Penetrômetro PANDA) foi desenvolvida no período chuvoso, referente ao mês de Junho de 2008 (pluviometria do mês de Junho de 2008 = 97,8 mm, Fonte: Posto da EMBRAPA), cujos teores de umidade encontrados em campo estão presentes na Tabela 4.26.

Tabela 4.26 – Resultados dos teores de umidade obtidos em campo referente ao mês de Junho de 2008

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC
Umidade (%) - Pluviometria do Mês de Junho de 2008 = 97,8 mm											
	13,75	8,84	15,98	27,75	8,37	7,24	6,23	9,93	8,66	7,46	15,44

OBS: as amostras de solo coletadas para o cálculo dos teores de umidade foram retiradas a aproximadamente 10 cm da superfície do subleito.

Os resultados obtidos com o CPD e com o PANDA, em relação à máxima penetração alcançada para o 1º furo realizado (realizou-se um total de dois (02) furos por poço de inspeção), nas condições de umidade encontradas em campo, encontra-se na Tabela 4.27. Os resultados obtidos pelo CPD e pelo PANDA, em relação à máxima penetração alcançada para o 2º furo realizado, encontram-se na Tabela 4.28 e a média dos resultados de resistência obtidos por ambos os equipamentos encontra-se de maneira sucinta na Tabela 4.29.

Tabela 4.27 – Resultados obtidos com o CPD e com o PANDA para o 1º furo realizado

Poço	Pluviometria do mês de Junho de 2008 = 97,8 mm			
	Penetração alcançada (cm)	CPD (mm/golpe)		PANDA (MPa)
		Considerando 1º Golpe	Desconsiderando 1º Golpe	
AL - 1	94,0	20,22	19,77	2,288
AL - 2	51,5	7,07	7,03	5,891
FB - 1	43,0	5,86	5,65	3,587
FB - 2	43,0	20,50	19,74	3,671
EC - 1	13,0	5,50	4,74	9,114
EC - 2	32,0	4,43	4,20	6,772
B - 1	23,5	3,75	3,64	14,978
B - 2	92,0	22,50	21,67	1,156
AB - 1	43,0	6,00	5,80	9,515
AB - 2	65,0	9,14	9,13	4,318
JC	61,0	8,36	8,19	4,132

Tabela 4.28 – Resultados obtidos com o CPD e com o PANDA para o 2º furo realizado

Poço	Pluviometria do mês de Junho de 2008 = 97,8 mm			
	Penetração alcançada (cm)	CPD (mm/golpe)		PANDA (MPa)
		Considerando 1º Golpe	Desconsiderando 1º Golpe	
AL - 1	98,0	16,00	15,59	2,103
AL - 2	61,5	8,64	8,33	4,974
FB - 1	48,5	6,79	6,59	3,421
FB - 2	88,0	24,86	24,12	3,225
EC - 1	34,0	7,33	7,27	9,526
EC - 2	61,0	8,57	8,41	10,618
B - 1	29,0	4,00	3,84	11,239
B - 2	92,5	30,17	28,79	1,497
AB - 1	58,0	8,14	7,75	7,423
AB - 2	81,0	14,55	14,44	2,980
JC	63,0	8,50	8,33	5,176

Tabela 4.29 – Média geral dos resultados obtidos com o CPD e com o PANDA realizados na 3ª etapa dos ensaios em campo (Junho de 2008)

Poço	Pluviometria do mês de Junho de 2008 = 97,8 mm			
	Intervalo das Penetrações (cm)	CPD (mm/golpe)		PANDA (MPa)
		Considerando 1º Golpe	Desconsiderando 1º Golpe	
AL - 1	94,0 - 98,0	18,11	17,68	2,20
AL - 2	51,5 - 61,5	7,86	7,68	5,43
FB - 1	43,0 - 48,5	6,32	6,12	3,50
FB - 2	43,0 - 88,0	22,68	21,93	3,45
EC - 1	13,0 - 34,0	6,42	6,00	9,32
EC - 2	32,0 - 61,0	6,50	6,30	8,70
B - 1	23,5 - 29,0	3,88	3,74	13,11
B - 2	92,0 - 92,5	26,33	25,23	1,33
AB - 1	43,0 - 58,0	7,07	6,78	8,47
AB - 2	65,0 - 81,0	11,84	11,79	3,65
JC	61,0 - 63,0	8,43	8,26	4,65

Com o objetivo de obter maiores detalhes entre a relação dos resultados médios de índice de penetração obtidos no ensaio de CPD, diante dos resultados de resistência à penetração obtidos no ensaio de PANDA, foi realizado um estudo estatístico (com nível de significância adotado $\alpha = 5\%$) para avaliar o grau de representatividade estatística entre esses resultados. Nas Figuras 4.34 e 4.35 são apresentadas respectivamente as linhas de tendência da relação índice de penetração, considerando e desconsiderando o 1º golpe versus resistência à penetração. O modelo matemático que melhor descreveu a relação (regressão) índice de penetração X resistência à penetração foi o de potência: $PANDA = a.CPD^b$;

Sendo:

- PANDA = dado em MPa; CPD = dado em mm/golpe;

- a e b = constantes obtidas por meio da análise de regressão.

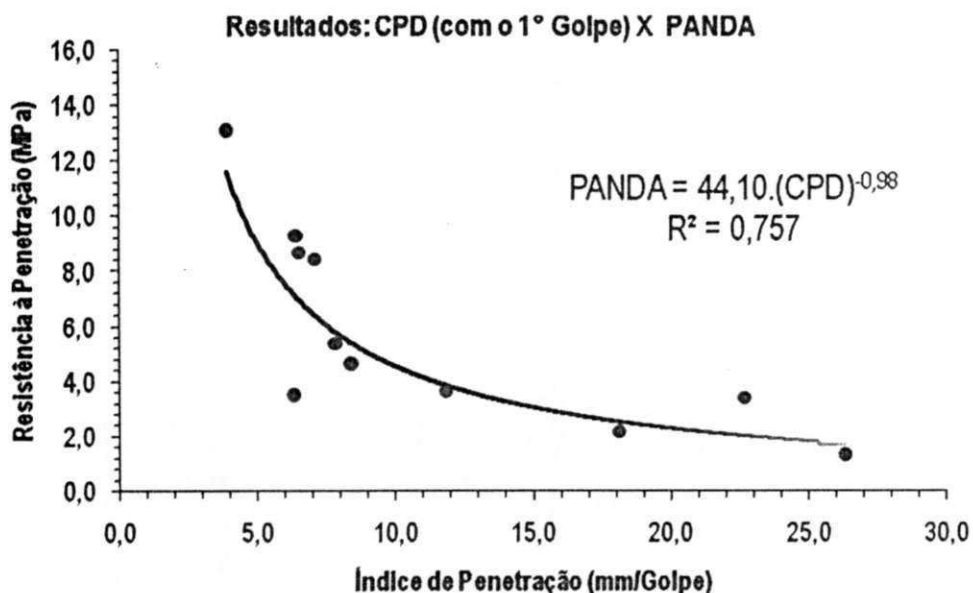


Figura 4.34 – Relação: índice de penetração (considerando o 1° golpe) versus resistências à penetração

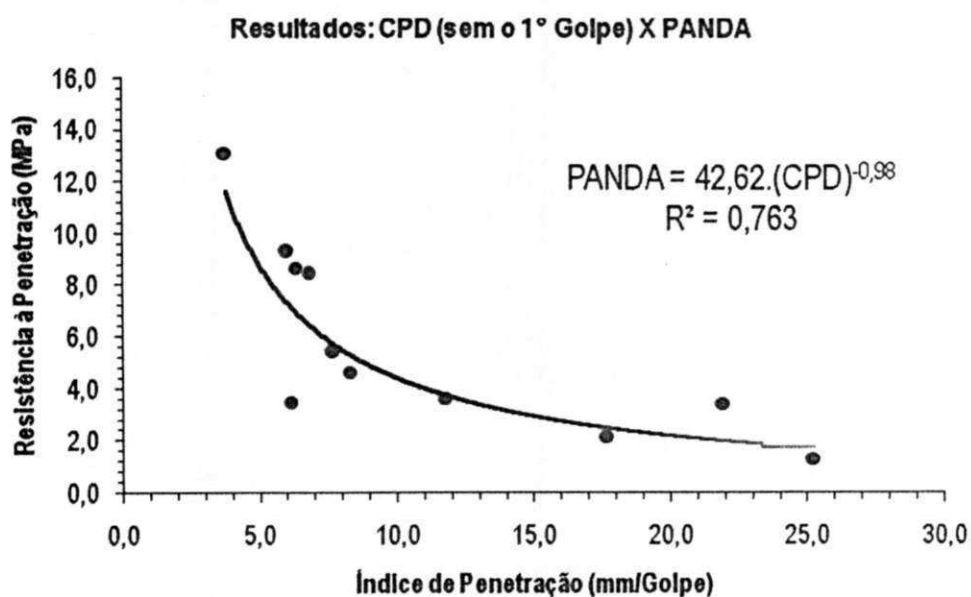


Figura 4.35 – Relação: índice de penetração (desconsiderando o 1° golpe) versus resistências à penetração

Os resultados dos ajustes de curvas aos pontos, a partir do modelo estabelecido, estão apresentados na Tabela 4.30.

Tabela 4.30 – Resultados das análises de regressão

Hipótese	Correlações	R ²
3ª etapa dos ensaios em campo - Junho de 2008		
CPD com o 1º Golpe	PANDA = 44,10.CPD ^{-0.98}	0,757
CPD sem o 1º Golpe	PANDA = 42,62.CPD ^{-0.98}	0,763

Os resultados obtidos, por meio da análise estatística, indicam que as correlações encontradas entre o Índice de penetração do CPD e a resistência à penetração do PANDA são consideradas, estatisticamente, representativas, pois admitem coeficientes de correlação, R² = 0,757 (considerando o 1º golpe do CPD) e R² = 0,763 (desconsiderando o 1º golpe do CPD) acima do valor crítico o qual admite valor R² = 0,602 (ver Tabela 4.23).

OBS: observa-se por meio dos coeficientes de correlação encontrados que não existe uma influência bastante significativa na consideração ou não do 1º golpe do CPD, visto que esses coeficientes admitem valores bastante próximos, porém, é sempre aconselhável realizar estudos estatísticos analisando a influência ou não do 1º golpe do CPD.

Resistência à penetração do PANDA versus resistência à penetração do CPE

Com o objetivo de comparar os resultados do PANDA em relação aos do CPE ilustra-se, por meio da Figura 4.36, o comportamento das resistências obtidas em campo por ambos os equipamentos em cada poço de inspeção.

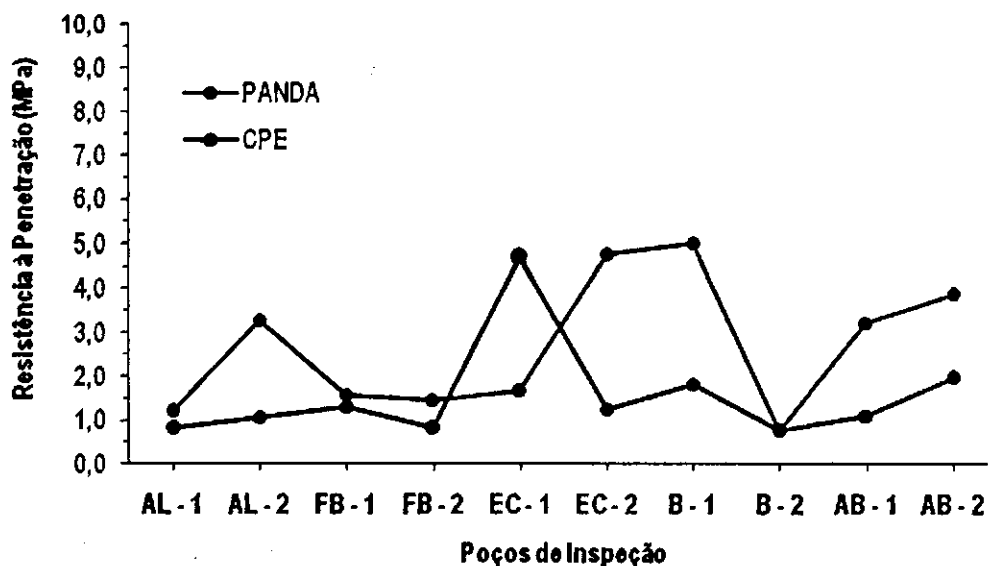


Figura 4.36 – Comparação dos resultados de resistência à penetração do CPE com os do PANDA

Por meio da Figura 4.36, observa-se que, em determinados poços de inspeção tais como: AL - 1, FB - 1, FB - 2 e o B - 2, as resistências à penetração obtidas em campo por ambos os equipamentos admitem valores bastante próximos, porém, os resultados das resistências obtidas nos demais poços de inspeção apresentam valores bastante dispersos. Os resultados de resistência média obtidos com o CPE e com o PANDA para uma mesma penetração encontra-se de maneira detalhada na Tabela 4.31.

Tabela 4.31 – Média geral dos resultados obtidos com o CPE e com o PANDA realizados na 3ª etapa dos ensaios em campo (Junho de 2008)

Pluviometria do mês de Junho de 2008 = 97,8 mm			
Poço	Penetração	CPE	PANDA
	Média (cm)		
AL - 1	5,5	0,831	1,211
AL - 2	4,8	1,073	3,299
FB - 1	4,3	1,320	1,584
FB - 2	5,5	0,824	1,469
EC - 1	2,6	4,720	1,659
EC - 2	4,5	1,257	4,800
B - 1	3,7	1,823	5,034
B - 2	5,5	0,768	0,782
AB - 1	4,9	1,111	3,233
AB - 2	3,7	1,968	3,887

Para obter maiores detalhes entre os resultados de resistência à penetração obtidos com o CPE em relação aos obtidos com o PANDA, foi realizado um estudo estatístico (com nível de significância adotado $\alpha = 5\%$) para avaliar o grau de representatividade estatística entre os resultados obtidos por ambos os equipamentos. Na Figuras 4.37 encontra-se apresentada a linha de tendência da relação resistência à

penetração de ambos os equipamentos.

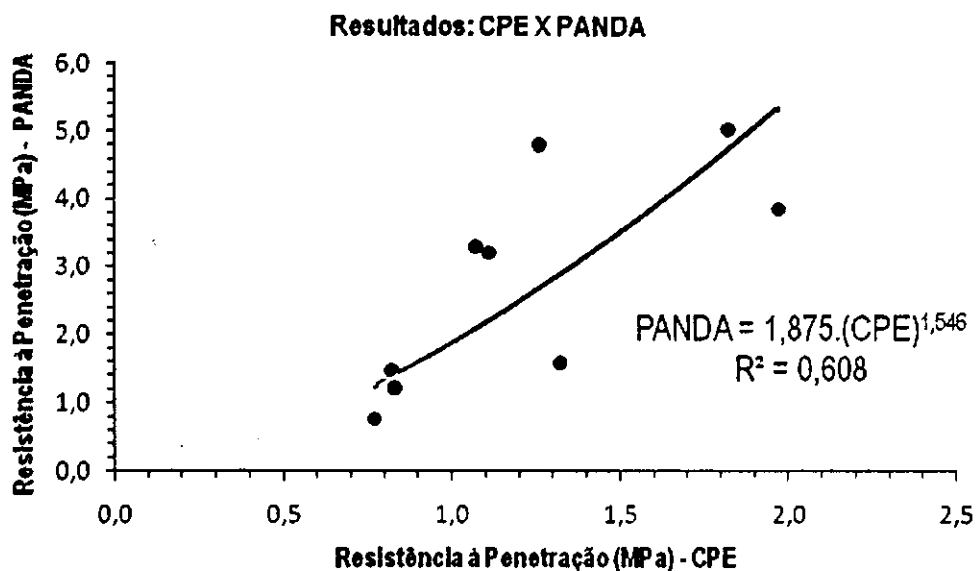


Figura 4.37 – Relação: valores de resistências à penetração obtidos com o CPE versus os obtidos com o PANDA

O resultado obtido, por meio da análise estatística, indica que a correlação encontrada entre as resistências à penetração obtidas com o CPE com relação às obtidas com o PANDA não pode ser considerada estatisticamente representativa, pois admite coeficiente de correlação, $R^2 = 0,608$, abaixo do valor crítico, $R^2 = 0,666$ (ver Tabela 4.23). Portanto, infere-se que, para os solos estudados nesta pesquisa e sob as condições em que foram encontrados em campo (no caso teor de umidade e grau de compactação), assim como o procedimento adotado para realização dos ensaios com os equipamentos (como por exemplo, a utilização de uma ponta cônica de 2 cm² no caso do PANDA quando se poderia utilizar uma ponta com área de seção transversal próxima a 6,33 cm² que corresponde a área da ponta do CPE), a correlação estabelecida não pode ser utilizada para determinação da resistência à penetração do PANDA a partir dos resultados de ensaios com o CPE.

4.3 - MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS URBANOS PROPOSTO

Os métodos utilizados para o dimensionamento de pavimentos urbanos são, em geral, os métodos aplicados às rodovias, cujo número de solicitações do tráfego e conseqüentemente as espessuras das camadas que compõem o pavimento não são compatíveis com a realidade das vias urbanas. As vias urbanas, com características essencialmente residenciais, apresentam um baixo volume de tráfego e um menor grau de solicitação.

Propõe-se, neste trabalho, um método de dimensionamento de pavimentos urbanos baseado:

- em duas (02) faixas de variação de tráfego: Tráfego muito leve e leve;

- nas características estruturais do subleito, obtidas no campo, a partir dos resultados adquiridos com o ensaio do CPD, expresso em Índice de penetração (mm/golpe) e dos resultados obtidos com os ensaios do CPE e do Penetrômetro PANDA, expressos em resistência à penetração (MPa);
- nas espessuras recomendadas pelo U.S. Corps of Engineers para pavimentos urbanos com baixo volume de tráfego;
- e em projetos tipos de seções transversais de pavimentos urbanos propostos pela Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), o que permite uma rápida convergência para um determinado tipo de pavimento.

A seguir, serão descritas, em síntese, as etapas do método de dimensionamento proposto.

4.2.4 - ANÁLISE DO TRÁFEGO

Para o dimensionamento de vias urbanas, optou-se por classificar o tráfego em dois tipos essenciais, a saber:

4.2.4.1 - Tráfego Muito Leve

Corresponde ao de ruas essencialmente residenciais, para as quais não é absolutamente previsto o tráfego de ônibus, podendo existir, ocasionalmente, passagens de caminhões em um número não superior a três (03) por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número N típico de 10.000 (10^4) solicitações do eixo simples padrão para o período de projeto de 10 anos (SENÇO, 1997).

4.2.4.2 - Tráfego Leve

Corresponde ao de ruas de características essencialmente residenciais, para as quais é previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente, passagens de caminhões ou ônibus em número não superior a cinquenta (50) por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número N – equivalência de operações -, típico de 100.000 (10^5) solicitações do eixo simples padrão (18.000 libras = 8,2 ton), para o período de projeto de 10 anos (SENÇO, 1997).

Para composição do tráfego propõe-se uma taxa de crescimento, com base no histórico de crescimento do tráfego da própria via, ou a contribuição das vias existentes que atendem à mesma ligação. Adota-se o tráfego de veículos do ano médio do período de projeto, na faixa mais solicitada. A taxa de crescimento, também, deve levar em consideração o aumento do fluxo de veículos causado devido às melhorias impostas às vias pavimentadas.

4.2.5 - CAPACIDADE DE SUPORTE DO SUBLEITO

A medida da capacidade de suporte do subleito é dada pela resistência à penetração, em mm/golpe, no caso do CPD, e em MPa, no caso do CPE e do PANDA.

Sugere-se realizar o ensaio com o CPD e considerar, para o cálculo do índice de penetração, o primeiro golpe do martelo. A opção por considerar o primeiro golpe do martelo do CPD foi baseada em dois critérios: a) correlação estatisticamente mais significativa quando relacionada com o CPE, e b) os valores dos CBR obtidos por meio das equações estabelecidas (nacional e internacional), em função dos índices de penetração obtidos no campo considerando o primeiro golpe do martelo, são em geral menores e, portanto, fica estabelecido um fator de segurança no dimensionamento.

OBS: Em se tratando da correlação estabelecida entre os valores de índice de penetração do CPD e os de resistência à penetração do PANDA ($PANDA = 42,62.CPD^{-0,98}$), deve-se desprezar o 1º golpe do martelo, haja visto um melhor resultado estatístico ($R^2 = 0,763$), considerando tal condição.

Para subleitos com índices de penetração superiores a 75,06 mm/golpe, ou que apresentarem resistência à penetração inferiores a 0,01 MPa, no caso do CPE, e 0,59 MPa, no caso do PANDA, este procedimento não se aplica para o cálculo da espessura total do pavimento, pois, com esses resultados obtêm-se subleitos com baixa capacidade de suporte ($CBR \leq 2\%$), nesse caso o solo do subleito deverá ser substituído por solo com $CBR \geq 5\%$ e expansão $\leq 2\%$.

4.2.6 - CAMADAS DO PAVIMENTO

As camadas do pavimento são consideradas em função do coeficiente de equivalência estrutural. Este deve corresponder a um número que relaciona a espessura necessária da camada, constituída de material padrão, com a espessura equivalente do material que realmente vai compor essa camada.

As camadas do pavimento têm uma espessura real (E_R) igual à soma das espessuras das camadas e uma espessura equivalente (E_q), calculada pela soma do produto das espessuras reais das camadas pelos respectivos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais que as compõem.

Os coeficientes propostos de equivalência estrutural (K) são baseados nos expostos pelo método do DNIT (antigo DNER) e pelo método de dimensionamento da Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP). Os valores são exibidos na Tabela 4.32. Deve-se adotar $K = 1$ para sub-base ou reforço do subleito, quando necessário.

Tabela 4.32 – Coeficiente de equivalência estrutural (k) para diversos materiais (Fonte: SENÇO, 1997)

Tipo de Material	Símbolo	Coeficiente - k
Revestimento de concreto asfáltico	CA	2,0
Revestimento de concreto magro	CM	2,0
"Binder" ou Pré-misturado a quente	BI	1,8
Base de solo-cimento	SC	1,7
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	PMF	1,4
Revestimento asfáltico de penetração	PI	1,2
Pavimento articulado de concreto	PA	1,2
Base de macadame betuminoso	MB	1,2
Base granular	BG	1,0
Base de macadame hidráulico	MH	1,0
Revestimento tipo calçamento em paralelepípedo	P	1,0
Brita corrida selecionada	BCS	0,9
Areia	A	1,0

OBS: Pavimentos antigos de paralelepípedo. Quando recapeados com misturas betuminosas, o valor de k poderá variar de 1,2 à 1,8, em função do comportamento, abaulamento e rejuntamento dos paralelepípedos.

4.2.7 - DIMENSIONAMENTO DA ESPESSURA DO PAVIMENTO

Por meio das duas (02) equações (determinadas) nesse trabalho, Equação 4.2 e Equação 4.3, chegou-se ao índice de penetração (mm/golpe) do CPD, em função dos valores de CBR (%) apresentados na Tabela 4.33.

Os valores de resistência à penetração do CPE foram determinados por meio da Equação 4.4, a qual foi definida como a que melhor correlacionava os valores do CPE com os do CPD. Em se tratando dos valores de resistência à penetração do PANDA, os mesmos foram determinados por meio da Equação 4.5, a qual ficou definida como a que melhor correlacionava os valores do PANDA com os CPD.

$$\text{Log}(\text{CBR}) = 2,514 - 1,180.\text{Log}(\text{CPD}) \rightarrow \text{CPD} = \left(\frac{\text{CBR}}{326,58} \right)^{-\frac{1}{1,180}} \quad [4.2]$$

$$\text{Log}(\text{CBR}) = 2,357 - 1,084.\text{Log}(\text{CPD}) \rightarrow \text{CPD} = \left(\frac{\text{CBR}}{227,51} \right)^{-\frac{1}{1,084}} \quad [4.3]$$

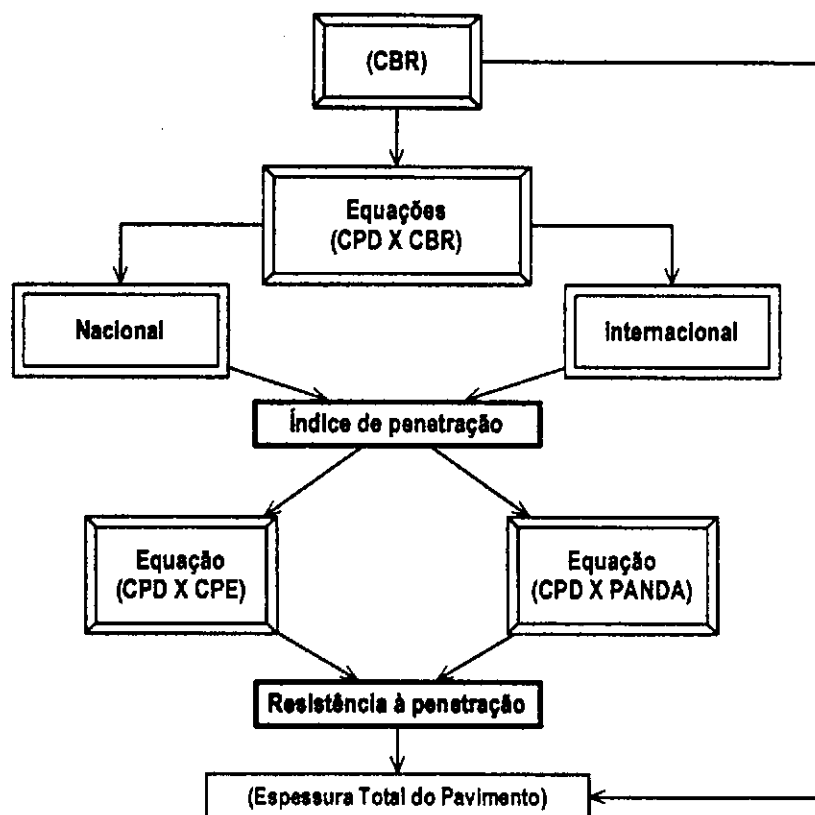
$$\text{CPD} = 196,7.\text{CPE}^{-0,37} \rightarrow \text{CPE} = \left(\frac{\text{CPD}}{196,7} \right)^{-\frac{1}{0,37}} \quad [4.4]$$

$$\text{PANDA} = 42,62.\text{CPD}^{-0,98} \quad [4.5]$$

Tabela 4.33 – Espessuras totais do pavimento em função dos valores de CBR, obtidas com base no Ábaco do U.S. Corps of Engineers (SENÇO, 1997)

CBR	Espessura total do Pavimento	
	Tráfego	
	Muito Leve	Leve
(%)	(cm)	
2	60	70
3	46	57
4	39	48
5	34	42
6	30	37
7	27	33
8	24	30
9	22	27
10	20	25
12	17	22
15	15	18
17	13	16
20	11	14
25	9	12
30	8	10
Veículos comerciais por dia numa direção		
	Máx. 3	Máx. 50

No Fluxograma 4.1 está ilustrada a seqüência de cálculo que foi estabelecida para determinação dos valores dos índices de penetração em função dos CBR, da Tabela 4.33, e das resistências à penetração em função dos valores de índice de penetração encontrados.



Fluxograma 4.1 - Seqüência de cálculo para determinação dos valores do CPD e posteriormente do CPE e do PANDA, em função dos valores de CBR

No método de dimensionamento proposto são relacionadas as condições de tráfego para vias essencialmente urbanas com características residenciais e capacidade de suporte do subleito, com projetos-tipo específicos. Nestes projetos-tipo são sugeridas a composição do material, as espessuras do revestimento e as espessuras da base (E_{RB} = espessura do revestimento + espessura da camada de base).

A espessura total do pavimento (E_{TOTAL}) pode ser obtida a partir das Tabelas 4.34 (se os resultados da relação CPD X CBR tiverem origem a partir da equação nacional) ou 4.35 (se os resultados da relação CPD X CBR tiverem origem a partir da equação internacional), ou pelos ábacos das Figuras 4.38 e 4.39 para o dimensionamento utilizando o CPD, ábacos das Figuras 4.40 e 4.41, para o dimensionamento utilizando o CPE ou os ábacos das Figuras 4.42 e 4.43 para dimensionamento utilizando o PANDA.

Com a espessura total ou necessária ao pavimento (E_{TOTAL}), de acordo com o tráfego (T), opta-se por uma das alternativas de dimensionamento propostas nas Figuras 4.44 e 4.45 (Projetos-tipo), em que é obtida a espessura do revestimento + espessura da base (E_{RB} ou E_q). A espessura da sub-base corresponde à diferença entre a espessura total e a espessura equivalente ($E_{SUB} = E_{TOTAL} - E_q$). Admite-se para estes ábacos que todos os materiais das camadas do pavimento possuem coeficiente de equivalência estrutural igual a um ($K = 1$).

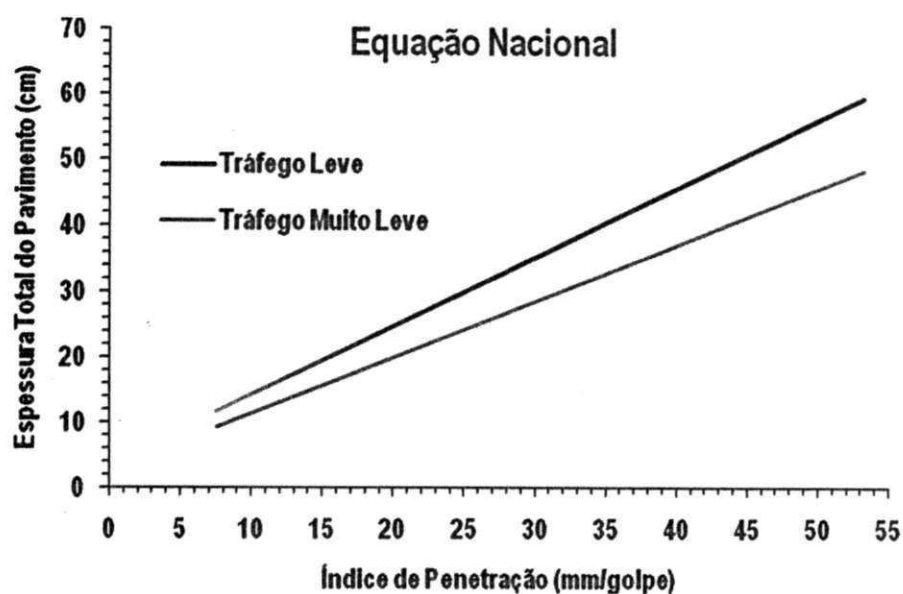


Figura 4.38 – Ábaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função do índice de penetração do CPD (obtido por meio da equação nacional), e do tráfego (T), para o método proposto

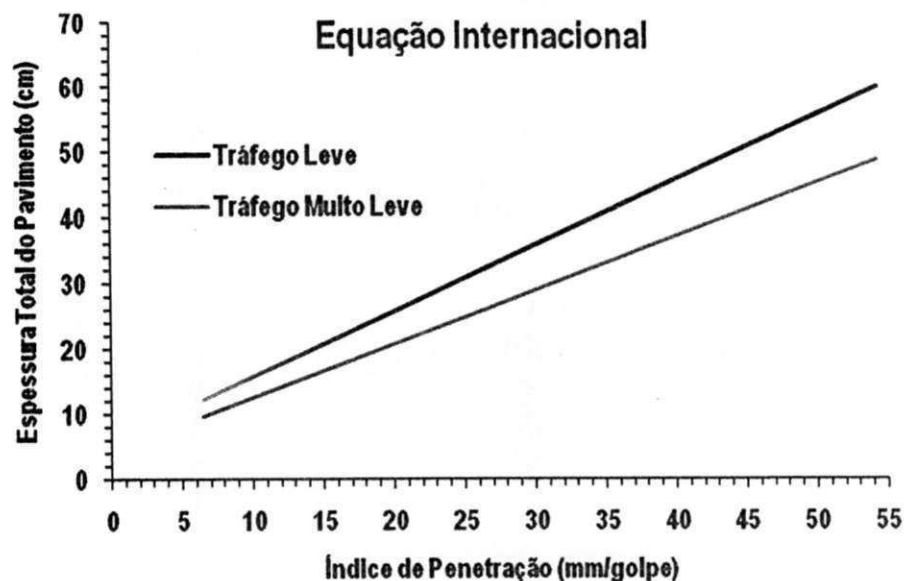


Figura 4.39 – Ábaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função do índice de penetração do CPD (obtido por meio da equação internacional), e do tráfego (T), para o método proposto

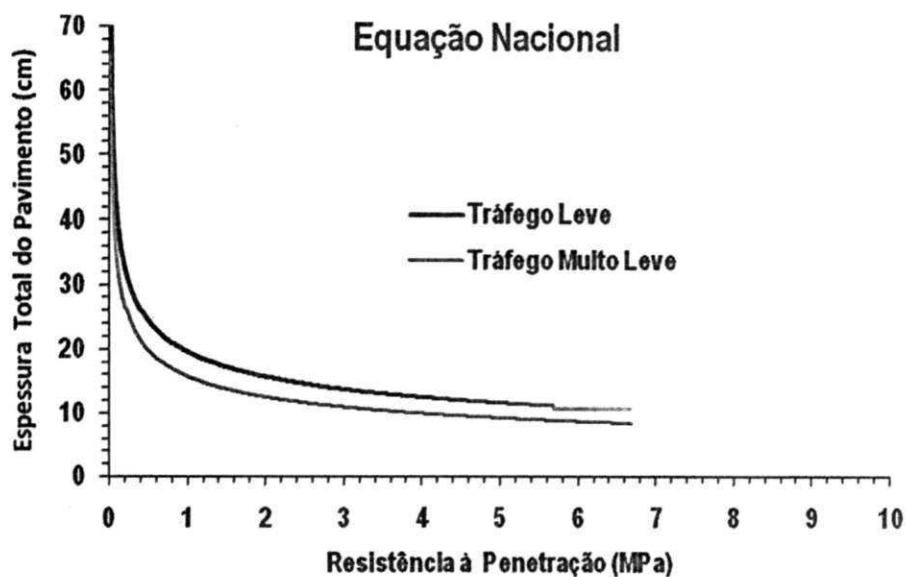


Figura 4.40 – Abaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função da resistência à penetração do CPE (obtido por meio da equação nacional), e do tráfego (T), para o método proposto

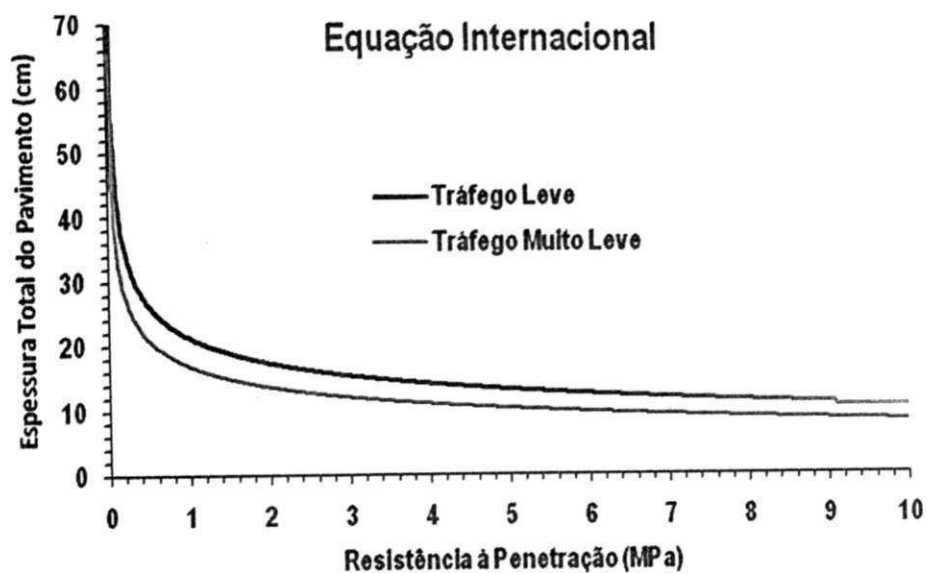


Figura 4.41 – Abaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função da resistência à penetração do CPE (obtido por meio da equação internacional), e do tráfego (T), para o método proposto

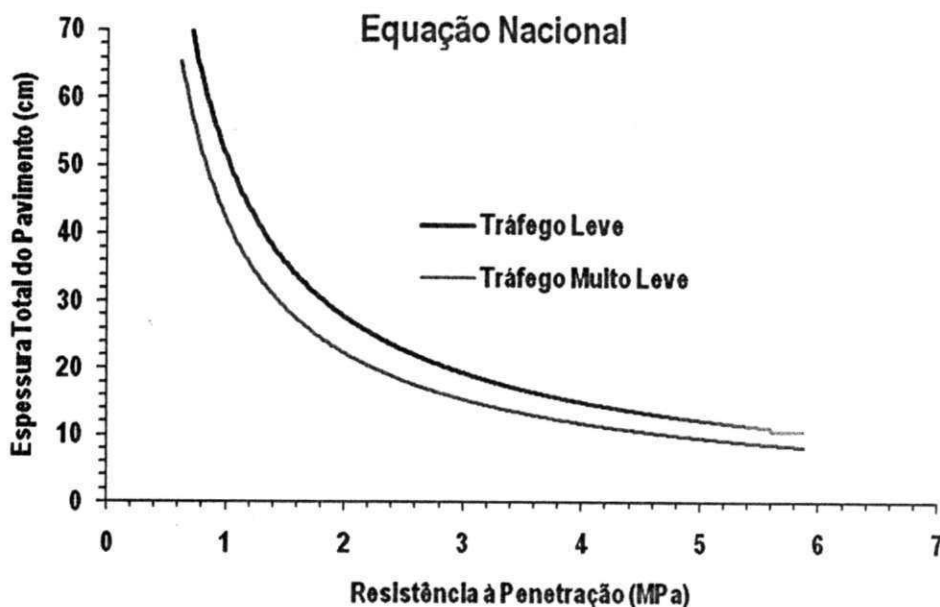


Figura 4.42 – Ábaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função da resistência à penetração do PANDA (obtido por meio da equação nacional), e do tráfego (T), para o método proposto

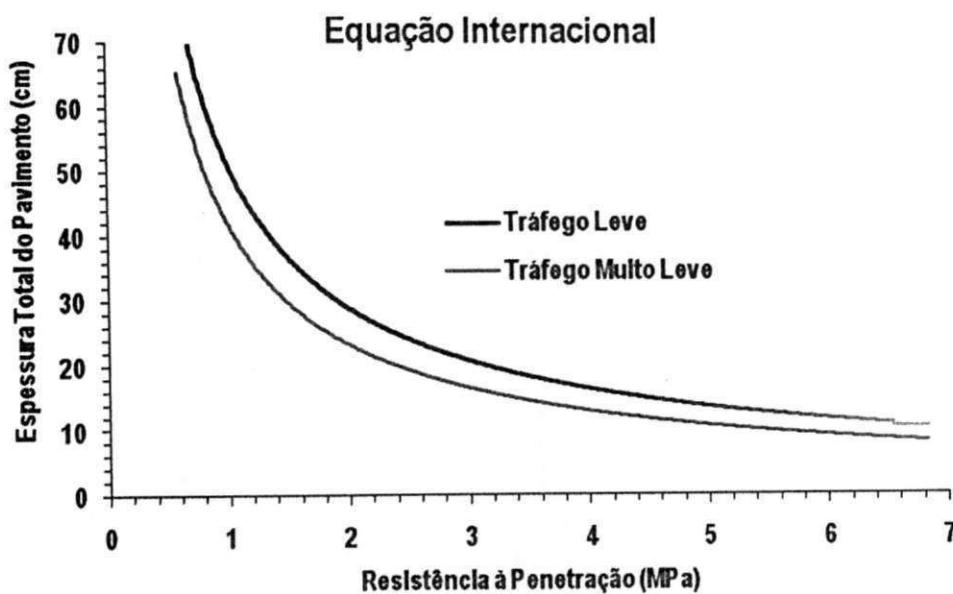


Figura 4.43 – Ábaco de dimensionamento da espessura total da estrutura do pavimento em função da resistência à penetração do PANDA (obtido por meio da equação internacional), e do tráfego (T), para o método proposto

Tabela 4.34 – Espessuras recomendadas dependendo do tipo de Tráfego (para valores de índice de penetração obtidos por meio da relação CPD X CBR com origem na equação nacional)

Valores Obtidos a Partir da Equação Nacional					
CBR	CPD	CPE	PANDA	Tráfego	
				Muito Leve	Leve
(%)	(mm/Golpe)		(MPa)	(cm)	
2	75,06	0,01	0,62	60	70
3	53,23	0,03	0,87	46	57
4	41,71	0,07	1,10	39	48
5	34,53	0,11	1,33	34	42
6	29,58	0,17	1,54	30	37
7	25,96	0,24	1,75	27	33
8	23,18	0,32	1,96	24	30
9	20,98	0,42	2,16	22	27
10	19,19	0,54	2,36	20	25
12	16,44	0,82	2,74	17	22
15	13,61	1,36	3,30	15	18
17	12,24	1,82	3,66	13	16
20	10,66	2,64	4,19	11	14
25	8,83	4,40	5,04	9	12
30	7,56	6,68	5,87	8	10
Veículos comerciais por dia numa direção				Máx. 3	Máx. 50

Tabela 4.35 – Espessuras recomendadas dependendo do tipo de Tráfego (para valores de índice de penetração obtidos por meio da relação CPD X CBR com origem na equação internacional)

Valores Obtidos a Partir da Equação Internacional					
CBR	CPD	CPE	PANDA	Tráfego	
				Muito Leve	Leve
(%)	(mm/Golpe)		(MPa)	(cm)	
2	78,82	0,01	0,59	60	70
3	54,23	0,03	0,85	46	57
4	41,59	0,07	1,10	39	48
5	33,85	0,12	1,35	34	42
6	28,61	0,18	1,59	30	37
7	24,82	0,27	1,83	27	33
8	21,94	0,38	2,07	24	30
9	19,68	0,50	2,30	22	27
10	17,86	0,65	2,53	20	25
12	15,09	1,03	2,98	17	22
15	12,29	1,80	3,65	15	18
17	10,95	2,46	4,08	13	16
20	9,42	3,69	4,73	11	14
25	7,67	6,43	5,79	9	12
30	6,48	10,13	6,83	8	10
Veículos comerciais por dia numa direção				Máx. 3	Máx. 50

Tráfego Muito Leve

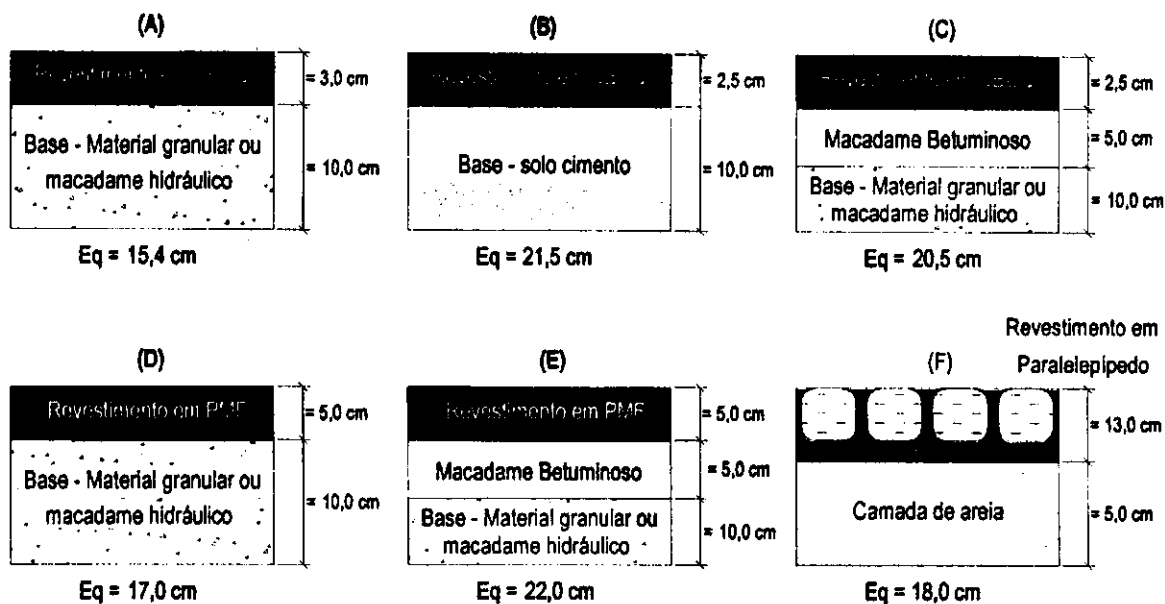


Figura 4.44 – Projetos-tipo de pavimentos para o tráfego muito leve, método proposto

Tráfego Leve

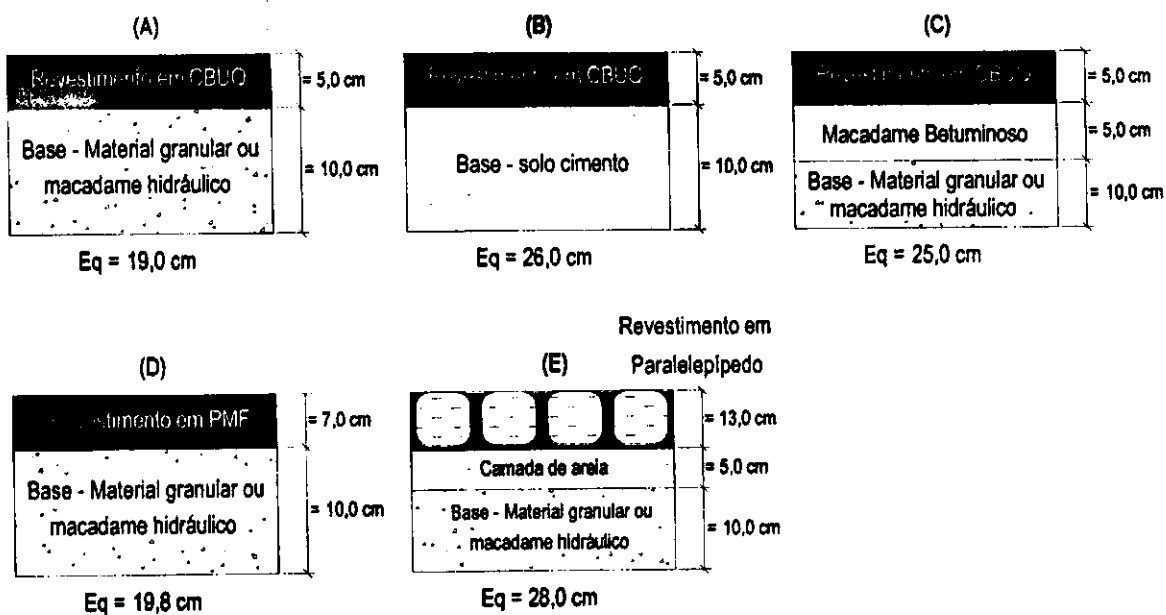


Figura 4.45 – Projetos-tipo de pavimentos para o tráfego leve, método proposto

Sendo o pavimento destinado a uma via urbana, a espessura do projeto a ser executada deve estar compreendida entre o nivelamento das guias e sarjetas, e a profundidade das canalizações de serviços públicos.

Sugere-se, neste método, para que sejam construídas os equipamentos de drenagem adequados, que o nível do lençol freático, quando existir, deverá ser rebaixado pelo menos em 1,50 metros da cota do greide da terraplenagem.

Dependendo das condições de suporte do subleito e especificamente para o tráfego muito leve, a espessura total estimada para a estrutura do pavimento pode vir a ser menor que a espessura equivalente ($E_{TOTAL} < E_q$). Nestes casos, sugere-se adotar uma regularização do subleito, no qual serão executadas apenas as camadas de base e de revestimento. Ao se adotar um revestimento em paralelepípedo, será considerada, como camada de base, o colchão de areia de cinco (05) centímetros de espessura.

Em anexo (ANEXO A), são exemplificados três (03) modelos de dimensionamento de pavimentos, utilizando o método proposto neste trabalho.

Com o objetivo de comparar de forma detalhada a diferença de espessuras das estruturas do pavimento pelo método do U.S. Corps of Engineers e o método do DNIT, foram construídas as Tabelas 4.36 e 4.37.

Tabela 4.36 – Comparação das espessuras do pavimento entre o método do U.S. Corps of Engineers e o método do DNIT para o tráfego muito leve

CBR	Espessura total do Pavimento		Diferença das espessuras
	Tráfego Muito Leve		
	U.S. Corps of Engineers	DNIT	
(%)	(cm)	(cm)	(cm)
2	60	75	15
3	46	67	21
4	39	58	19
5	34	48	14
6	30	43	13
7	27	38	11
8	24	36	12
9	22	33	11
10	20	30	10
12	17	27	10
15	15	23	8
17	13	22	9
20	11	20	9
25	9	18	9
30	8	16	8
Média das diferenças das espessuras			12

Tabela 4.37 – Comparação das espessuras do pavimento entre o método do U.S. Corps of Engineers e o método do DNIT para o tráfego leve

CBR	Espessura total do Pavimento Tráfego Leve		Diferença das espessuras
	U.S. Corps of Engineers	DNIT	
(%)	(cm)	(cm)	(cm)
2	70	93	23
3	57	73	16
4	48	62	14
5	42	54	12
6	37	48	11
7	33	44	11
8	30	40	10
9	27	38	11
10	25	35	10
12	22	31	9
15	18	27	9
17	16	25	9
20	14	22	8
25	12	19	7
30	10	17	7
Média das diferenças das espessuras			11

Observa-se por meio das Tabelas 4.36 e 4.37 que as espessuras dos pavimentos dimensionados pelo método do DNIT são em média 11,5 cm maiores do que as espessuras obtidas pelo método U.S. Corps of Engineers, conseqüentemente, a estrutura desse pavimento possui uma espessura mais delgada que resulta em custos mais baixos de execução.

5 - CONCLUSÕES

Ao término do presente trabalho de pesquisa conclui-se que as condições encontradas em campo são bastante diversificadas por apresentarem inúmeras variáveis (variação do teor de umidade, densidade, granulometria, tipo de solo, estado de confinamento, etc) que por conseqüência, apresentam resultados mais realísticos e precisos no estudo de solos para uso em obras de terra em geral, contribuindo dessa maneira para evitar um superdimensionamento desnecessário que acarrete em um aumento significativo no orçamento de uma obra de pavimentação.

Em se tratando dos ensaios de CBR realizados foi observado que os resultados de CBR moldados no laboratório com os teores de umidade encontrados em campo, na energia de Proctor normal, não fornecem resultados representativos de possíveis CBR "in situ", pois admitem densidades diferentes das encontradas em campo, portanto, os resultados de CBR obtidos nesse trabalho, nas condições realizadas, não são condizentes com a realidade dos obtidos em campo.

As equações que relacionam os resultados de CPD versus CBR, em nível nacional e internacional, foram desenvolvidas nesse trabalho com o objetivo de obter uma equação geral, em nível nacional e internacional, a qual pudesse utilizá-la para qualquer tipo de solo, porém é necessário um estudo mais detalhado a respeito do uso de tais equações na determinação do CBR a partir dos resultados obtidos com o CPD, haja visto que para cada tipo de solo existe uma equação que relaciona CPD versus CBR.

Em se tratando dos ensaios realizados em campo com os equipamentos de CPD, CPE e o PANDA conclui-se que esses são ensaios que, além de poderem ser realizados em lugares de difíceis acessos, apresentam também as vantagens de serem práticos, rápidos e econômicos em relação ao Ensaio de Placa e também aos ensaios de índice suporte Califórnia (CBR), tanto de campo (CBR "in situ") quanto de laboratório.

Entre os equipamentos utilizados no trabalho de pesquisa, o Penetrômetro PANDA é o que apresenta resultados de resistência à penetração mais precisos por ser um equipamento moderno e eletrônico e, também, por apresentar uma capacidade de penetração (até 6 m) maior do que a do CPD e do CPE, obtendo dessa maneira maiores informações de resistência dos materiais constituintes do subleito em sua profundidade.

Em relação aos ajustes obtidos com os valores dos coeficientes de recalque, não foi possível estabelecer um modelo estatisticamente significativo. Infere-se que, para os solos estudados neste trabalho e sob estas condições, as relações ou correlações estabelecidas entre o índice de penetração do CPD e a resistência à penetração do CPE, ambos, com o coeficiente de recalque do Ensaio de Placa, não podem ser usadas para determinação do coeficiente de recalque (k). Um fator que pode justificar a não correlação entre os

resultados obtidos com os equipamentos é o modelo físico dos ensaios. Os ensaios de CPD e CPE medem a capacidade de suporte dos solos em função de penetrações feitas em áreas muito restritas na superfície do terreno, enquanto o Ensaio de Placa envolve uma área maior de aplicação de carga e mede a capacidade de suporte dos solos em função da verificação do comportamento de uma placa circular sujeita a um determinado carregamento de compressão e na estimativa de parâmetros indicativos de resistência e de deformabilidade do solo suporte da futura construção.

A proposta de dimensionamento para pavimentos de vias urbanas, resultado desta pesquisa, sugere uma espessura menor para uma estrutura de pavimento, comparada às obtidas pelo método convencional do DNIT. Esta estrutura será mais delgada e implicará em custos mais baixos de execução.

O uso dos ábacos, obtidos nesse trabalho, para o dimensionamento de pavimentos urbanos, facilita a tarefa, principalmente para os engenheiros menos habituados a esses problemas, deixando pouca margem a estudos de variantes, convergindo rapidamente para um projeto-tipo economicamente recomendável.

6 - SUGESTÕES

Tendo em vista os resultados obtidos com essa pesquisa, sugerimos o desenvolvimento de outros trabalhos que tenham como base as seguintes sugestões:

- realizar um número maior de ensaios entre os equipamentos utilizados, de modo a obter uma relação mais representativa entre os mesmos;
- realizar ensaios de CBR "in situ" e correlacionar os resultados obtidos com os resultados do CPD, CPE e Penetrômetro PANDA;
- desenvolver estudos visando propor um método para o controle de compactação das camadas de pavimentos, no período de construção, utilizando os resultados dos ensaios do CPD, CPE e Penetrômetro PANDA;
- estudar a física do processo de penetração com o CPE e desenvolver dispositivos com a finalidade de contornar as limitações impostas por sua utilização;
- avaliar o desempenho do pavimento dimensionado pelo método proposto neste trabalho.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, T-222-78, Designation: FM 5-527. Florida Method of Test for NONREPETITIVE STATIC PLATE LOAD TEST OF SOILS AND FLEXIBLE PAVEMENT COMPONENTS, Florida, 2000.

AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, Design Procedures For New Pavements – A Training Course, Designation: IL - 61874. First Edition, 1993.

ABGE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Glossário de equipamentos de sondagens. 1980.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-6122. Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-6457. Amostras de solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-6459. Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-7180. Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-7181. Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-7185/84 Solo – Determinação da Massa Específica Aparente, "in situ" com Emprego do Frasco de Areia. Rio de Janeiro 1986.

ALCÂNTARA, P.B.; LUCENA, F.B de. Avaliação do Módulo de Reação do Subleito através de Ensaios Pressiométricos e Provas de Carga com Placas de Diversos Diâmetros. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 25., 1991, São Paulo. Anais... Rio de Janeiro: ABPV, 1991.

ALONSO, U. R. Capacidade de Carga. In: Exercícios de fundações. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. Cap. 4, p. 93-99.

AMINI, F., Potencial Applications of Dynamic and Static Cone Penetrometers in Pavement Design and Construction. Final Report. Department of Civil Engineering Jackson state University in Cooperation with Mississippi Department of Transportation and the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. 2003. Disponível em: <http://www.mdot.state.ms.us/research/pdf/DynConPn.pdf>, Acessado em: 07 Fev. 2007.

AOKI, N. Ensaio Holandês de Penetração. Curso de atualização em fundações. Centro de Produção da UEG (CEPUEG), 1973.

BACCONNET, C.; ALIAGA, J.; GONZÁLEZ, J.; ESPINACE, R.A.; VILLAVICENCIO, G.A. Control de Compactación em Tranques de Arenas Relaves Mediante El Penetrómetro PANDA. 2007, Valparaíso.

BAPTISTA, C.N. Pavimentação. 4ª Edição. Porto Alegre. Ed. Globo, 1980. Tomo I.

BARATA, F. E. Capacidade de carga. In: Propriedades mecânicas do solo. Rio de Janeiro: LTC, 1984. Cap. 4, p. 113-113.

BERTI, C., "Avaliação da Capacidade de Suporte de Solos "in situ" em Obras Viárias Através do Cone de Penetração Dinâmica – Estudo Experimental". 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Campinas, 2005.

CHASE, W.; BOWN, F. General Statistics. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1992.

CRONEY, P.; CRONEY, D. The Design and Performance of Road Pavements. Third Edition. New York: McGraw-Hill. 1998.

CURIE, P.; Gourves, R ; Richard, B. "Le pénétromètre dynamique léger PANDA" (1995).

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – Manual de Pavimentação, Rio de Janeiro, 1996.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ME – 049/94. Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia, 1994.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ME – 162/94. Solos – Ensaio de Compactação Utilizando amostras Trabalhadas, 1984.

EMERY, S. Pavement Investigation, DCP and design chart. New York: McGraw-Hill. 2004. Disponível em: <http://www.geocities.com/profemery/pavement.html>. Acessado em 24 mar. 2007.

GABR, M.A; LAMBE, P.C. Dynamic Cone Penetrometer Criteria for Evaluation of subgrade and Aggregate Base Courses. NCDOT Research Project. 1999.

HEAD, K. H. Soil Technicians Handbook. London: Pentech Press Limited Publishens. 1989.

HEYN, A.T. Aplicações do Penetrômetro Dinâmico de Ponta Cônica na Avaliação de Estruturas de Pavimento. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 21.,1986, Salvador. Anais... Rio de Janeiro: ABPV, p. 139-149, 1986.

HERRICK & JONES 66 (4) ... A Dynamic Cone Penetrometer for Measuring Soil Penetration Resistance ... The Hammer-type, Dynamic Cone Penetrometer Described here Cone Used to Calculate a Soil Penetration Resistance, 2001 ... Disponível em: <<http://www.intl-soil.scijournals.org/cgi/content/full/66/4/1320>> Acesso em: 22 abr. 2007.

HOUGH, B.K. Basic Soils Engineering. Second Edition. New York: The Ronald Press Company. P. 468-491. 1969.

JORDÃO, L. P. Avaliação Estrutural das Pistas de Pouso e Decolagem, Pátios e Acessos do Aeroporto Presidente Castro Pinto de João Pessoa. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Campina Grande, 2004.

KARUNAPREMA, K.A.K; EDIRISINGHE, A.G.H.J. A Laboratory study to Establish Some Udeful Relationships for the Use of Dynamic Cone Penetrometer. In: University Peradenya, Sri Lanka. EJGE, 2002. Disponível em: <http://www.ejge.com/2002/Ppr0228/Abs0228.htm>. Acessado em: 12 Dez. 2006.

KLEYN, E. G. The Use of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP). Rep.No. 2/74. Transval Roads Department, South Africa, 1975.

KLEYN, E. G.; MAREE, J. H.; SAVAGE, P. F. The Application of a Portable Pavement Dynamic Cone Penetrometer to Determine in situ Bearing Properties of Road Pavement Layers and Sugrades in South Africa. In: Proceedings of Second European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, p 277 – 281, 1982.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. Capacidade de carga de fundações superficiais. In: Fundações. 2. ed. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1996. Cap. 4, p. 71-107.

LIVNEH, M. Validation of Correlations between a Number of Penetration Tests and In Situ California Bearing Ratio Tests. Transp. Res. Rec. 1219. Transportation Research Board, Washington, D.C., p. 56-67, 1987.

LIVNEH, M.; ISHAI, I.; LIVNEH, N. A. Automated DCP Device Versus Manual DCP Device. [S.l.] Rd. and Transport Res., Vol. 1, No. 4, 1992.

LIVNEH, M.; ISHAI, I. The Relationship between in-situ CBR Test and Various Penetration Tests. Transportation Research Institute, Technion, Haifa, Israel. Penetration Testing 198, ISOPT-1, ed Ruiter. Balkema, ISBN 90 6191 8014. p. 445 – 452. 1988.

- LIVNEH, M.; ISHAI, I.; LIVNEH, N. A. Effect of Vertical Confinement on Dynamic Cone Penetrometer Strength Values in Pavement and Subgrade Evaluations. *Transp. Res. Rec.* 1473, p. 1-9, 1995.
- LUNNE, T.; ROBERTSON, P. K.; POWELL, J. J. M. Historical background. In: *Cone Penetration Testing: in geotechnical practice*. 1st ed. London: Blackie Academic and Professional, 1977. Cap. 1.
- MEDINA, J. *Mecânica dos Pavimentos*. 1ª Edição. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1997.
- MELO FILHO, H.B. de M., *Aplicação do Cone de Penetração Dinâmica (CPD) como Alternativa para Fundações Rasas*. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Campina Grande, 2007.
- ODEMARK, N. – “Undersökning av elasticitetegenskaperna hos olika joadarter samt teori för beräkning av belagningar enligt elasticitetsteorin” *Statens Vaginstitut, Meddelande 77*, Sweden, 1949 (in Swedish).
- PEINTAMELEC INGENIERIE – Clermont-Ferrand, XP P 94-1005. *Manual de utilización - Penetrómetro dinámico ligero de energía variable. C/U/S/T (Université Blaise-Pascal de Clermont-Ferrand)*.
- PINTO, S.; PREUSSLER, E. *Pavimentação Rodoviária: Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis*. 2ª Edição. Rio de Janeiro, Editora COPIARTE, 2002.
- PITTA, M. R. *Dimensionamento de pavimentos rodoviários e urbanos de concreto pelo método da PCA/84*. 3.ed. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. *Pavimentação Urbana*. Secretaria de Vias públicas, Superintendência de Projetos. 1, São Paulo, 1992.
- REZENDE, L.R. *Estudo do Comportamento de Materiais Alternativos Utilizados em Estruturas de Pavimentos Flexíveis*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. 2003.
- RODRIGUES, J. K. G. *Pressiômetros, Tensões e Deformações em Sub-bases de Pavimentos Flexíveis*. (Tese de Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- ROHM, S. A.; NOGUEIRA, J. B. Determinação de Mini-CBR Através do Ensaio de Penetração Dinâmica. In: *REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO*, 21. Anais, Rio de Janeiro ABPV, p. 61 – 73, 1990.
- RÖHN, S. A. *Considerações sobre penetrômetros dinâmicos leves aplicados na construção e avaliação de pavimentos de baixo custo*. 1984. 109p. Dissertação - EESC/USP, São Paulo.
- SANGLERAT, G. History of the penetrometer. In: *The penetrometer and soil exploration*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1972. Cap. 1, v. 1, p. 1-8.

SANGLERAT, G. Bearing capacity and settlement of shallow footings. In: The penetrometer and soil exploration. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1972. Cap. 9, v. 1, p. 269-273.

SANTANA, J.M.; LUCENA, F.B. de.; BRASILEIRO, F.E. Avaliação das Características de Resistência no Subleito através de Ensaios "in situ". IN: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 29., 1995, Cuiabá. Anais...Rio de Janeiro: ABPV, 1995. P. 274-301.

SELIG, E.T.; WATERS J.M. Track Geotechnology and Substructure Management. First Edition. London: Tomas Telford Services Ltda. 1994. p. 4.18-4.20.

SENÇO, W. de. Manual de Técnicas de Pavimentação. 1ª Edição. São Paulo, Editora Pini, 1997. Volume I.

SEVERI, A. A.; BALDO, J. T.; RODOLFO, M. P. Conceitos Mecanicistas Básicos sobre Pavimentos Asfálticos, Laboratório de Mecânica dos Pavimentos, USP, São Paulo, 1998.

SILVA JÚNIOR, F.A. da, Cone de Penetração Dinâmica (DCP): Uma Alternativa ao Dimensionamento de Pavimentos Urbanos. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Campina Grande, 2005.

SOUZA, F. W. C. de, "Avaliação do Penetrômetro Manual na Capacidade de Carga de Fundações Superficiais em Solos Arenosos". 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Campina Grande, 2007.

TEIXEIRA, A. H.; GODOY, N. S. Análise, projeto e discussão de fundações rasas. In: Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 227-264.

THOMAS R. 1997. MINNESOTA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Application of the Dynamic Cone Penetrometer to Minnesota Department of Transportation Pavement Assessment Procedures, 1997. Disponível em: <http://www.mrr.dot.state.mn.us/research/MnROADProject/MnRoadOnlineReports> Acesso em: 06 dezembro 2007.

TORRES, M.S. Capacidade de Suporte de la Subrasante y los materials petreos. Laboratório de Pavimentos. Disponível em: <HTTP://fing.javeriana.edu.co/ingenieria/publicaciones.htm>. Acessado em: 25 Março 2006.

TRICHÊS, G.; CARDOSO, A.B. Avaliação da Capacidade de Suporte de Aterros e Subleito de Rodovias Utilizando o Penetrômetro Dinâmico de Cone. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Fundações, 1. Anais... p 649-656, Brasília 1998.

TRICHÊS, G.; CARDOSO, A.B. Avaliação da Capacidade de Aterros e Subleito de Rodovias Utilizando o Penetrômetro Dinâmico de Cone e a Viga Benkelman. In: TRANSPORTE EM TRANSFORMAÇÃO, IV. Trabalhos Vencedores do Prêmio CNT – Produção Acadêmica 1999. Anais... Makron Books, p. 35-49, 1999.

TRICHÊS, G.; DALPAI, C. M.; Fontes, L. P. T. da L. Procedimentos Técnicos para o Emprego do Cone de Penetração Dinâmica na Construção e Investigação dos Pavimentos Urbanos. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 35. 1. Anais... Artigo 096 35 RAPv 2004, pdf, Rio de Janeiro, 2004.

TRRL – Transport and Road Research Laboratory. Information Note. Operating Instructions for the TRRL Dynamic Cone Penetrometer. Crowthorne Berkshire United Kingdom. Ed Crown Copyright, 1986.

TSUHA, C. H. C. Utilização de penetrômetro manual em solo colapsível e comparação com resultados de provas de carga em placa e em sapata. 2003. 68p. Dissertação - EESC/USP, São Paulo.

VARGAS, M. Introdução à Mecânica dos Solos. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, Ed. da Universidade de São Paulo, 1981. P. 66-69.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. Capacidade de Carga de Fundações Superficiais. In: Fundações. 2. ed. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1996. Cap. 4, p. 71-107.

VERTAMATTI, E.; OLIVEIRA, L.E.de. Análise de Pavimento de Baixo Volume de Tráfego Executado com Solos Transicionais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO, 1. Anais... p. 326-344, Rio de Janeiro, 1997.

VERTAMATTI, E.; OLIVEIRA, L.E.de. Comportamento de Solos Tropicais de Natureza Transicional em Camadas Estruturais de Pavimentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 1. Anais... p 657-664, Brasília, 1998.

WIRTGEN GROUP. Manual de Reciclagem a Frio. 2º Ed. Revisada. Setembro. 2001. p. 29-92

YODER, E.J. Principles of Pavement Design. Second Edition. 1959.

1) Dimensionamento de Pavimentos urbano com o uso do Cone de Penetração Dinâmica - CPD

Deseja-se pavimentar uma determinada Rua A, cujo tráfego de veículos comerciais por dia numa direção, é de aproximadamente trinta (30). Por meio de ensaios in situ realizados no subleito desta rua, utilizando o CPD, obteve-se um índice de penetração médio de aproximadamente 41,50 mm/golpe. Determine, por meio do método proposto nesse trabalho, as espessuras das camadas do pavimento a ser construído.

Marcha de Cálculo

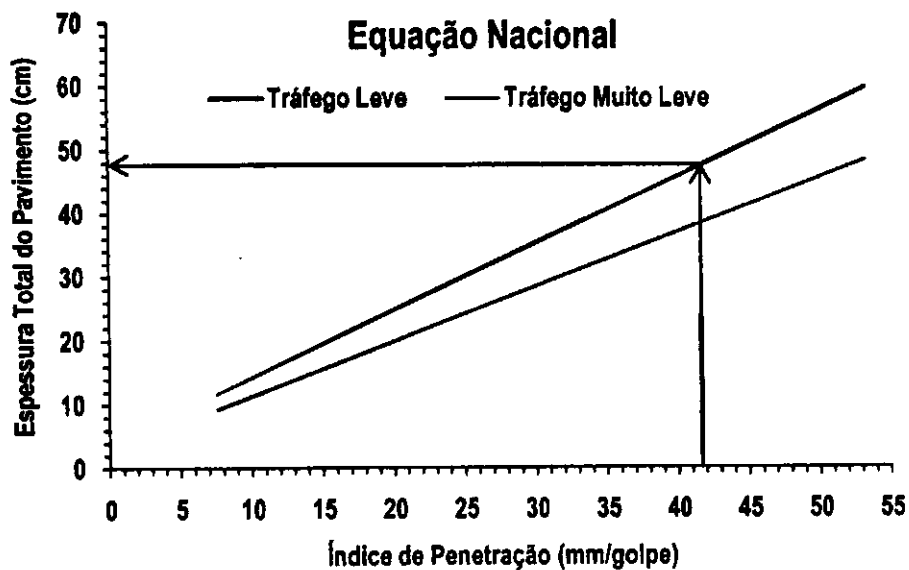
1) Dados:

30 veículos por dia → Tráfego leve;

Índice de Penetração do subleito = 41,50 mm/golpe.

2) Utilizando-se o Ábaco da Figura 4.30, estima-se a espessura total do pavimento.

(Índice de penetração + Tipo de Tráfego) → Ábaco → Espessura Total do Pavimento



Dessa forma temos:

(41,50 mm/golpe + Tráfego leve) → Ábaco (Figura 4.30) → Espessura Total do Pavimento = 48,0 cm

3) Escolha do Tipo de Projeto (Figura 4.37)

Optando-se pelo modelo (C) do Tráfego leve, temos:

- Revestimento em CBUQ de espessura igual à 5,0 cm ($K = 1,8$);
- Base de: (Macadame Betuminoso de espessura igual à 5,0 cm, $K = 1,2$) + Material Granular de espessura igual à 10,0 cm, $K = 1$).

Calculando a espessura equivalente (E_q), encontramos:

$$E_q = 5 \times (1,8) + 5 \times (1,2) + 10 \times (1) = 25 \text{ cm}$$

Calculando a espessura da sub-base (E_{SUB}), temos:

$$E_{SUB} = E_{TOTAL} - E_q = 48,0 - 25,0 = 23,0 \text{ cm}$$

Características de resistência, em mm/golpe, para o material da sub-base.

O Valor máximo de índice de penetração para este material é obtido no Ábaco da Figura 4.30, a partir da espessura encontrada para a sub-base (23,0 cm).

($E_{SUB} = 23 \text{ cm} + \text{Tráfego leve}$) → Ábaco (Figura 4.30) → índice de penetração = 18,00 mm/golpe

2) Dimensionamento de Pavimentos urbano com o uso do Cone de Penetração Estática - CPE

Deseja-se pavimentar uma determinada Rua B, cujo tráfego de veículos comerciais por dia numa direção, é de no máximo três (03). Por meio de ensaios in situ realizados no subleito desta rua, utilizando o CPE, obteve-se uma resistência à penetração média de aproximadamente 4 MPa. Determine, por meio do método proposto nesse trabalho, as espessuras das camadas do pavimento a ser construído.

Marcha de Cálculo

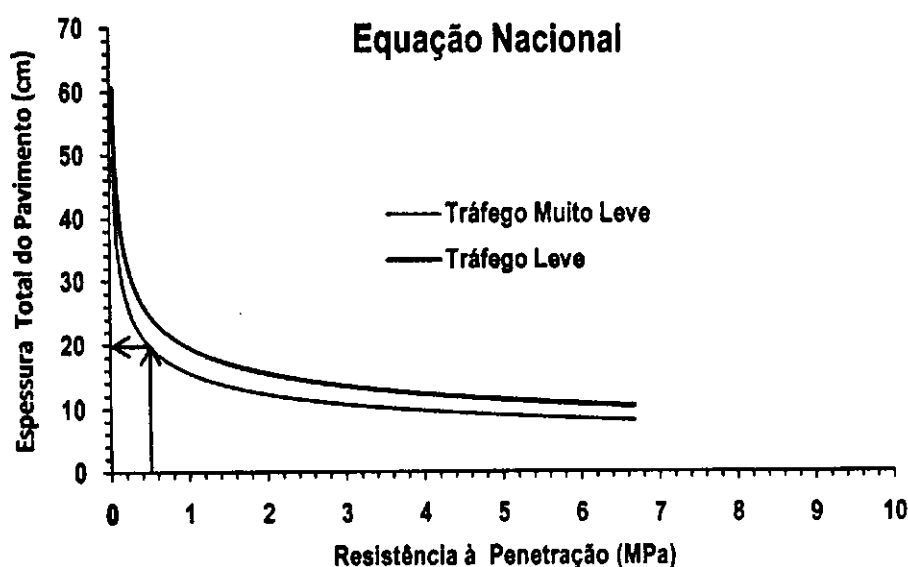
1) Dados:

3 veículos por dia → Tráfego muito leve;

Resistência à Penetração do subleito = 4 MPa.

2) Utilizando-se o Ábaco da Figura 4.32, estima-se a espessura total do pavimento.

(Resistência à penetração + Tipo de Tráfego) → Ábaco → Espessura Total do Pavimento



Dessa forma temos:

(0,5 MPa + Tráfego muito leve) → Ábaco (Figura 4.32) → Espessura Total do Pavimento = 20,0 cm

3) Escolha do Tipo de Projeto (Figura 4.36)

Optando-se pelo modelo (F) do Tráfego muito leve, temos:

- Revestimento em paralelepípedo de espessura igual à 13,0 cm ($K = 1,0$);
- Assentamento: camada de areia de espessura igual à 5,0 cm, $K = 1,0$.

Calculando a espessura equivalente (E_q), encontramos:

$$E_q = 13 \times (1,0) + 5 \times (1,0) = 18\text{cm}$$

Calculando a espessura da sub-base (E_{SUB}), temos:

$$E_{\text{SUB}} = E_{\text{TOTAL}} - E_q = 20,0 - 18,0 = 2,0\text{ cm}$$

Nesse caso, deve-se completar a espessura de material que falta com o material utilizado no assentamento, areia, por motivos técnico e econômico.

3) Dimensionamento de Pavimentos urbano com o uso do Penetrômetro PANDA

Deseja-se pavimentar uma determinada Rua C, cujo tráfego de veículos comerciais por dia numa direção, é de aproximadamente quarenta e cinco (45). Por meio de ensaios in situ realizados no subleito desta rua, utilizando o Penetrômetro PANDA, obteve-se uma resistência à penetração média de aproximadamente 3,25 MPa. Determine, por meio do método proposto nesse trabalho, as espessuras das camadas do pavimento a ser construído.

Marcha de Cálculo

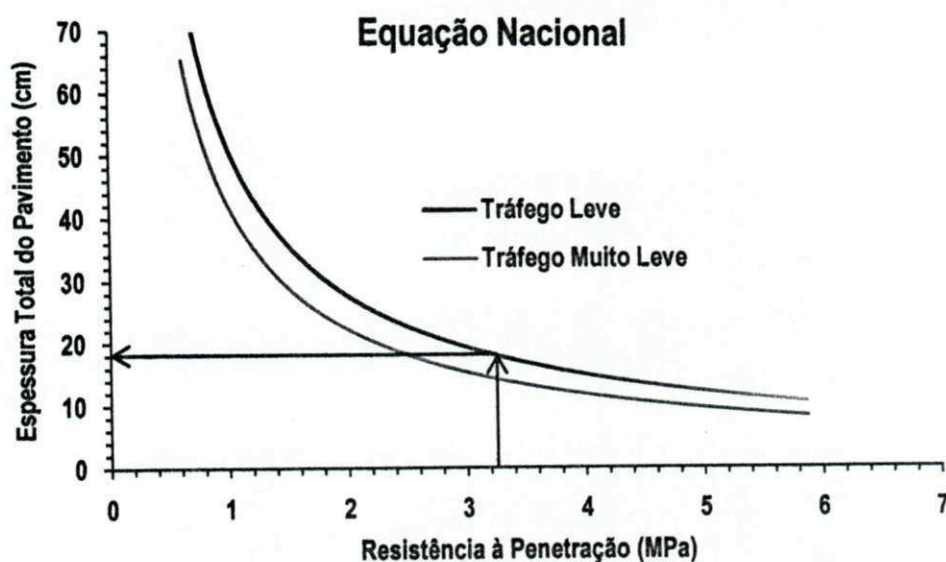
1) Dados:

45 veículos por dia → Tráfego leve;

Resistência à Penetração do subleito = 3,25 MPa.

2) Utilizando-se o Ábaco da Figura 4.34, estima-se a espessura total do pavimento.

(resistência à penetração + Tipo de Tráfego) → Ábaco → Espessura Total do Pavimento



Dessa forma temos:

(3,25 MPa + Tráfego leve) → Ábaco (Figura 4.34) → Espessura Total do Pavimento = 18,0 cm

3) Escolha do Tipo de Projeto (Figura 4.36)

Optando-se pelo modelo (F) do Tráfego leve, temos:

- Revestimento em paralelepípedo de espessura igual à 13,0 cm ($K = 1,2$);
- Base: camada de areia de espessura igual à 5,0 cm, ($K = 1,0$).

Calculando a espessura equivalente (E_q), encontramos:

$$E_q = 13 \times (1,2) + 5 \times (1,0) = 20\text{cm}$$

Devido ao fato da espessura equivalente total do pavimento admitir valor maior do que a espessura total necessária conclui-se então a não necessidade de uma sub-base (E_{SUB}), bastando apenas um serviço de regularização do subleito.

ANEXO - B

Resultados dos ensaios do cone de penetração dinâmica (CPD)

Bairro: Prata;

Rua: Alta Leite;

Poço de Inspeção: N° 01

1) Resultados do CPD obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Alta Leite - Poço de Inspeção N° 01				
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	19	14	20,5	14
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	17,78	13,33	20	13,33
Média Considerando o 1° Golpe = 16,87 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 16,11 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Alta Leite - Poço de Inspeção N° 01				
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	15,2	24,2	15	18,2
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	13,7	21,1	13,3	17,6
Média Considerando o 1° Golpe = 18,2 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 16,4 mm/golpe				

3) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Alta Leite - Poço de Inspeção N° 01		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F ₁	F ₂
Considerando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	20,2	16
Desconsiderando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	19,8	15,6
Média Considerando o 1° Golpe = 18,11 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 17,68 mm/golpe		

Bairro: Prata;

Rua: Alta Leite;

Poço de Inspeção: N° 02

1) Resultados do CPD obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Alta Leite - Poço de Inspeção N° 02				
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	10	11	23,8	11
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	8,88	10	24,44	8,88
Média Considerando o 1° Golpe = 13,95 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 13,05 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Alta Leite - Poço de Inspeção N° 02				
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	6,8	8,6	9,5	8,5
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	4,7	7	6,2	6,3
Média Considerando o 1° Golpe = 8,4 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 6,0 mm/golpe				

3) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Alta Leite - Poço de Inspeção N° 02		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F ₁	F ₂
Considerando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	7,07	8,64
Desconsiderando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	7,03	8,33
Média Considerando o 1° Golpe = 7,86 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 7,68 mm/golpe		

Bairro: Catolé;

Rua: Fernando Barbosa de Melo;

Poço de Inspeção: N° 01

1) Resultados do CPD obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de Inspeção N° 01				
Período de maior Índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)				
Furos	F₁	F₂	F₃	F₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	6,5	7,8	5,4	6,8
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	5,55	7,78	4,89	5,55
Média Considerando o 1° Golpe = 6,62 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 5,94 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de Inspeção N° 01				
Período de menor Índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F₁	F₂	F₃	F₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	6,2	6,5	5,8	5,7
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	5,6	5,6	4,8	5
Média Considerando o 1° Golpe = 6,0 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 5,2 mm/golpe				

3) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de Inspeção N° 01		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F₁	F₂
Considerando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	5,9	6,8
Desconsiderando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	5,6	6,6
Média Considerando o 1° Golpe = 6,3 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 6,1 mm/golpe		

Bairro: Catolé;

Rua: Fernando Barbosa de Melo;

Poço de Inspeção: N° 02

1) Resultados do CPD obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de Inspeção N° 02				
Período de maior Índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)				
Furos	F₁	F₂	F₃	F₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	22,5	26,5	45	23,5
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	20	25,55	45,55	21,11
Média Considerando o 1° Golpe = 29,37 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 28,05 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de Inspeção N° 02				
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F₁	F₂	F₃	F₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	5	4,8	7	6,5
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	4,9	4,2	6,4	5,8
Média Considerando o 1° Golpe = 5,8 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 5,3 mm/golpe				

3) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de Inspeção N° 02		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F₁	F₂
Considerando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	20,5	24,9
Desconsiderando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	19,7	24,1
Média Considerando o 1° Golpe = 22,7 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 21,9 mm/golpe		

Bairro: Promorar;

Rua: Eurípides C. da Cruz;

Poço de Inspeção: N° 01

1) Resultados do CPD obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de inspeção N° 01				
Período de maior Índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	10	10	9,5	8,5
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	7,78	7,78	8,33	7,22
Média Considerando o 1° Golpe = 9,50 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 7,78 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção N° 01				
Período de menor Índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	6	5,5	5,5	5,5
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	5	4,4	4,2	4,4
Média Considerando o 1° Golpe = 5,6 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 4,5 mm/golpe				

3) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção N° 01		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F ₁	F ₂
Considerando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	7,3	5,5
Desconsiderando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	7,3	4,7
Média Considerando o 1° Golpe = 6,4 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 6,0 mm/golpe		

Bairro: Promorar;

Rua: Eurípides C. da Cruz;

Poço de Inspeção: N° 02

1) Resultados do CPD obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de inspeção N° 02				
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	4,9	6,5	8	4,5
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	3,78	6,11	6,67	3,89
Média Considerando o 1° Golpe = 5,97 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 5,11 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de inspeção N° 02				
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	7	5,3	6	7
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	6,7	4,6	5,6	6,7
Média Considerando o 1° Golpe = 6,3 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 5,9 mm/golpe				

3) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de inspeção N° 02		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F ₁	F ₂
Considerando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	8,6	4,4
Desconsiderando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	8,4	4,2
Média Considerando o 1° Golpe = 6,5 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 6,3 mm/golpe		

Bairro: Cultés;

Rua: Bruxelas;

Poço de Inspeção: N° 01

1) Resultados do CPD obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 01				
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	10	10	9	9
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	9,4	8,9	7,8	8,3
Média Considerando o 1° Golpe = 9,5 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 8,6 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 01				
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	4,2	4,7	4,2	4
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	3,6	3,3	3,8	3,7
Média Considerando o 1° Golpe = 4,3 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 3,6 mm/golpe				

3) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 01		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F ₁	F ₂
Considerando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	3,8	4
Desconsiderando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	3,6	3,8
Média Considerando o 1° Golpe = 3,9 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 3,7 mm/golpe		

Bairro: Cultés;

Rua: Bruxelas;

Poço de Inspeção: N° 02

1) Resultados do CPD obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 02				
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1º Golpe				
(mm/golpe)	33	12,9	13,5	23,8
Desconsiderando o 1º Golpe				
(mm/golpe)	33,6	12,1	12,6	23,3
Média Considerando o 1º Golpe = 20,8 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1º Golpe = 20,4 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 02				
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1º Golpe				
(mm/golpe)	3,2	4,2	3,4	4,3
Desconsiderando o 1º Golpe				
(mm/golpe)	2,7	2,9	2,7	3,3
Média Considerando o 1º Golpe = 3,8 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1º Golpe = 2,9 mm/golpe				

3) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 02		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F ₁	F ₂
Considerando o 1º Golpe		
(mm/golpe)	22,5	30,2
Desconsiderando o 1º Golpe		
(mm/golpe)	21,7	28,8
Média Considerando o 1º Golpe = 26,3 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1º Golpe = 25,2 mm/golpe		

Bairro: Santa Rosa;

Rua: Almeida Barreto;

Poço de Inspeção: N° 01

1) Resultados do CPD obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 01				
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	6,7	7	9,7	8,5
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	6,6	6,1	9,7	8
Média Considerando o 1° Golpe = 8,0 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 7,6 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 01				
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	4,7	4,6	3,8	2,8
Desconsiderando o 1° Golpe				
(mm/golpe)	3,8	3,2	2,8	1,3
Média Considerando o 1° Golpe = 4,0 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 2,8 mm/golpe				

3) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 01		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F ₁	F ₂
Considerando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	6	8,1
Desconsiderando o 1° Golpe		
(mm/golpe)	5,8	7,8
Média Considerando o 1° Golpe = 7,1 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1° Golpe = 6,8 mm/golpe		

Bairro: Santa Rosa;

Rua: Almeida Barreto;

Poço de Inspeção: Nº 02

1) Resultados do CPD obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção Nº 02				
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1º Golpe				
(mm/golpe)	11,3	12,8	21	17,5
Desconsiderando o 1º Golpe				
(mm/golpe)	9,8	10,9	20	16,1
Média Considerando o 1º Golpe = 15,6 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1º Golpe = 14,2 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção Nº 02				
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1º Golpe				
(mm/golpe)	4	7,4	8,3	9,9
Desconsiderando o 1º Golpe				
(mm/golpe)	3,1	6,2	7,6	9,2
Média Considerando o 1º Golpe = 7,4 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1º Golpe = 6,5 mm/golpe				

3) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção Nº 02		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F ₁	F ₂
Considerando o 1º Golpe		
(mm/golpe)	14,6	9,1
Desconsiderando o 1º Golpe		
(mm/golpe)	14,4	9,1
Média Considerando o 1º Golpe = 11,8 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1º Golpe = 11,8 mm/golpe		

Bairro: Itararé;

Rua: José Carlos Cirino;

Poço de Inspeção: Nº 01

1) Resultados do CPD obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: José Carlos Cirino - Poço de Inspeção Nº 01				
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)				
Furos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Considerando o 1º Golpe				
(mm/golpe)	10,2	19,2	19,4	10,8
Desconsiderando o 1º Golpe				
(mm/golpe)	9,3	18,2	19,1	9,8
Média Considerando o 1º Golpe = 14,9 mm/golpe				
Média Desconsiderando o 1º Golpe = 14,1 mm/golpe				

2) Resultados do CPD obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: José Carlos Cirino - Poço de Inspeção Nº 01		
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm		
Furos	F ₁	F ₂
Considerando o 1º Golpe		
(mm/golpe)	8,5	8,4
Desconsiderando o 1º Golpe		
(mm/golpe)	8,3	8,2
Média Considerando o 1º Golpe = 8,4 mm/golpe		
Média Desconsiderando o 1º Golpe = 8,3 mm/golpe		

ANEXO - C

Cálculos resultantes dos ensaios do cone de penetração estática (CPE)

Bairro: Prata;

Rua: Alta Leite;

Poço de Inspeção: N° 01

1) Resultados do CPE obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Alta Leite - Poço de inspeção N° 01						
Período de maior Índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	115	50,55	495,39	5	5,23	946,96
F ₂	111	48,81	478,37	4,5	4,24	1128,9
F ₃	112	49,25	482,62	6	6,33	762,44
F ₄	117	51,42	503,91	4,5	4,24	1189,18
F ₅	110	48,38	474,11	4,8	4,82	983,37
F ₆	119	52,29	512,42	5	5,23	979,51
F ₇	120	52,72	516,68	4,5	4,24	1219,32
F ₈	117	51,42	503,91	4,5	4,24	1189,18
Pressão Média = 1049,86 kpa						

2) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Alta Leite - Poço de Inspeção N° 01						
Período de menor Índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	115	50,55	495,39	5	5,23	946,96
F ₂	110	48,38	474,11	5	5,23	906,27
F ₃	112	49,25	482,62	4	3,35	1441,48
F ₄	121	53,16	520,94	4	3,35	1555,92
F ₅	116	50,98	499,65	7	6,33	789,34
F ₆	119	52,29	512,42	7,5	6,33	809,51
F ₇	115	50,55	495,39	5,5	6,33	782,61
F ₈	125	54,89	537,97	8	6,33	849,87
Pressão Média = 1010,25 kpa						

Bairro: Prata;

Rua: Alta Leite;

Poço de Inspeção: Nº 02

1) Resultados do CPE obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Alta Leite - Poço de inspeção Nº 02						
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)						
Furo	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	113	49,68	486,88	4	3,35	1454,2
F ₂	115	50,55	495,39	6,8	6,33	782,61
F ₃	118	51,85	508,17	4	3,35	1517,77
F ₄	108	47,51	465,59	4	3,35	1390,62
F ₅	113	49,68	486,88	3,5	2,56	1899,36
F ₆	118	51,85	508,17	4	3,35	1517,77
F ₇	120	52,72	516,68	4,5	4,24	1219,32
F ₈	112	49,25	482,62	4,5	4,24	1138,95
Pressão Média = 1365,08 kpa						

2) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Alta Leite - Poço de inspeção Nº 02						
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	123	54,03	529,45	5,5	6,33	836,42
F ₂	105	46,21	452,82	4,5	4,24	1068,62
F ₃	101	44,47	435,79	5,5	6,33	688,46
F ₄	103	45,34	444,31	3,5	2,56	1733,28
F ₅	112	49,25	482,62	4	3,35	1441,48
F ₆	120	52,72	516,68	5,5	6,33	816,24
F ₇	113	49,68	486,88	3,5	2,56	1899,36
F ₈	110	48,38	474,11	4,5	4,24	1118,86
Pressão Média = 1200,34 kpa						

Bairro: Catolé;

Rua: Fernando Barbosa de Melo;

Poço de Inspeção: N° 01

1) Resultados do CPE obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de Inspeção N° 01						
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	114	50,12	491,14	2	0,84	5867,65
F ₂	116	50,98	499,65	2,5	1,31	3820,4
F ₃	114	50,12	491,14	2	0,84	5867,65
F ₄	112	49,25	482,62	2	0,84	5765,93
F ₅	110	48,38	474,11	2	0,84	5664,2
F ₆	117	51,42	503,91	2,5	1,31	3852,95
F ₇	118	51,85	508,17	3	1,88	2698,26
F ₈	120	52,72	516,68	2,7	1,53	3387
Pressão Média = 4615,5 kpa						

2) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de Inspeção N° 01						
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	117	51,42	503,91	1,9	0,76	6670,61
F ₂	104	45,77	448,56	1,5	0,47	9527,18
F ₃	114	50,12	491,14	1	0,21	23470,59
F ₄	118	51,85	508,17	1	0,21	24284,36
F ₅	114	50,12	491,14	2	0,84	5867,65
F ₆	114	50,12	491,14	2	0,84	5867,65
F ₇	114	50,12	491,14	2	0,84	5867,65
F ₈	119	52,29	512,42	2	0,84	6121,95
Pressão Média = 10959,7 kpa						

Bairro: Catolé;

Rua: Fernando Barbosa de Melo;

Poço de Inspeção: N° 02

1) Resultados do CPE obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de Inspeção N° 02						
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	110	48,38	474,11	3,5	2,56	1849,54
F ₂	114	50,12	491,14	5	5,23	938,82
F ₃	113	49,68	486,88	7	6,33	769,16
F ₄	115	50,55	495,39	5	5,23	946,96
F ₅	115	50,55	495,39	5	5,23	946,96
F ₆	112	49,25	482,62	4,5	4,24	1138,95
F ₇	112	49,25	482,62	4,5	4,24	1138,95
F ₈	115	50,55	495,39	4,5	4,24	1169,09
Pressão Média = 1112,3 kpa						

2) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de Inspeção N° 02						
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	122	53,59	525,19	2	0,84	6274,53
F ₂	125	54,89	537,97	1,5	0,47	11425,98
F ₃	112	49,25	482,62	1,5	0,47	10250,54
F ₄	118	51,85	508,17	1,5	0,47	10793,05
F ₅	120	52,72	516,68	1,2	0,3	17146,7
F ₆	118	51,85	508,17	2	0,84	6071,09
F ₇	109	47,94	469,85	1,5	0,47	9979,28
F ₈	110	48,38	474,11	1,5	0,47	10069,7
Pressão Média = 10251,4 kpa						

Bairro: Promorar;

Rua: Eurípides C. da Cruz;

Poço de Inspeção: N° 01

1) Resultados do CPE obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção N° 01						
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	91	40,12	393,22	3,5	2,56	1533,99
F ₂	100	44,03	431,54	3	1,88	2291,38
F ₃	110	48,38	474,11	4,5	4,24	1118,86
F ₄	99	43,6	427,28	2,5	1,31	3267,03
F ₅	107	47,08	461,34	4	3,35	1377,91
F ₆	115	50,55	495,39	1,9	0,76	6557,9
F ₇	109	47,94	469,85	5	5,23	898,14
F ₈	109	47,94	469,85	3	1,88	2494,82
Pressão Média = 2442,5 kpa						

2) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção N° 01						
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	121	53,16	520,94	1,5	0,47	11064,31
F ₂	114	50,12	491,14	2	0,84	5867,65
F ₃	116	50,98	499,65	1,5	0,47	10612,21
F ₄	114	50,12	491,14	1,5	0,47	10431,37
F ₅	109	47,94	469,85	1,5	0,47	9979,28
F ₆	108	47,51	465,59	1	0,21	22249,93
F ₇	114	50,12	491,14	2	0,84	5867,65
F ₈	114	50,12	491,14	1	0,21	23470,59
Pressão Média = 12442,9 kpa						

Bairro: Promorar;

Rua: Eurípides C. da Cruz;

Poço de Inspeção: N° 02

1) Resultados do CPE obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção N° 02						
Período de maior Índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	110	48,38	474,11	2,5	1,31	3625,09
F ₂	95	41,86	410,25	2	0,84	4901,29
F ₃	102	44,9	440,05	2	0,84	5257,32
F ₄	107	47,08	461,34	2	0,84	5511,62
F ₅	112	49,25	482,62	3	1,88	2562,63
F ₆	108	47,51	465,59	2	0,84	5562,48
F ₇	115	50,55	495,39	2,5	1,31	3787,85
F ₈	113	49,68	486,88	2,5	1,31	3722,74
Pressão Média = 4366,38 kpa						

2) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção N° 02						
Período de menor Índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	117	51,42	503,91	1,5	0,47	10702,63
F ₂	114	50,12	491,14	2	0,84	5867,65
F ₃	111	48,81	478,37	1,9	0,76	6332,48
F ₄	120	52,72	516,68	3	1,88	2743,47
F ₅	112	49,25	482,62	3	1,88	2562,63
F ₆	110	48,38	474,11	2	0,84	5664,2
F ₇	118	51,85	508,17	2,5	1,31	3885,5
F ₈	113	49,68	486,88	2,5	1,31	3722,74
Pressão Média = 5185,16 kpa						

Bairro: Cultés;

Rua: Bruxelas;

Poço de Inspeção: N° 01

1) Resultados do CPE obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 01						
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	110	48,38	474,11	4,5	4,24	1118,86
F ₂	112	49,25	482,62	4	3,35	1441,48
F ₃	118	51,85	508,17	4	3,35	1517,77
F ₄	120	52,72	516,68	3,5	2,56	2015,61
F ₅	116	50,98	499,65	3	1,88	2653,05
F ₆	114	50,12	491,14	4	3,35	1466,91
F ₇	107	47,08	461,34	5	5,23	881,86
F ₈	118	51,85	508,17	5	5,23	971,37
Pressão Média = 1508,37 kpa						

2) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 01						
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	124	54,46	533,71	1	0,21	25505,02
F ₂	114	50,12	491,14	1,5	0,47	10431,37
F ₃	111	48,81	478,37	1,9	0,76	6332,48
F ₄	114	50,12	491,14	1	0,21	23470,59
F ₅	122	53,59	525,19	2	0,84	6274,53
F ₆	117	51,42	503,91	1	0,21	24080,92
F ₇	115	50,55	495,39	2	0,84	5918,51
F ₈	116	50,98	499,65	1	0,21	23877,48
Pressão Média = 15736,4 kpa						

Bairro: Cultés;

Rua: Bruxelas;

Poço de Inspeção: N° 02

1) Resultados do CPE obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 02						
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kpa)
F ₁	109	47,94	469,85	4	3,35	1403,34
F ₂	110	48,38	474,11	4	3,35	1416,05
F ₃	118	51,85	508,17	2,5	1,31	3885,5
F ₄	102	44,9	440,05	4,5	4,24	1038,48
F ₅	113	49,68	486,88	3,5	2,56	1899,36
F ₆	109	47,94	469,85	3,5	2,56	1832,93
F ₇	102	44,9	440,05	4,5	4,24	1038,48
F ₈	93	40,99	401,74	4	3,35	1199,89
Pressão Média = 1714,25 kpa						

2) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 02						
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kpa)
F ₁	121	53,16	520,94	1,5	0,47	11064,31
F ₂	120	52,72	516,68	1	0,21	24691,25
F ₃	118	51,85	508,17	1	0,21	24284,36
F ₄	120	52,72	516,68	1	0,21	24691,25
F ₅	112	49,25	482,62	1,5	0,47	10250,54
F ₆	109	47,94	469,85	1	0,21	22453,38
F ₇	130	57,07	559,25	1	0,21	26725,68
F ₈	108	47,51	465,59	1,2	0,3	15451,34
Pressão Média = 19951,5 kpa						

Bairro: Santa Rosa;

Rua: Almeida Barreto;

Poço de Inspeção: N° 01

1) Resultados do CPE obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 01						
Período de maior Índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	104	45,77	448,56	4	3,35	1339,76
F ₂	111	48,81	478,37	3	1,88	2540,03
F ₃	102	44,9	440,05	4	3,35	1314,33
F ₄	113	49,68	486,88	2,5	1,31	3722,74
F ₅	115	50,55	495,39	3	1,88	2630,45
F ₆	116	50,98	499,65	3,5	2,56	1949,18
F ₇	113	49,68	486,88	4	3,35	1454,2
F ₈	121	53,16	520,94	5	5,23	995,79
Pressão Média = 1993,31 kpa						

2) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 01						
Período de menor Índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	107	47,08	461,34	1	0,21	22046,49
F ₂	94	41,43	405,99	0,9	0,17	23952,76
F ₃	112	49,25	482,62	0,9	0,17	28473,71
F ₄	99	43,6	427,28	0,8	0,13	31904,61
F ₅	96	42,3	414,51	0,9	0,17	24455,09
F ₆	108	47,51	465,59	1	0,21	22249,93
F ₇	109	47,94	469,85	0,8	0,13	35083,4
F ₈	149	65,32	640,14	1,4	0,41	15607,7
Pressão Média = 25471,7 kpa						

Bairro: Santa Rosa;

Rua: Almeida Barreto;

Poço de Inspeção: N° 02

1) Resultados do CPE obtidos na 1ª etapa dos ensaios em campo – Julho de 2007.

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 02						
Período de maior índice Pluviométrico (P = 106,7 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	114	50,12	491,14	4	3,35	1466,91
F ₂	103	45,34	444,31	4,5	4,24	1048,53
F ₃	110	48,38	474,11	4	3,35	1416,05
F ₄	112	49,25	482,62	5	5,23	922,55
F ₅	111	48,81	478,37	5	5,23	914,41
F ₆	107	47,08	461,34	5,5	6,33	728,81
F ₇	115	50,55	495,39	6	6,33	782,61
F ₈	117	51,42	503,91	8	6,33	796,06
Pressão Média = 1009,49 kpa						

2) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 02						
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	N° de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm²)	Pressão (kpa)
F ₁	109	47,94	469,85	3,5	2,56	1832,93
F ₂	103	45,34	444,31	1,5	0,47	9436,76
F ₃	121	53,16	520,94	2	0,84	6223,67
F ₄	112	49,25	482,62	1	0,21	23063,71
F ₅	116	50,98	499,65	1	0,21	23877,48
F ₆	106	46,64	457,08	1	0,21	21843,05
F ₇	106	46,64	457,08	0,9	0,17	26966,73
F ₈	112	49,25	482,62	1	0,21	23063,71
Pressão Média = 17038,5 kpa						

Bairro: Itararé;

Rua: Jose Carlos Cirino;

Poço de Inspeção: Nº 01

1) Resultados do CPE obtidos na 2ª etapa dos ensaios em campo – Novembro de 2007.

Rua: José Carlos Cirino - Poço de inspeção Único						
Período de menor índice Pluviométrico (P = 13,4 mm)						
Furo	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kpa)
F ₁	110	48,38	474,11	2,8	1,64	2889,9
F ₂	106	46,64	457,08	3,9	3,18	1436,1
F ₃	109	47,94	469,85	3	1,88	2494,82
F ₄	96	42,3	414,51	2,2	1,01	4092,69
F ₅	113	49,68	486,88	2,8	1,64	2967,75
F ₆	112	49,25	482,62	3	1,88	2562,63
F ₇	140	61,41	601,82	3	1,88	3195,57
F ₈	105	46,21	452,82	2,5	1,31	3462,34
Pressão Média = 2887,72 kpa						

3) Resultados do CPE obtidos na 3ª etapa dos ensaios em campo – Junho de 2008.

Rua: Alta Leite - Poço de Inspeção Nº 01						
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm						
Furos	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kPa)
Furo - 1	118	51,85	508,13	5,5	6,33	802,79
Furo - 2	117	51,42	503,92	5,5	6,33	796,06
Furo - 3	123	54,03	529,49	5,5	6,33	836,42
Furo - 4	120	52,72	516,66	5,5	6,33	816,24
Furo - 5	133	58,37	572,03	5,5	6,33	903,67
Pressão Média =				0,831	MPa	

Rua: Alta Leite - Poço de Inspeção Nº 02						
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm						
Furos	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kPa)
Furo - 1	122	53,59	525,18	5,0	5,23	1003,93
Furo - 2	111	48,81	478,34	5,5	6,33	755,71
Furo - 3	118	51,85	508,13	4,5	4,24	1199,23
Furo - 4	117	51,42	503,92	4,5	4,24	1189,18
Furo - 5	120	52,72	516,66	4,5	4,24	1219,32
Pressão Média =				1,073	MPa	

Rua: Fernando Barbosa de Melo - Poço de Inspeção Nº 01						
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm						
Furos	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kPa)
Furo - 1	124	54,26	531,75	4,5	4,24	1259,51
Furo - 2	121	53,16	520,97	4,0	3,35	1555,92
Furo - 3	124	54,46	533,71	4,5	4,24	1259,51
Furo - 4	129	56,63	554,97	4,0	3,35	1657,64
Furo - 5	128	55,98	548,60	5,5	6,33	866,68
Pressão Média =				1,320	MPa	

Rua: Fernando Barbosa de Melo - Poço de Inspeção Nº 02						
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm						
Furos	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kPa)
Furo - 1	123	54,03	529,49	5,5	6,33	836,42
Furo - 2	124	54,46	533,71	5,5	6,33	843,14
Furo - 3	125	54,89	537,92	5,5	6,33	849,87
Furo - 4	123	54,03	529,49	5,5	6,33	836,42
Furo - 5	111	48,81	478,34	5,5	6,33	755,71
Pressão Média = 0,824 MPa						

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção Nº 01						
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm						
Furos	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kPa)
Furo - 1	115	50,55	495,39	1,5	0,47	10521,79
Furo - 2	106	46,64	457,07	3,0	1,88	2427,01
Furo - 3	111	48,81	478,34	2,5	1,31	3657,64
Furo - 4	108	47,51	465,60	2,0	0,84	5562,48
Furo - 5	111	48,81	478,34	4,0	3,35	1428,77
Pressão Média = 4,720 MPa						

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção Nº 02						
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm						
Furos	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kPa)
Furo - 1	117	51,42	503,92	4,5	4,24	1189,18
Furo - 2	115	50,55	495,39	4,0	3,35	1479,63
Furo - 3	119	52,29	512,44	4,5	4,24	1209,27
Furo - 4	121	53,16	520,97	4,0	3,35	1555,92
Furo - 5	125	54,89	537,92	5,5	6,33	849,87
Pressão Média = 1,257 MPa						

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção Nº 01						
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm						
Furos	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kPa)
Furo - 1	115	50,55	495,39	4,0	3,35	1479,63
Furo - 2	127	55,76	546,45	4,0	3,35	1632,21
Furo - 3	113	49,68	486,86	4,5	4,24	1148,99
Furo - 4	112	49,25	482,65	3,0	1,88	2562,63
Furo - 5	100	44,03	431,49	3,0	1,88	2291,38
Pressão Média = 1,823 MPa						

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção Nº 02						
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm						
Furos	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kPa)
Furo - 1	107	47,08	461,38	5,5	6,33	728,81
Furo - 2	113	49,68	486,86	5,5	6,33	769,16
Furo - 3	109	47,94	469,81	5,5	6,33	742,26
Furo - 4	113	49,68	486,86	5,5	6,33	769,16
Furo - 5	122	53,59	525,18	5,5	6,33	829,69
Pressão Média = 0,768 MPa						

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção Nº 01						
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm						
Furos	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kPa)
Furo - 1	122	53,59	525,18	5,5	6,33	829,69
Furo - 2	125	54,89	537,92	5,0	5,23	1028,34
Furo - 3	122	53,59	525,18	5,0	5,23	1003,93
Furo - 4	123	54,03	529,49	4,0	3,35	1581,35
Furo - 5	135	59,24	580,55	5,0	5,23	1109,72
Pressão Média = 1,111 MPa						

Rua: Almeida Barreto - Poço de Inspeção Nº 02						
Índice Pluviométrico do mês de Junho: P = 97,8 mm						
Furos	Nº de Divisões	Carga Aplicada (kgf)	Carga Aplicada (N)	Penetração (cm)	Área (cm ²)	Pressão (kPa)
Furo - 1	111	48,60	476,28	4,0	3,35	1422,41
Furo - 2	119	52,29	512,44	3,5	2,56	1999,00
Furo - 3	129	56,63	554,97	3,8	3,02	1836,72
Furo - 4	118	51,85	508,13	4,5	4,24	1199,23
Furo - 5	129	56,63	554,97	2,8	1,64	3382,94
Pressão Média = 1,968 MPa						

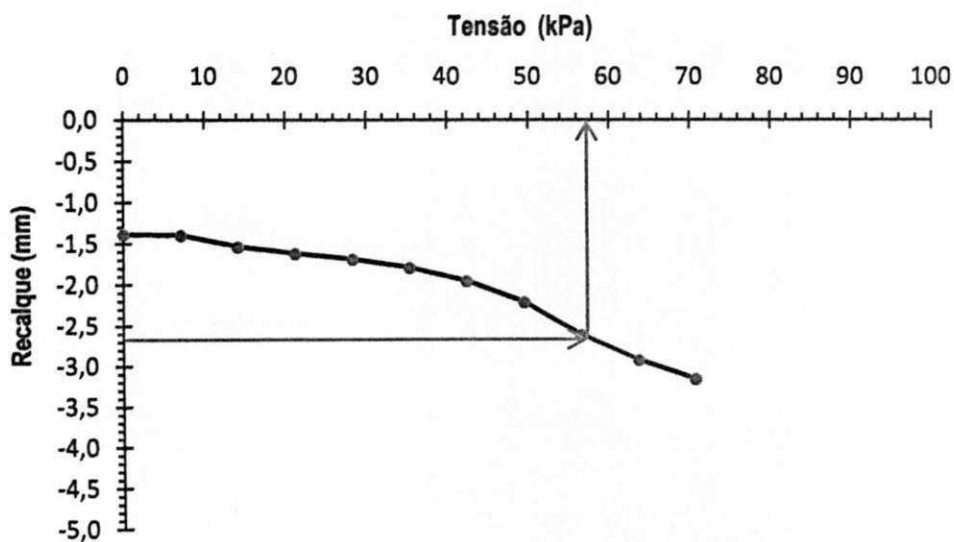
ANEXO - D

Valores dos coeficientes de recalque obtidos por meio dos gráficos: Tensão X Recalque

Rua Alta Leite – Poço de Inspeção N° 02

Rua: Alta Leite - Poço de inspeção N° 02	
Tensão (kPa)	Recalque (mm)
0,00	1,383
7,07	1,390
14,14	1,530
21,22	1,612
28,29	1,680
35,36	1,785
42,43	1,948
49,50	2,205
56,58	2,610
63,65	2,925
70,72	3,165

Gráfico: Tensão X Recalque

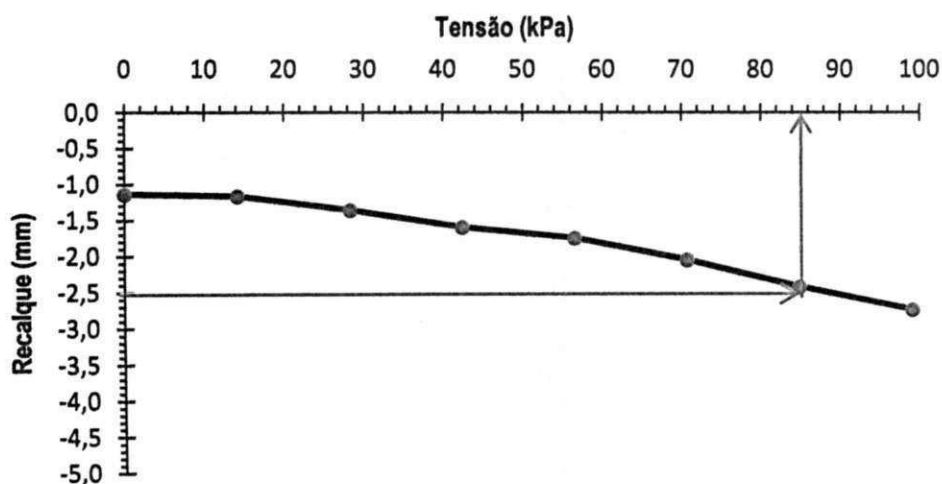


- Raio da placa = 0,15 m;
- Módulo de Elasticidade = 8013,78 kPa;
- Valor da Tensão para 1,27 mm = 57,5 kPa;
- Coeficiente de Reação do solo (k) = 45,28 MPa/m.

Rua Fernando Barbosa de Melo – Poço de Inspeção N° 01

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de inspeção N° 01	
Tensão (kPa)	Recalque (mm)
0,00	1,133
14,14	1,160
28,29	1,353
42,43	1,593
56,58	1,748
70,72	2,052
84,87	2,425
99,01	2,753

Gráfico: Tensão X Recalque

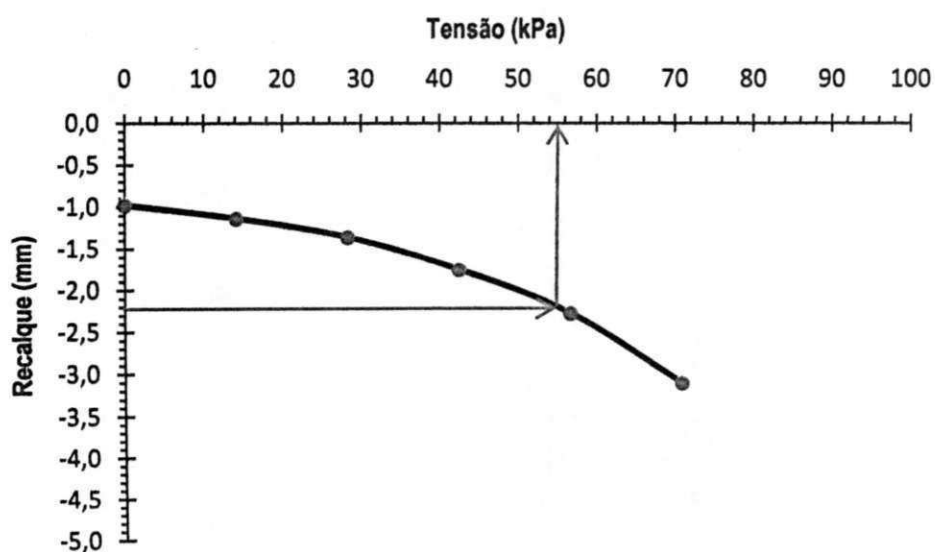


- Raio da placa = 0,15 m;
- Módulo de Elasticidade = 11776,77 kPa;
- Valor da Tensão para 1,27 mm = 84,5 kPa;
- Coeficiente de Reação do solo (k) = **66,54 MPa/m.**

Rua Fernando Barbosa de Melo – Poço de Inspeção N° 02

Rua: Fernando B. de Melo - Poço de inspeção N° 02	
Tensão (kPa)	Recalque (mm)
0,00	0,975
14,14	1,135
28,29	1,358
42,43	1,749
56,58	2,278
70,72	3,120

Gráfico: Tensão X Recalque

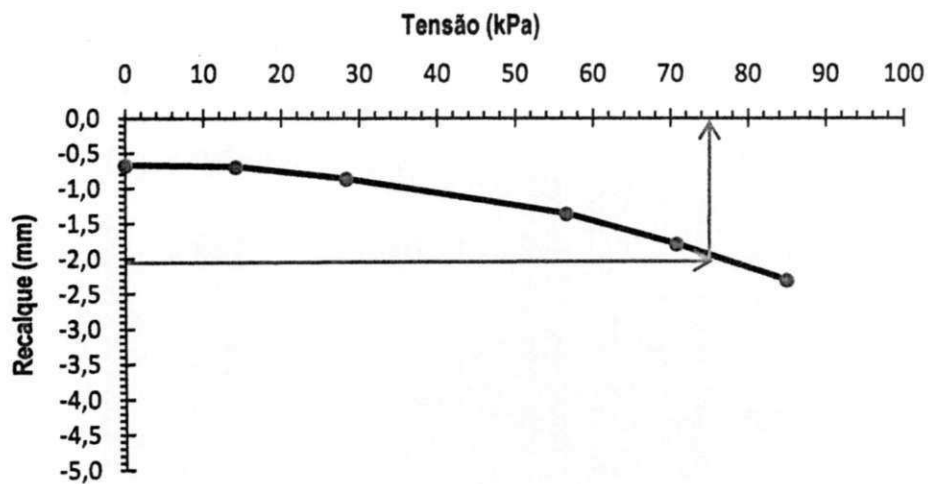


- Raio da placa = 0,15 m;
- Módulo de Elasticidade = 7776,85 kPa;
- Valor da Tensão para 1,27 mm = 55,8 kPa;
- Coeficiente de Reação do solo (k) = 43,94 MPa/m.

Rua Eurípides C. da Cruz – Poço de Inspeção N° 01

Rua: Eurípides C. da Cruz - Poço de inspeção N° 01	
Tensão (kPa)	Recalque (mm)
0,00	0,663
14,14	0,685
28,29	0,860
56,58	1,358
70,72	1,793
84,87	2,305

Gráfico: Tensão X Recalque

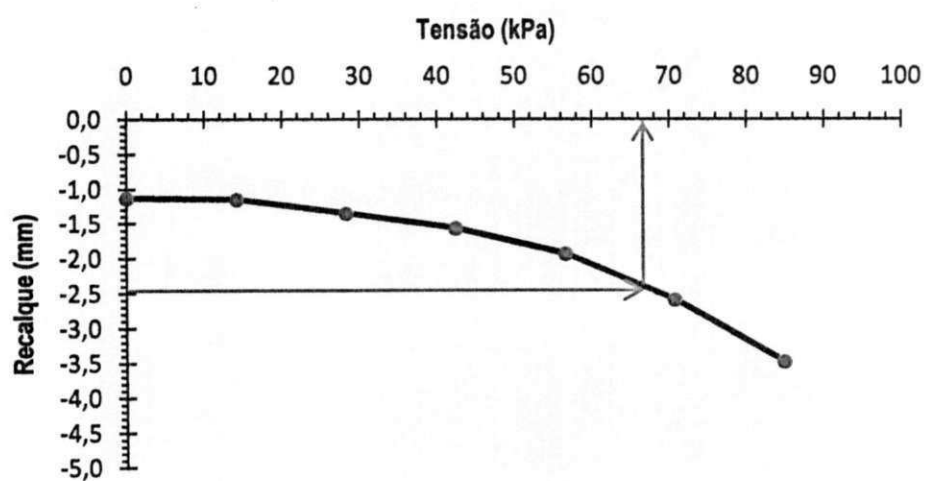


- Raio da placa = 0,15 m;
- Módulo de Elasticidade = 10424,88 kPa;
- Valor da Tensão para 1,27 mm = 74,8 kPa;
- Coeficiente de Reação do solo (k) = 58,90 MPa/m.

Rua Bruxelas – Poço de Inspeção N° 02

Rua: Bruxelas - Poço de Inspeção N° 02	
Tensão (kPa)	Recalque (mm)
0,00	1,125
14,14	1,141
28,29	1,341
42,43	1,565
56,58	1,929
70,72	2,588
84,87	3,473

Gráfico: Tensão X Recalque

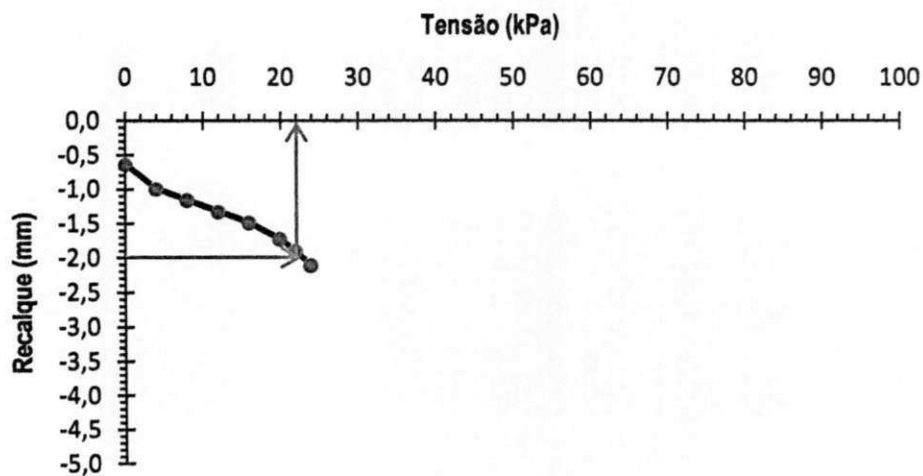


- Raio da placa = 0,15 m;
- Módulo de Elasticidade = 9309,92 kPa;
- Valor da Tensão para 1,27 mm = 66,8 kPa;
- Coeficiente de Reação do solo (k) = 52,60 MPa/m.

Rua Almeida Barreto – Poço de Inspeção N° 01

Rua: Almeida Barreto - Poço de inspeção N° 01	
Tensão (kPa)	Recalque (mm)
0,00	0,625
3,98	0,985
7,96	1,153
11,94	1,318
15,91	1,483
19,89	1,718
21,90	1,895
23,87	2,105

Gráfico: Tensão X Recalque

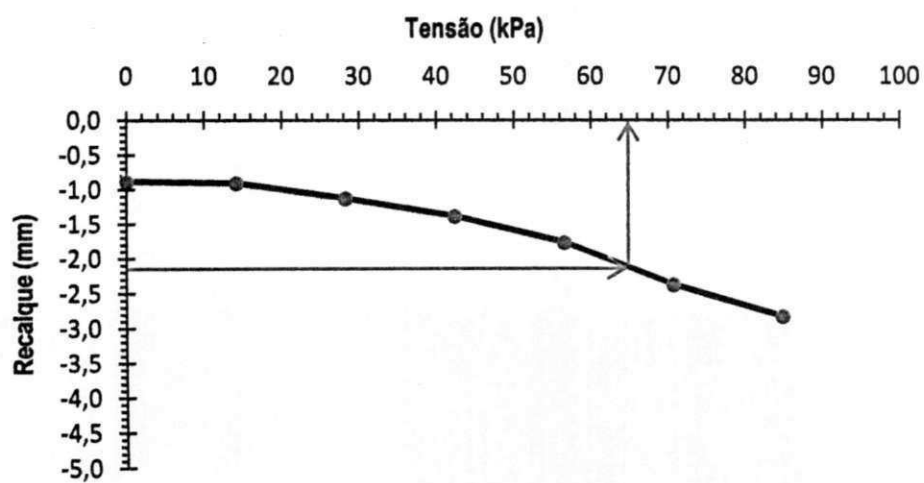


- Raio da placa = 0,40 m;
- Módulo de Elasticidade = 8176,38 kPa;
- Valor da Tensão para 1,27 mm = 22,0 kPa;
- Coeficiente de Reação do solo (k) = 17,32 MPa/m.

Rua Almeida Barreto – Poço de Inspeção N° 02

Rua: Almeida Barreto - Poço de inspeção N° 02	
Tensão (kPa)	Recalque (mm)
0,00	0,877
14,14	0,902
28,29	1,123
42,43	1,384
56,58	1,763
70,72	2,380
84,87	2,835

Gráfico: Tensão X Recalque

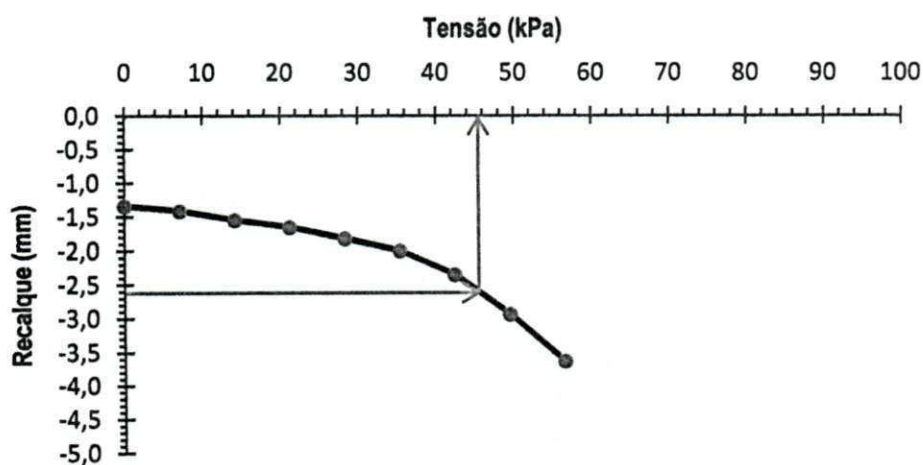


- Raio da placa = 0,15 m;
- Módulo de Elasticidade = 9100,87 kPa;
- Valor da Tensão para 1,27 mm = 65,3 kPa;
- Coeficiente de Reação do solo (k) = 51,42 MPa/m.

Rua José Carlos Cirino – Poço de Inspeção Único

Rua: José Carlos Cirino - Poço de Inspeção Único	
Tensão (kPa)	Recalque (mm)
0,00	1,335
7,07	1,405
14,14	1,543
21,22	1,650
28,29	1,815
35,36	1,995
42,43	2,348
49,50	2,935
56,58	3,623

Gráfico: Tensão X Recalque

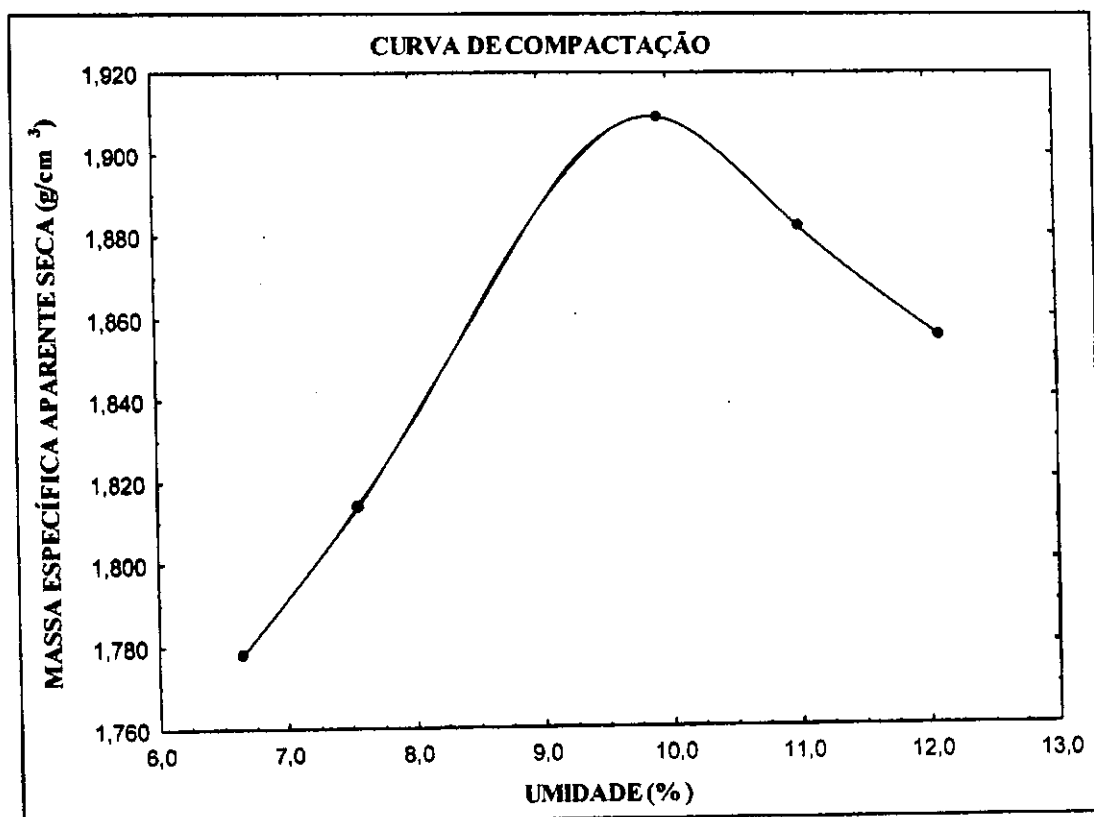


- Raio da placa = 0,15 m;
- Módulo de Elasticidade = 6341,34 kPa;
- Valor da Tensão para 1,27 mm = 45,5 kPa;
- Coeficiente de Reação do solo (k) = 35,83 MPa/m.

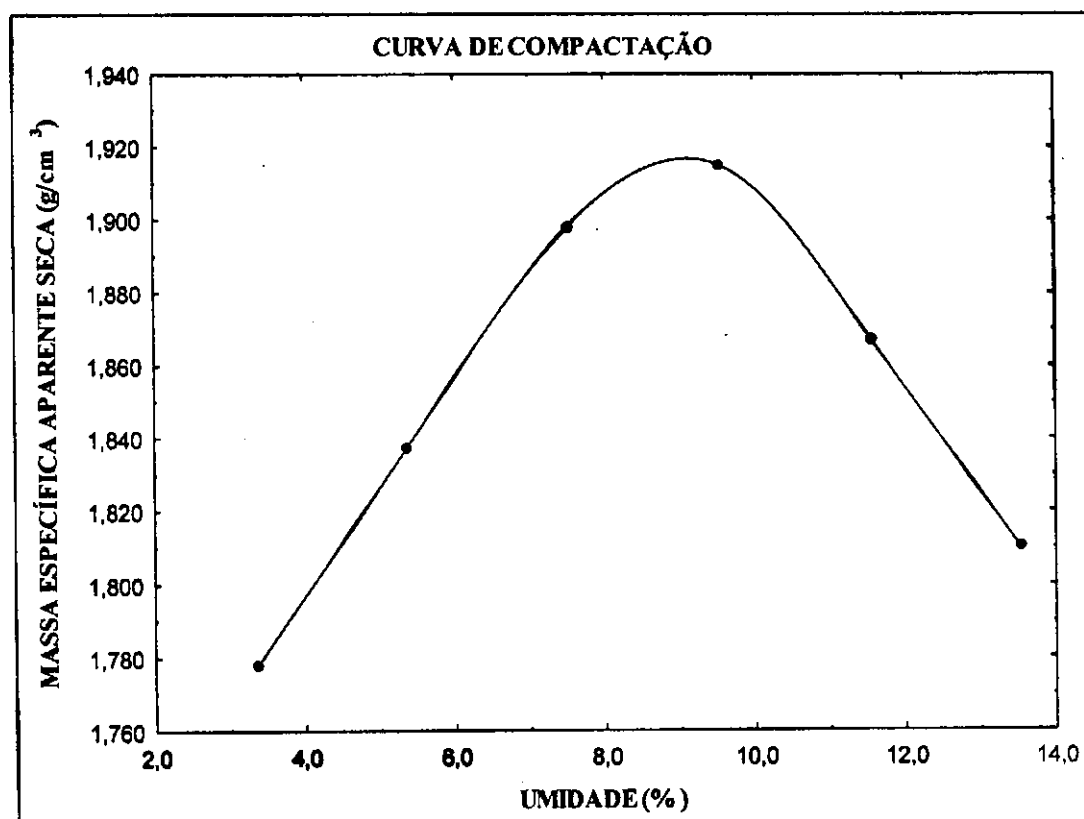
ANEXO - E

Planilhas de cálculo e gráficos referentes aos ensaios de compactação

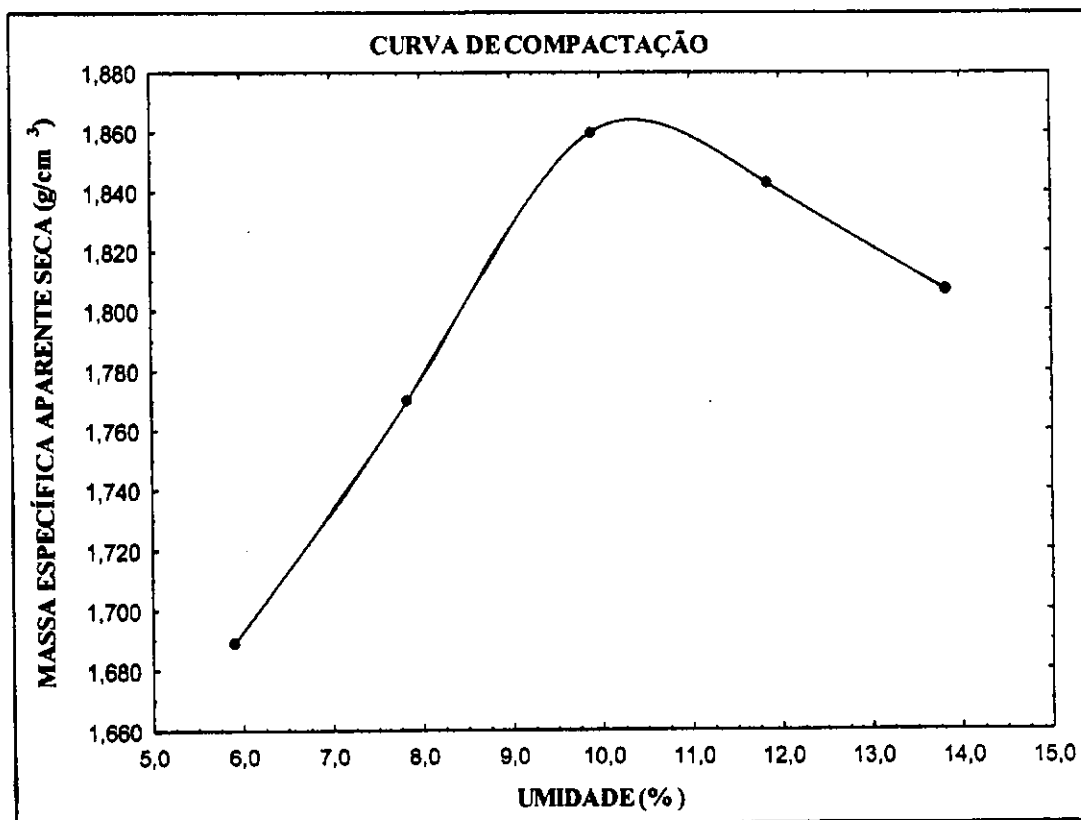
RODOVIATRECHO:		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: LABORATÓRIO DE SOLOS II - UFCG				REGISTRO Nº: 01						
BAIRRO: PRATA		RUA: ALTA LEITE		POÇO: 1		ys máx = 1,910 g/cm ³						
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA						Hót = 9,8 %						
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA				MOLDE Nº:		16						
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm ³):		2103,85						
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		68,61	58,43	PESO DO MOLDE (g):		4310						
PESO BRUTO SECO (g)		67,92	57,77	DNIT:		ME - 162/94						
TARA DA CÁPSULA (g)		21,87	14,57	ENERGIA:		NORMAL						
PESO DA ÁGUA (g)		0,69	0,66	GOLPES/CAMADAS		12 GOLPES						
PESO DO SOLO SECO (g)		46,05	43,20	Nº DA CAMADAS		5 CAMADAS						
UMIDADE (%)		1,50	1,53									
UMIDADE MÉDIA (%)		1,51										
PONTONº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE						UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO	
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS			UMIDADE
	g	g	g/cm ³	-	g	g	g	g	g	%	%	g/cm ³
1	8300	3990	1,90	A1	83,30	79,03	14,49	4,27	64,54	6,62	6,65	1,778
				B1	92,59	87,67	14,14	4,92	73,53	6,69		
2	8415	4105	1,95	C1	103,60	97,27	13,83	6,33	83,44	7,59	7,56	1,814
				D1	99,82	93,82	14,17	6,00	79,65	7,53		
3	8725	4415	2,10	E1	110,67	101,93	13,77	8,74	88,16	9,91	9,93	1,909
				F1	127,26	117,03	14,16	10,23	102,87	9,94		
4	8705	4395	2,09	G1	135,59	123,58	14,50	12,01	109,08	11,01	11,01	1,882
				H1	136,59	124,58	15,50	12,01	109,08	11,01		
5	8684	4374	2,08	I1	136,12	123,11	15,50	13,01	107,61	12,09	12,09	1,855
				J1	135,12	122,11	14,50	13,01	107,61	12,09		



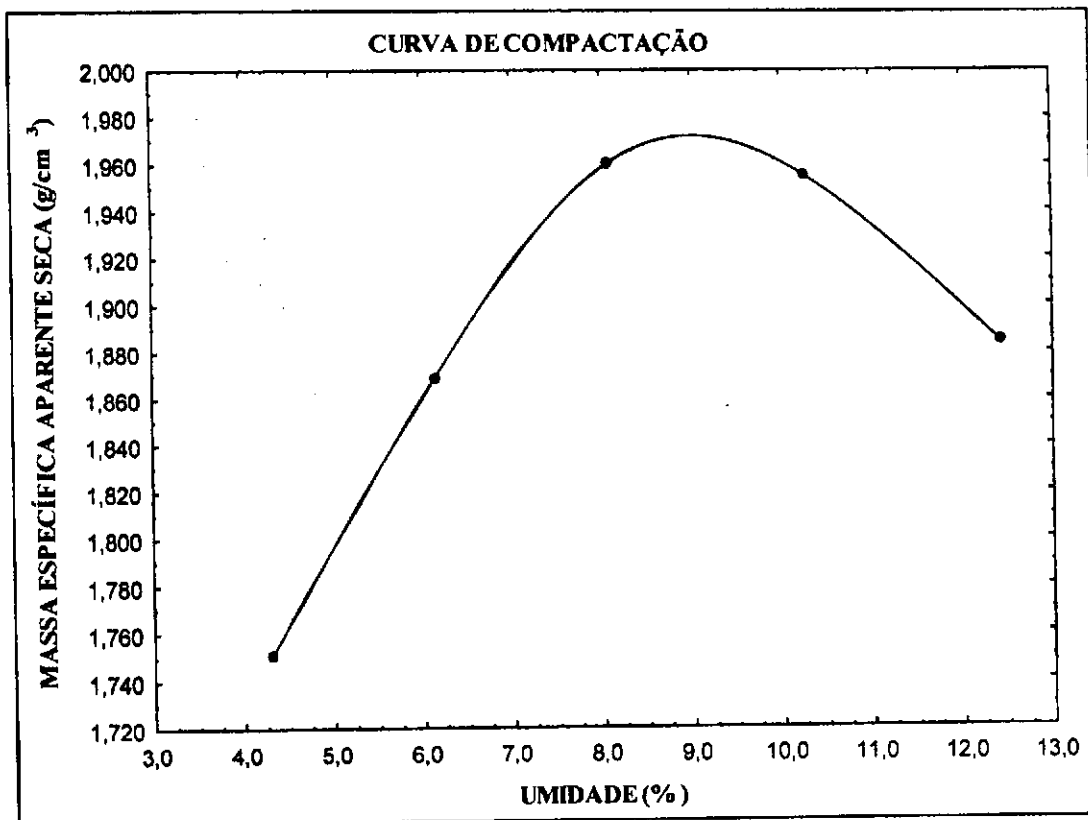
RODOVIATRECHO:		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO:				REGISTRO Nº: 02						
BAIRRO: PRATA		RUA: ALTA LEITE		POÇO: 2		ys máx = 1,918 g/cm ³						
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA						Hót = 9,1 %						
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA				MOLDE Nº:		8						
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm ³):		2086,77						
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		156,26	164,22	PESO DO MOLDE (g):		4285						
PESO BRUTO SECO (g)		155,63	163,43	DNIT:		ME - 162/84						
TARA DA CÁPSULA (g)		15,09	14,85	ENERGIA:		NORMAL						
PESO DA ÁGUA (g)		0,63	0,79	GOLPES/CAMADAS		12 GOLPES						
PESO DO SOLO SECO (g)		140,54	148,58	Nº DA CAMADAS		5 CAMADAS						
UMIDADE (%)		0,45	0,53									
UMIDADE MÉDIA (%)		0,49										
PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE							UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS	UMIDADE		
	g	g	g/cm ³	-	g	g	g	g	g	%	%	g/cm ³
1	8119	3834	1,84	A1	115,11	111,82	13,65	3,29	98,17	3,35	3,36	1,778
				B1	120,94	117,44	13,36	3,50	104,08	3,36		
2	8323	4038	1,94	C1	121,55	116,08	13,45	5,47	102,63	5,33	5,35	1,837
				D1	114,59	109,46	13,76	5,13	95,70	5,36		
3	8542	4257	2,04	E1	115,84	108,64	13,02	7,20	95,62	7,53	7,51	1,898
				F1	125,29	117,53	13,81	7,76	103,72	7,48		
4	8663	4378	2,10	G1	121,54	111,66	7,63	9,88	104,03	9,50	9,54	1,915
				H1	129,98	119,80	13,62	10,18	106,18	9,59		
5	8631	4346	2,08	I1	128,54	116,68	14,05	11,86	102,63	11,56	11,56	1,867
				J1	128,14	116,32	14,14	11,82	102,18	11,57		
6	8572	4287	2,05	L1	194,07	172,51	13,39	21,56	159,12	13,55	13,53	1,810
				M1	204,33	181,69	14,04	22,64	167,65	13,50		



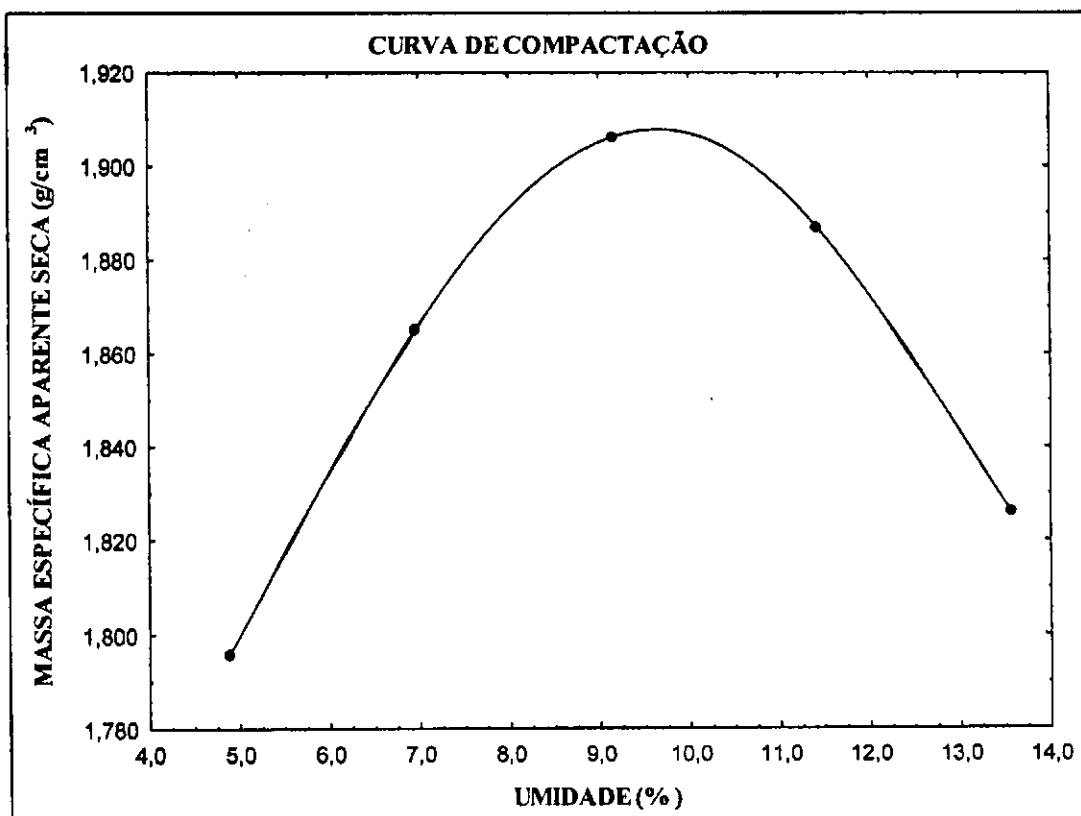
TRECHO/RODOVIA		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: LABORATÓRIO DE SOLOS II - UFCG				REGISTRO Nº: 03						
BAIRRO: SANTA ROSA		RUA: ALMEIDA BARRETO		POÇO: 1		ys máx = 1,865 g/cm³						
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA						Hót = 10,4 %						
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA				MOLDE Nº:		8						
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm³):		2086,77						
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		139,66	138,74	PESO DO MOLDE (g):		4285						
PESO BRUTO SECO (g)		138,58	137,61	DNIT:		ME - 162/94						
TARA DA CÁPSULA (g)		13,92	13,81	ENERGIA:		NORMAL						
PESO DA ÁGUA (g)		1,08	1,13			5 CAMADAS						
PESO DO SOLO SECO (g)		124,66	123,80									
UMIDADE (%)		0,87	0,91									
UMIDADE MÉDIA (%)		0,89										
PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE						UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO	
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS			UMIDADE
	g	g	g/cm³	-	g	g	g	g	g	%	%	g/cm³
1	8018	3733	1,79	A1	125,74	119,47	13,39	6,27	106,08	5,91	5,91	1,689
				B1	127,90	121,49	13,17	6,41	108,32	5,92		
2	8267	3982	1,91	C1	111,97	104,83	14,07	7,14	90,76	7,87	7,84	1,770
				D1	123,12	115,18	13,45	7,94	101,73	7,80		
3	8551	4266	2,04	E1	131,99	121,32	14,08	10,67	107,24	9,95	9,91	1,860
				F1	125,03	115,01	13,49	10,02	101,52	9,87		
4	8587	4302	2,06	G1	130,06	117,74	13,76	12,32	103,98	11,85	11,85	1,843
				H1	131,12	118,72	14,12	12,40	104,60	11,85		
5	8578	4293	2,06	I1	137,95	122,76	13,37	15,19	109,39	13,89	13,83	1,807
				J1	139,42	124,33	14,83	15,09	109,50	13,78		



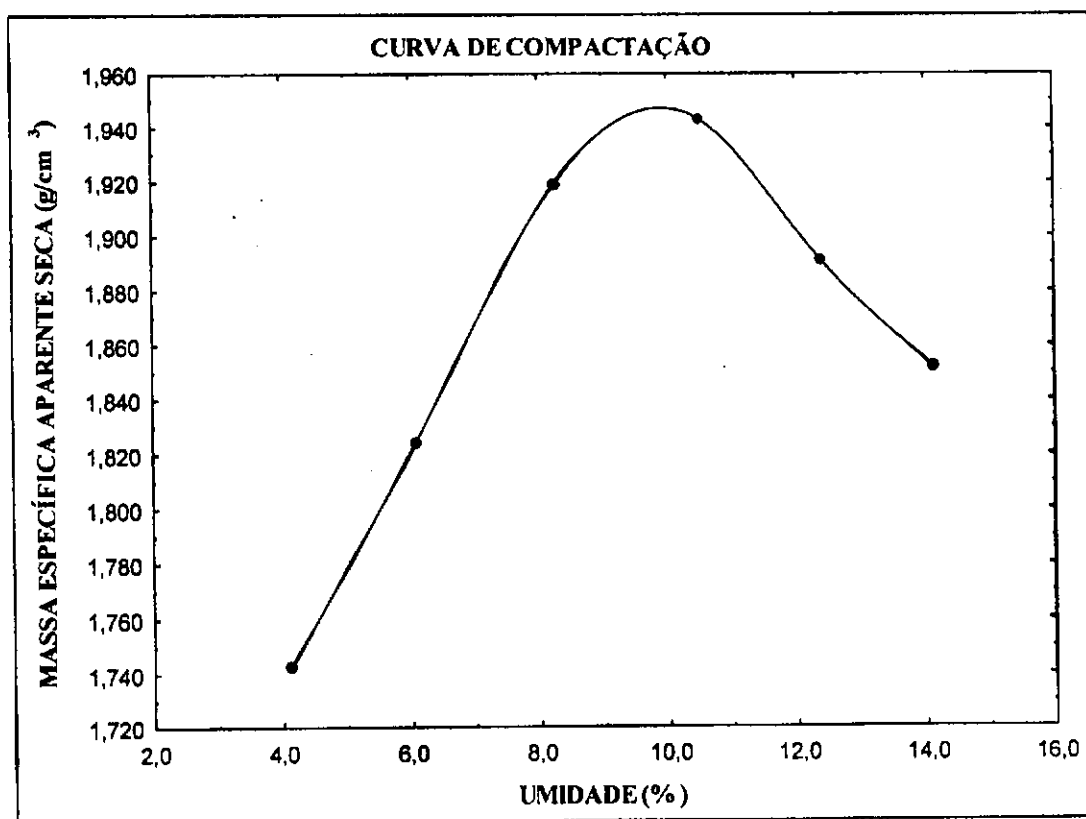
TRECHO/RODOVIA		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: LABORATÓRIO DE SOLOS II - UFCG					REGISTRO Nº: 04					
BAIRRO: SANTA ROSA		RUA: ALMEIDA BARRETO		POÇO: 2		ys máx = 1,970 g/cm ³						
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA						Hót = 9,0 %						
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA				MOLDE Nº:		8						
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm ³):		2086,77						
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		120,37	116,83	PESO DO MOLDE (g):		4285						
PESO BRUTO SECO (g)		119,26	115,82	DNIT:		ME - 162/94						
TARA DA CÁPSULA (g)		14,00	7,55	ENERGIA:		NORMAL						
PESO DA ÁGUA (g)		1,11	1,01			Nº DA CAMADAS						
PESO DO SOLO SECO (g)		105,26	108,27			5 CAMADAS						
UMIDADE (%)		1,05	0,93									
UMIDADE MÉDIA (%)		0,99										
PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE							UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS	UMIDADE		
	g	g	g/cm ³	-	g	g	g	g	g	%	%	g/cm ³
1	8095	3810	1,83	A1	122,67	118,34	14,11	4,33	104,23	4,15	4,31	1,750
				B1	111,55	107,39	14,06	4,16	93,33	4,46		
2	8426	4141	1,98	C1	118,87	112,70	13,18	6,17	99,52	6,20	6,14	1,870
				D1	119,74	113,69	14,11	6,05	99,58	6,08		
3	8704	4419	2,12	E1	124,71	116,32	13,41	8,39	102,91	8,15	8,08	1,959
				F1	123,18	115,10	14,11	8,08	100,99	8,00		
4	8785	4500	2,16	G1	125,61	115,14	13,42	10,47	101,72	10,29	10,26	1,956
				H1	129,89	119,05	13,02	10,84	106,03	10,22		
5	8704	4419	2,12	I1	167,99	150,99	13,79	17,00	137,20	12,39	12,43	1,886
				J1	202,17	181,42	15,00	20,75	166,42	12,47		



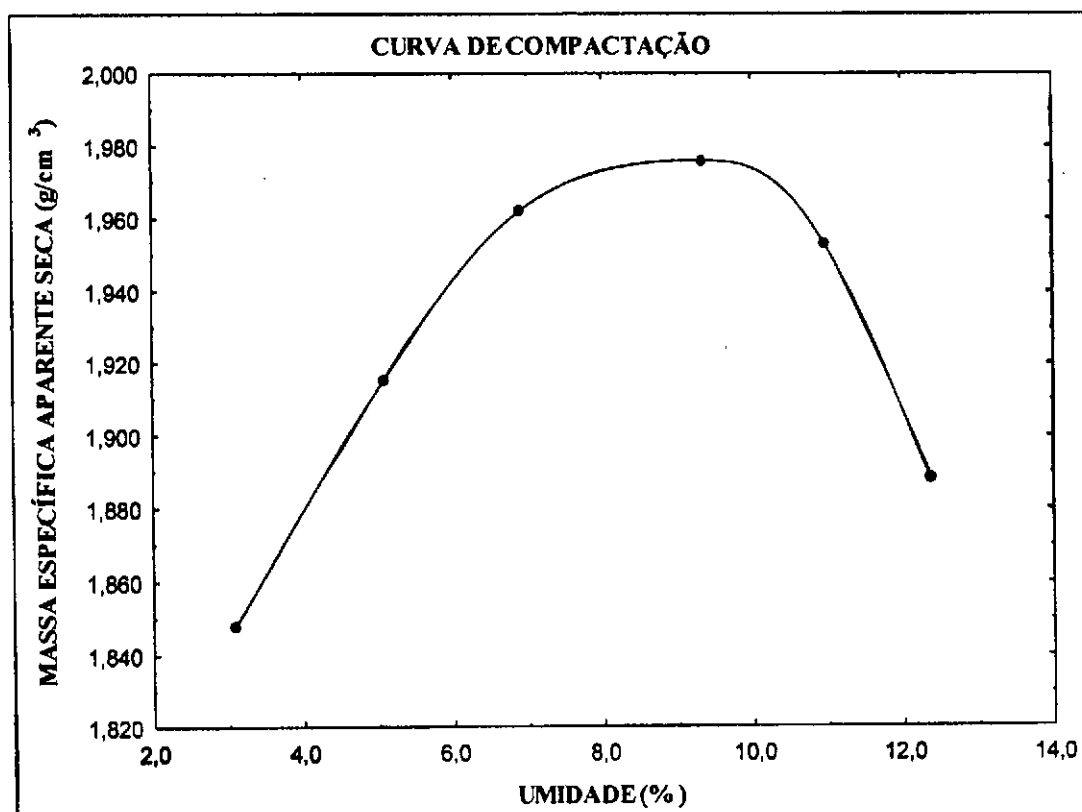
RODOVIA/TRECHO:		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: LABORATÓRIO DE SOLOS II - UFCG				REGISTRO Nº: 05						
BAIRRO: PROMORAR		RUA: EURÍPIDES C. DA CRUZ		POÇO: 1		γ _s máx = 1,908 g/cm ³						
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA						Hót = 9,6 %						
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA				MOLDE Nº:		80		GOLPES/CAMADAS				
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm ³):		2088,41		12 GOLPES				
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		113,31	120,15	PESO DO MOLDE (g):		4605		Nº DA CAMADAS				
PESO BRUTO SECO (g)		112,58	119,26	DNIT:		ME - 162/94		5 CAMADAS				
TARA DA CÁPSULA (g)		15,15	15,62	ENERGIA:		NORMAL						
PESO DA ÁGUA (g)		0,73	0,89									
PESO DO SOLO SECO (g)		97,43	103,64									
UMIDADE (%)		0,75	0,86									
UMIDADE MÉDIA (%)		0,80										
PONTOS	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE						UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO	
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS			UMIDADE
	g	g	g/cm ³	-	g	g	g	g	g	%	%	g/cm ³
1	8540	3935	1,88	C1	83,88	80,67	15,09	3,21	65,58	4,89	4,89	1,796
				D1	82,23	79,12	15,45	3,11	63,67	4,88		
2	8770	4165	1,99	E1	84,31	79,78	14,96	4,53	64,82	6,99	6,96	1,865
				F1	85,63	81,08	15,42	4,55	65,66	6,93		
3	8950	4345	2,08	G1	86,43	80,54	15,79	5,89	64,75	9,10	9,15	1,906
				H1	78,49	73,17	15,34	5,32	57,83	9,20		
4	8995	4390	2,10	I1	96,86	88,47	15,14	8,39	73,33	11,44	11,42	1,887
				J1	85,48	78,40	16,27	7,08	62,13	11,40		
5	8935	4330	2,07	L1	83,18	75,11	15,43	8,07	59,68	13,52	13,56	1,826
				M1	81,12	73,23	15,19	7,89	58,04	13,59		



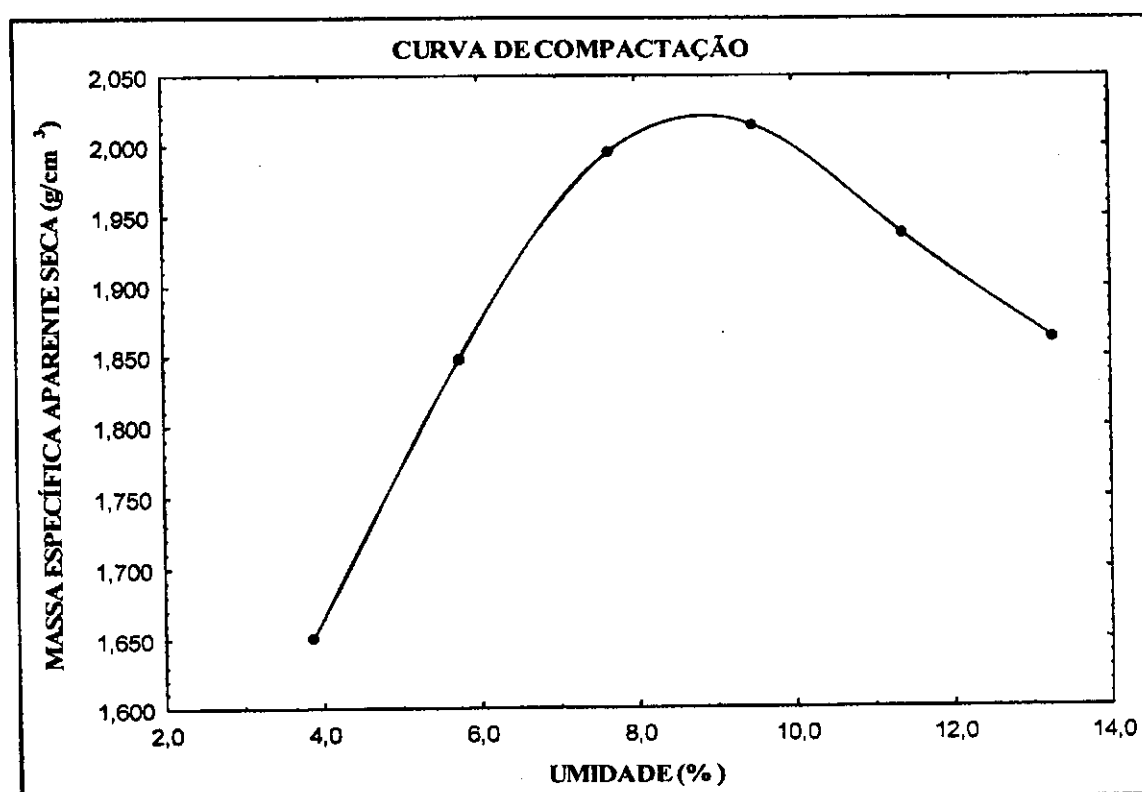
RODOVIATRECHO:		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: LABORATÓRIO DE SOLOS II - UFCG				REGISTRO Nº: 06						
BAIRRO: PROMORAR		RUA: EURÍPIDES C. DA CRUZ		POÇO: 2		ys máx = 1,948 g/cm ³						
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA						Hót = 9,9 %						
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA				MOLDE Nº:		8		GOLPES/CAMADAS				
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm ³):		2086,77		12 GOLPES				
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		124,21	128,24	PESO DO MOLDE (g):		4285		Nº DA CAMADAS				
PESO BRUTO SECO (g)		123,03	127,02	DNIT:		ME - 162/94		5 CAMADAS				
TARA DA CÁPSULA (g)		13,49	13,88	ENERGIA:		NORMAL						
PESO DA ÁGUA (g)		1,18	1,22									
PESO DO SOLO SECO (g)		109,54	113,14									
UMIDADE (%)		1,08	1,08									
UMIDADE MÉDIA (%)		1,08										
PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE							UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS	UMIDADE		
	g	g	g/cm ³	-	g	g	g	g	g	%	%	g/cm ³
1	8072	3787	1,81	A1	120,50	116,24	13,32	4,26	102,92	4,14	4,13	1,743
				B1	123,25	118,96	14,80	4,29	104,16	4,12		
2	8322	4037	1,93	C1	119,05	113,06	14,78	5,99	98,28	6,09	6,07	1,824
				D1	118,08	112,14	14,03	5,94	98,11	6,05		
3	8619	4334	2,08	E1	106,88	99,75	13,79	7,13	85,96	8,29	8,24	1,919
				F1	113,03	105,54	14,04	7,49	91,50	8,19		
4	8766	4481	2,15	G1	112,42	102,97	13,22	9,45	89,75	10,53	10,51	1,943
				H1	107,16	98,32	14,04	8,84	84,28	10,49		
5	8719	4434	2,12	I1	124,09	111,83	13,27	12,26	98,56	12,44	12,39	1,886
				J1	115,63	104,45	13,88	11,18	90,57	12,34		
6	8695	4410	2,11	L1	186,24	164,81	14,01	21,43	150,80	14,21	14,12	1,852
				M1	190,80	169,00	13,70	21,80	155,30	14,04		



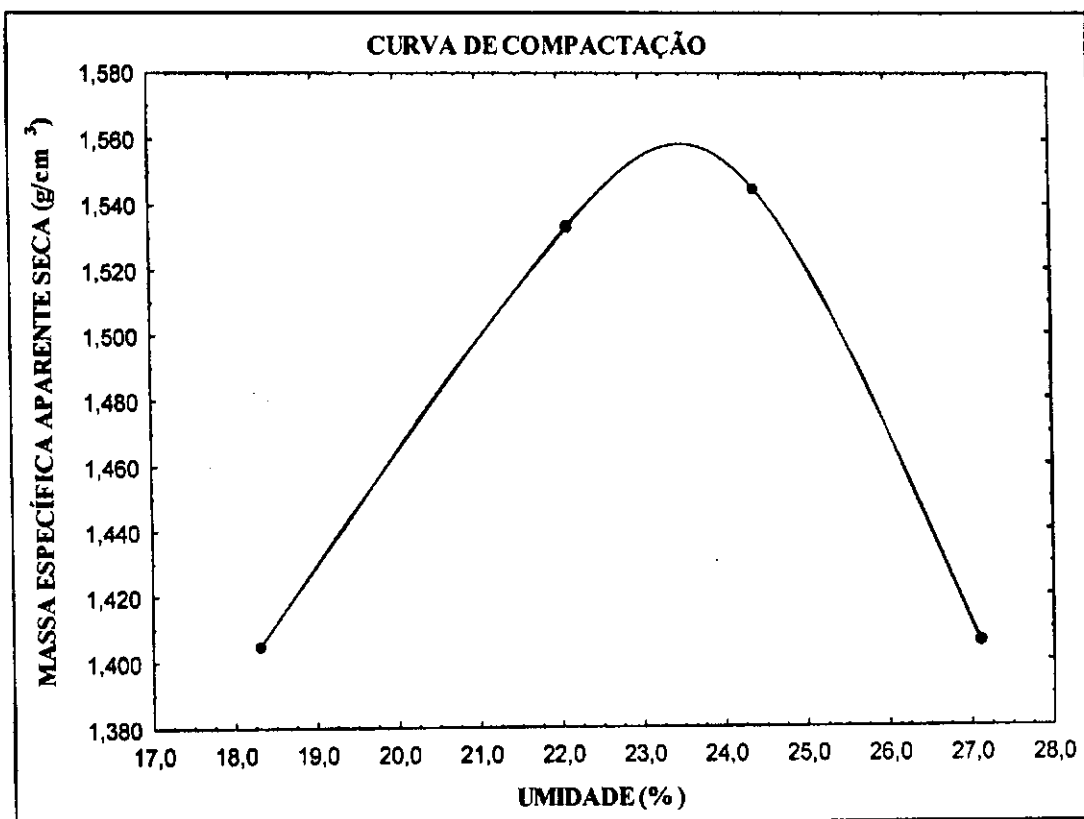
RODOVIA/TRECHO:		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: LABORATÓRIO DE SOLOS II - UFCG					REGISTRO Nº: 07					
BAIRRO: CUITÉS		RUA: BRUXELAS		POÇO: 1		ys máx = 1,975 g/cm ³						
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA							Hót = 9,0 %					
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA					MOLDE Nº:		8					
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm ³):		2086,77						
PESO BRUTO ÚMIDO (g)	120,81	142,34	PESO DO MOLDE (g):		4285		12 GOLPES					
PESO BRUTO SECO (g)	120,44	141,90	DNIT:		ME - 162/94							
TARA DA CÁPSULA (g)	7,63	13,78	ENERGIA:		NORMAL		5 CAMADAS					
PESO DA ÁGUA (g)	0,37	0,44										
PESO DO SOLO SECO (g)	112,81	128,12										
UMIDADE (%)	0,33	0,34										
UMIDADE MÉDIA (%)	0,34											
PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE						UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO	
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS			UMIDADE
	g	g	g/cm ³	-	g	g	g	g	g	%	%	g/cm ³
1	8261	3976	1,91	A1	137,36	133,92	21,04	3,44	112,88	3,05	3,09	1,848
				B1	134,97	131,47	20,08	3,50	111,39	3,14		
2	8485	4200	2,01	C1	133,18	127,38	13,39	5,80	113,99	5,09	5,07	1,915
				D1	129,59	124,03	14,13	5,56	109,90	5,06		
3	8662	4377	2,10	E1	122,17	115,38	13,61	6,79	101,77	6,67	6,90	1,962
				F1	120,47	113,39	14,04	7,08	99,35	7,13		
4	8793	4508	2,16	G1	116,62	107,77	13,60	8,85	94,17	9,40	9,33	1,976
				H1	126,71	117,22	14,80	9,49	102,42	9,27		
5	8808	4523	2,17	I1	112,34	102,79	14,81	9,55	87,98	10,85	10,97	1,953
				J1	134,48	122,40	13,33	12,08	109,07	11,08		
6	8713	4428	2,12	L1	155,50	140,19	15,01	15,31	125,18	12,23	12,38	1,888
				M1	145,49	130,79	13,43	14,70	117,36	12,53		



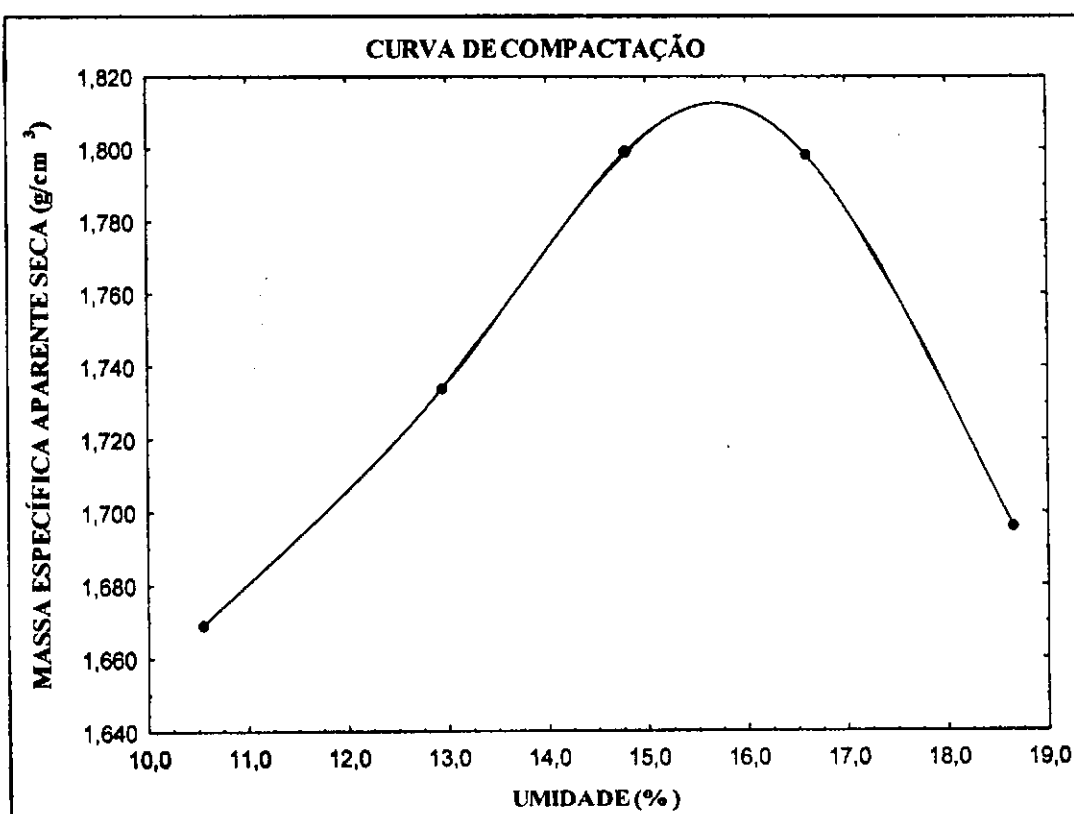
RODOVIATRECHO:		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: LABORATÓRIO DE SOLOS II - UFCG				REGISTRO Nº: 08							
BAIRRO: CUITÉS		RUA: BRUXELAS		POÇO: 2		γ _s máx = 2,020 g/cm ³							
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA						Hót = 8,9 %							
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA						MOLDE Nº:		8		GOLPES/CAMADAS			
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm ³):		2086,77		12 GOLPES					
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		111,97	117,25	PESO DO MOLDE (g):		4285		DNIT:		ME - 162/94			
PESO BRUTO SECO (g)		111,28	116,58	ENERGIA:		NORMAL		Nº DA CAMADAS		5 CAMADAS			
TARA DA CÁPSULA (g)		13,46	13,87										
PESO DA ÁGUA (g)		0,69	0,67										
PESO DO SOLO SECO (g)		97,82	102,71										
UMIDADE (%)		0,71	0,65										
UMIDADE MÉDIA (%)		0,68											
PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE							UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO	
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS	UMIDADE			
	g	g	g/cm ³	-	g	g	g	g	g	g	%	%	g/cm ³
1	7864	3579	1,72	A1	128,01	123,73	13,34	4,28	110,39	3,88	3,87	1,651	
				B1	94,30	91,34	14,80	2,96	76,54	3,87			
2	8362	4077	1,95	C1	113,03	107,72	14,79	5,31	92,93	5,71	5,74	1,848	
				D1	130,06	123,73	14,04	6,33	109,69	5,77			
3	8768	4483	2,15	E1	116,28	109,02	13,80	7,26	95,22	7,62	7,65	1,996	
				F1	122,45	114,73	14,05	7,72	100,68	7,67			
4	8888	4603	2,21	G1	136,31	125,65	13,23	10,66	112,42	9,48	9,49	2,015	
				H1	127,91	118,03	14,04	9,88	103,99	9,50			
5	8790	4505	2,16	I1	127,49	115,85	13,31	11,64	102,54	11,35	11,38	1,938	
				J1	150,48	136,50	13,92	13,98	122,58	11,40			
6	8689	4404	2,11	L1	151,28	135,18	14,05	16,10	121,13	13,29	13,27	1,863	
				M1	121,30	108,71	13,73	12,59	94,98	13,26			



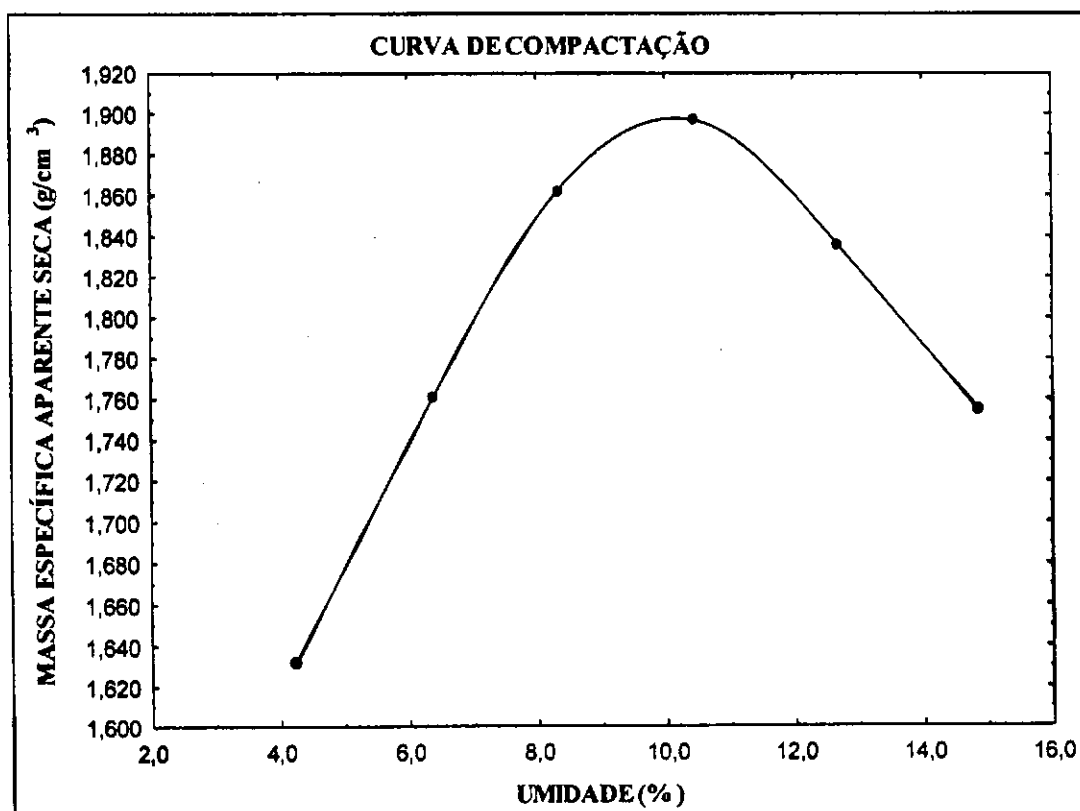
RODOVIA/TRECHO:		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: LABORATÓRIO DE SOLOS II - UFCG				REGISTRO Nº: 09						
BAIRRO: CATOLÉ		RUA: FERNANDO BARBOSA DE MELO		POÇO: 1		γ _s máx = 1,555 g/cm ³						
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA						Hót = 23,5 %						
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA				MOLDE Nº:		8						
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm ³):		2086,77						
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		101,41	116,29	PESO DO MOLDE (g):		4285						
PESO BRUTO SECO (g)		93,05	106,67	DNIT:		ME - 162/94						
TARA DA CÁPSULA (g)		14,24	14,12	ENERGIA:		NORMAL						
PESO DA ÁGUA (g)		8,36	9,62	GOLPES/CAMADAS		12 GOLPES						
PESO DO SOLO SECO (g)		78,81	92,55	Nº DA CAMADAS		5 CAMADAS						
UMIDADE (%)		10,61	10,39									
UMIDADE MÉDIA (%)		10,50										
PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE							UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS	UMIDADE		
1	7753	3468	1,66	C1	81,96	71,45	13,75	10,51	57,70	18,21	18,31	1,405
				D1	100,54	86,97	13,24	13,57	73,73	18,40		
2	8192	3907	1,87	G1	98,00	82,82	14,05	15,18	68,77	22,07	22,10	1,533
				H1	100,56	84,78	13,48	15,78	71,30	22,13		
3	8296	4011	1,92	I1	81,83	68,37	13,29	13,46	55,08	24,44	24,39	1,545
				J1	88,80	74,17	14,07	14,63	60,10	24,34		
4	8250	3965	1,90	L1	95,65	78,11	13,44	17,54	64,67	27,12	27,11	1,495
				M1	124,32	100,72	13,60	23,60	87,12	27,09		



RODOVIATRECHO:		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: LABORATÓRIO DE SOLOS II - UFCG				REGISTRO Nº: 10						
BAIRRO: CATOLÉ		RUA: FERNANDO BARBOSA DE MELO		POÇO: 2		γ _s máx = 1,811 g/cm ³						
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA						Hót = 15,7 %						
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA				MOLDE Nº:		8		GOLPES/CAMADAS				
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm ³):		2086,77		12 GOLPES				
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		96,30	108,46	PESO DO MOLDE (g):		4285		Nº DA CAMADAS				
PESO BRUTO SECO (g)		93,82	105,80	DNIT:		ME - 162/94		5 CAMADAS				
TARA DA CÁPSULA (g)		13,56	13,29	ENERGIA:		NORMAL						
PESO DA ÁGUA (g)		2,48	2,66									
PESO DO SOLO SECO (g)		80,26	92,51									
UMIDADE (%)		3,09	2,88									
UMIDADE MÉDIA (%)		2,98										
PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE							UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS	UMIDADE		
	g	g	g/cm ³	-	g	g	g	g	g	%	%	g/cm ³
1	8135	3850	1,84	C1	94,96	87,13	13,45	7,83	73,68	10,63	10,55	1,669
				D1	104,27	95,72	14,06	8,55	81,66	10,47		
2	8373	4088	1,96	E1	96,62	87,06	14,07	9,56	72,99	13,10	12,95	1,734
				F1	92,30	83,42	14,10	8,88	69,32	12,81		
3	8594	4309	2,06	G1	107,05	95,06	13,18	11,99	81,88	14,64	14,80	1,799
				H1	97,54	86,69	14,13	10,85	72,56	14,95		
4	8661	4376	2,10	I1	82,61	72,58	13,99	10,03	58,59	17,12	16,61	1,798
				J1	85,38	75,51	14,20	9,87	61,31	16,10		
5	8484	4199	2,01	L1	117,04	101,29	13,82	15,75	87,47	18,01	18,66	1,696
				M1	100,66	86,49	13,13	14,17	73,36	19,32		



RODOVIA/TRECHO:		LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: LABORATÓRIO DE SOLOS II - UFCG				REGISTRO Nº: 11						
BAIRRO: ITARARÉ		RUA: JOSÉ CARLOS CIRINO		POÇO: ÚNICO		γ _s máx = 1,900 g/cm ³						
INTERESSADO: SAUL BARBOSA GUEDES / DEC / MESTRADO / GEOTECNIA						Hót = 10,0 %						
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA				MOLDE Nº:		6						
CÁPSULA Nº		A-01	B-01	VOLUME DO MOLDE (cm ³):		2086,77						
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		154,73	169,27	PESO DO MOLDE (g):		4285						
PESO BRUTO SECO (g)		153,70	167,92	DNIT:		ME - 162/94						
TARA DA CÁPSULA (g)		14,12	13,45	ENERGIA:		NORMAL						
PESO DA ÁGUA (g)		1,03	1,35	GOLPES/CAMADAS		12 GOLPES						
PESO DO SOLO SECO (g)		139,58	154,47	Nº DA CAMADAS		5 CAMADAS						
UMIDADE (%)		0,74	0,87									
UMIDADE MÉDIA (%)		0,81										
PONTO Nº	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO DO SOLO ÚMIDO	DENS. SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE						UMIDADE MÉDIA	DENS. SOLO SECO	
				CAP Nº	PBU	PBS	PC	PA	PSS			UMIDADE
	g	g	g/cm ³	-	g	g	g	g	g	%	%	g/cm ³
1	7835	3550	1,70	A1	133,60	128,68	13,59	4,92	115,09	4,27	4,24	1,632
				B1	151,34	145,79	14,07	5,55	131,72	4,21		
2	8195	3910	1,87	C1	121,96	115,15	7,62	6,81	107,53	6,33	6,38	1,761
				D1	139,09	131,50	13,39	7,59	118,11	6,43		
3	8494	4209	2,02	E1	151,44	140,79	13,46	10,65	127,33	8,36	8,32	1,862
				F1	159,47	148,35	13,99	11,12	134,36	8,28		
4	8657	4372	2,10	G1	146,15	133,60	13,04	12,55	120,56	10,41	10,44	1,897
				H1	146,10	133,60	14,15	12,50	119,45	10,46		
5	8602	4317	2,07	I1	177,29	158,89	13,81	18,40	145,08	12,68	12,68	1,836
				J1	195,87	175,35	13,44	20,52	161,91	12,67		
6	8492	4207	2,02	L1	206,09	181,22	13,82	24,87	167,40	14,86	14,85	1,755
				M1	201,90	177,73	14,85	24,17	162,88	14,84		



ANEXO - F

Planilhas de cálculo e gráficos referentes aos ensaios de CBR

LABORATÓRIO DE SOLOS
 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA

RUA: ALTA LEITE (POÇO - 1)			ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)			
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima=	1,910 g/cm ³		Cápsula n ^o =	A	B	
Umidade ótima (h _o)=	9,88 %		Peso bruto úmido (g) =	85,23	77,65	
Umidade higroscópica (h _i)=	1,51 %		Peso bruto seco (g) =	79,23	72,30	
h _o - h _i =	8,37 %		Tara da cápsula (g) =	15,15	15,48	
Cilindro n ^o =	20		Peso da água (g) =	6,00	5,35	
Altura (H)=	11,30 cm		Peso do solo seco (g) =	64,08	56,82	
Volume (S)=	2077 cm ³		Teor de umidade (%) =	9,36	9,42	
Tara (T) =	7620 g		Teor médio de umidade (%) =	9,39		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco=	6000 g		Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	11820 g		
Peso do solo a utilizar=	5911 g		Peso do corpo-de-prova úmido=	4200 g		
Água a juntar=	502 g		Densidade do corpo-de-prova úmido=	2,022 g/cm ³		
			Densidade do corpo-de-prova seco=	1,849 g/cm ³		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no Extensômetro (kg)	Pressão (kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,10255 CBR Corrigido (%)
tempo	pol	mm		Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	26	2,7		
1 min.	0,05	1,27	60	6,2		
2 min.	0,1	2,54	110	11,3	70	16,9
4 min.	0,2	5,00	179	18,4	105	18,0
6 min.	0,3	7,62	245	25,1	133	
8 min.	0,4	10,16			161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	
EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)		
Dia	Hora					
25/01/2008	08:30	0,00	0,00	0,00		
29/01/2008	08:30	0,00				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

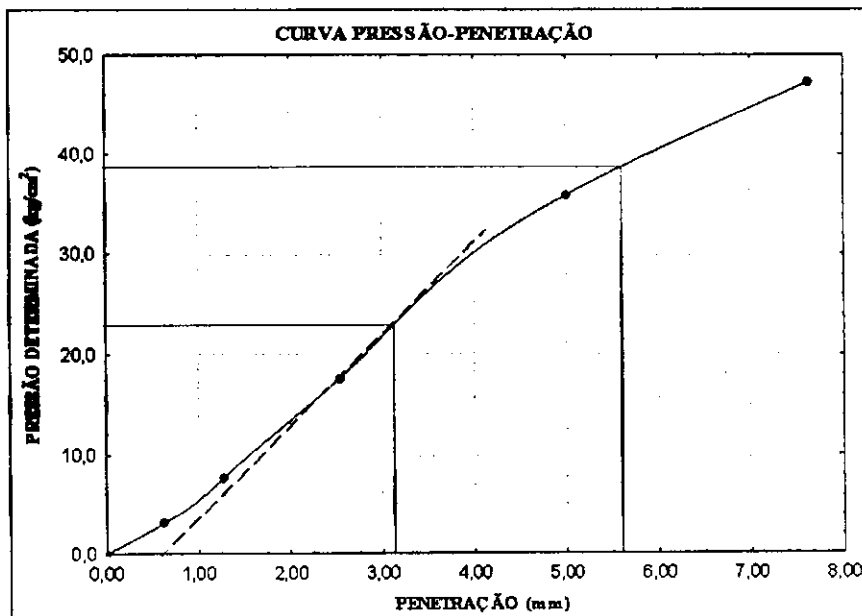
RUA: ALTA LEITE (POÇO - 2)			ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)			
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima=	1,918 g/cm ³		Cápsula nº=	A	B	
Umidade ótima (ho)=	9,10 %		Peso bruto úmido (g) =	93,56	104,34	
Umidade higroscópica (hi)=	0,49 %		Peso bruto seco (g) =	87,26	97,22	
ho - hi =	8,61 %		Tara da cápsula (g) =	15,73	15,48	
Cilindro nº=	20		Peso da água (g) =	6,30	7,12	
Altura (H)=	11,30 cm		Peso do solo seco (g) =	71,53	81,74	
Volume (S)=	2077 cm ³		Teor de umidade (%) =	8,81	8,71	
Tara (T) =	7620 g		Teor médio de umidade (%) =	8,76		
CALCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco=	6000 g		Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	11840 g		
Peso do solo a utilizar=	5971 g		Peso do corpo-de-prova úmido=	4220 g		
Água a juntar=	517 g		Densidade do corpo-de-prova úmido=	2,032 g/cm ³		
			Densidade do corpo-de-prova seco=	1,868 g/cm ³		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,10255
tempo	pol	mm	Extensômetro (kg)	Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	38	3,9		
1 min.	0,05	1,27	82	8,4		
2 min.	0,1	2,54	156	16,0	70	22,9
4 min.	0,2	5,00	260	26,7	105	<u>25,4</u>
6 min.	0,3	7,62	345	35,4	133	
8 min.	0,4	10,16			161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	
EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)		
Dia	Hora					
25/01/2008	08:30	0,00	0,00	0,00		
29/01/2008	08:30	0,00				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

**LABORATÓRIO DE SOLOS
DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA**

RUA: ALMEIDA BARRETO (POÇO - 1)		ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)	
DADOS		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Densidade máxima=	1,865 g/cm³	Cápsula nº=	A B
Umidade ótima (ho)=	10,40 %	Peso bruto úmido (g) =	98,50 90,00
Umidade higroscópica (hi)=	0,89 %	Peso bruto seco (g) =	90,90 83,19
ho - hi =	9,51 %	Tara da cápsula (g) =	15,89 13,83
Cilindro nº=	8	Peso da água (g) =	7,60 6,81
Altura (H)=	11,50 cm	Peso do solo seco (g) =	75,01 69,36
Volume (S)=	2087 cm³	Teor de umidade (%) =	10,13 9,82
Tara (T) =	7580 g	Teor médio de umidade (%) =	9,98
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA		VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM	
Peso do solo seco=	6000 g	Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	11970 g
Peso do solo a utilizar=	5947 g	Peso do corpo-de-prova úmido=	4390 g
Água a juntar=	571 g	Densidade do corpo-de-prova úmido=	2,103 g/cm³
		Densidade do corpo-de-prova seco=	1,912 g/cm³

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no Extensômetro (kg)	Pressão (kg/cm²)		cte do ensaio = 0,10255 CBR Corrigido (%)
tempo	pol	mm		Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	30	3,1		
1 min.	0,05	1,27	75	7,7		
2 min.	0,1	2,54	172	17,6	70	32,9
4 min.	0,2	5,00	350	35,9	105	<u>37,1</u>
6 min.	0,3	7,62	460	47,2	133	
8 min.	0,4	10,16			161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	

EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA				
Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)
Dia	Hora			
22/01/2008	10:00	0,20	0,00	0,00
26/01/2008	10:00	0,20		



LABORATÓRIO DE SOLOS
 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA

RUA: ALMEIDA BARRETO (POÇO - 2)				ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)		
DADOS				UMIDADE DE MOLDAGEM		
Densidade máxima=	1,970 g/cm ³			Cápsula n°=	A	B
Umidade ótima (ho)=	9,00 %			Peso bruto úmido (g) =	83,83	83,16
Umidade higroscópica (hi)=	0,99 %			Peso bruto seco (g) =	78,42	77,67
ho - hi =	8,01 %			Tara da cápsula (g) =	15,38	15,36
Cilindro n°=	17			Peso da água (g) =	5,41	5,49
Altura (H)=	11,30 cm			Peso do solo seco (g) =	63,04	62,31
Volume (S)=	2077 cm ³			Teor de umidade (%) =	8,58	8,81
Tara (T) =	7605 g			Teor médio de umidade (%) =	8,70	
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA				VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM		
Peso do solo seco=	6000 g			Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	12025 g	
Peso do solo a utilizar=	5941 g			Peso do corpo-de-prova úmido=	4420 g	
Água a juntar=	481 g			Densidade do corpo-de-prova úmido=	2,128 g/cm ³	
				Densidade do corpo-de-prova seco=	1,958 g/cm ³	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no Extensômetro (kg)	Pressão (kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,10255 CBR (%)
tempo	pol	mm		Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	30	3,1		
1 min.	0,05	1,27	60	6,2		
2 min.	0,1	2,54	125	12,8	70	18,3
4 min.	0,2	5,00	216	22,2	105	<u>21,1</u>
6 min.	0,3	7,62	299	30,7	133	
8 min.	0,4	10,16			161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	
EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)		
Dia	Hora					
22/01/2008	09:00	0,00	0,00	0,00		
26/01/2008	09:00	0,00				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

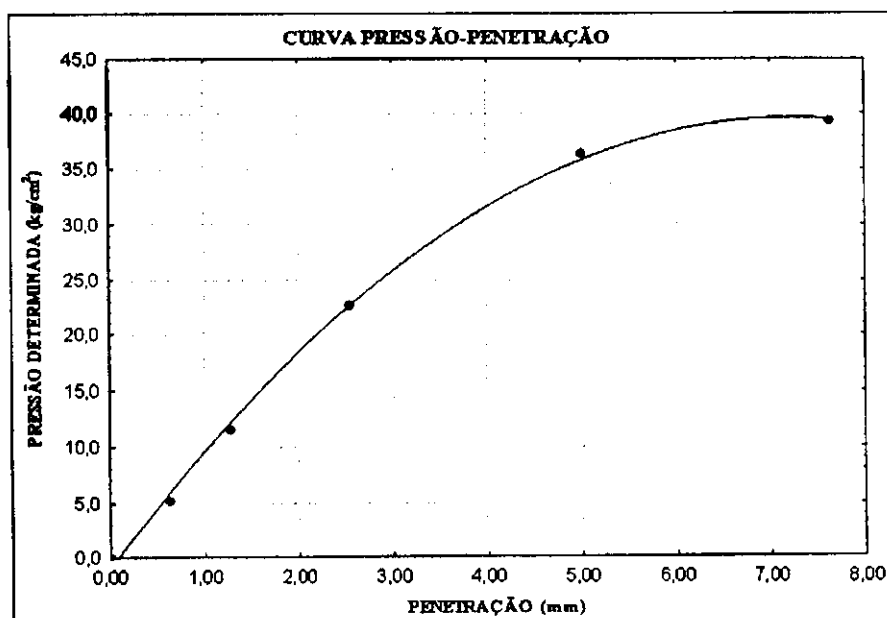
RUA: EURIPIDES C. DA CRUZ (POÇO - 1)		ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)	
DADOS		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Densidade máxima=	1,908 g/cm ³	Cápsula n°=	A B
Umidade ótima (ho)=	9,60 %	Peso bruto úmido (g) =	80,10 79,25
Umidade higroscópica (hi)=	0,80 %	Peso bruto seco (g) =	74,95 73,60
ho - hi =	8,80 %	Tara da cápsula (g) =	15,36 15,41
Cilindro n°=	17	Peso da água (g) =	5,15 5,65
Altura (H)=	11,30 cm	Peso do solo seco (g) =	59,59 58,19
Volume (S)=	2077 cm ³	Teor de umidade (%) =	8,64 9,71
Tara (T) =	7605 g	Teor médio de umidade (%) =	9,18
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA		VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM	
Peso do solo seco=	6000 g	Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	11935 g
Peso do solo a utilizar=	5952 g	Peso do corpo-de-prova úmido=	4330 g
Água a juntar=	528 g	Densidade do corpo-de-prova úmido=	2,085 g/cm ³
		Densidade do corpo-de-prova seco=	1,910 g/cm ³

ENSAIO DE PENETRAÇÃO

Penetração			Leitura no Extensômetro (kg)	Pressão (kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,10255 CBR (%)
tempo	pol	mm		Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	51	5,2		
1 min.	0,05	1,27	112	11,5		
2 min.	0,1	2,54	220	22,6	70	32,3
4 min.	0,2	5,00	355	36,4	105	34,7
6 min.	0,3	7,62	383	39,3	133	
8 min.	0,4	10,16			161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	

EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA

Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)
Dia	Hora			
25/01/2008	14:00	0,00	0,00	0,00
29/01/2008	14:00	0,00		



RUA: EURÍPIDES C. DA CRUZ (POÇO - 2)				ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)		
DADOS				UMIDADE DE MOLDAGEM		
Densidade máxima=		1,948 g/cm ³		Cápsula n°=	A	B
Umidade ótima (h _o)=		9,90 %		Peso bruto úmido (g) =	100,75	74,75
Umidade higroscópica (h _i)=		1,08 %		Peso bruto seco (g) =	92,90	69,94
h _o - h _i =		8,82 %		Tara da cápsula (g) =	15,34	13,57
Cilindro n°=		25		Peso da água (g) =	7,85	4,81
Altura (H)=		11,30 cm		Peso do solo seco (g) =	77,56	56,37
Volume (S)=		2077 cm ³		Teor de umidade (%) =	10,12	8,53
Tara (T) =		7755 g		Teor médio de umidade (%) =	9,33	
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA				VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM		
Peso do solo seco=		6000 g		Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	12190 g	
Peso do solo a utilizar=		5935 g		Peso do corpo-de-prova úmido=	4435 g	
Água a juntar=		529 g		Densidade do corpo-de-prova úmido=	2,135 g/cm ³	
				Densidade do corpo-de-prova seco=	1,953 g/cm ³	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,10255
tempo	pol	mm	Extensômetro (kg)	Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	22	2,3		
1 min.	0,05	1,27	53	5,4		
2 min.	0,1	2,54	142	14,6	70	27,9
4 min.	0,2	5,00	325	33,3	105	35,5
6 min.	0,3	7,62	490	50,2	133	
8 min.	0,4	10,16	635	65,1	161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	
EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)		
Dia	Hora					
25/01/2008	14:00	0,00	0,00	0,00		
29/01/2008	14:00	0,00				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

ATECEL
LABORATÓRIO DE SOLOS
DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA

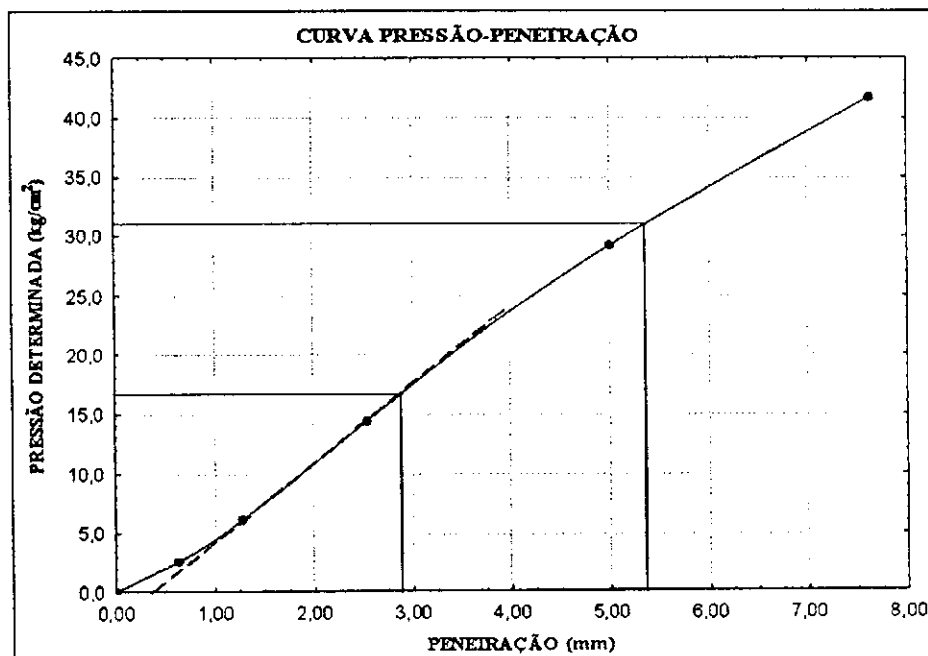
RUA: BRUXELAS (POÇO - 1)		ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)	
DADOS		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Densidade máxima=	1,980 g/cm ³	Cápsula n ^o =	A B
Umidade ótima (ho)=	9,20 %	Peso bruto úmido (g) =	90,73 87,80
Umidade higroscópica (hi)=	0,34 %	Peso bruto seco (g) =	84,68 82,11
ho - hi =	8,86 %	Tara da cápsula (g) =	16,10 15,47
Cilindro n ^o =	25	Peso da água (g) =	6,05 5,69
Altura (H)=	11,30 cm	Peso do solo seco (g) =	68,58 66,64
Volume (S)=	2077 cm ³	Teor de umidade (%) =	8,82 8,54
Tara (T) =	7755 g	Teor médio de umidade (%) =	8,68
CALCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA		VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM	
Peso do solo seco=	6000 g	Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	12315 g
Peso do solo a utilizar=	5980 g	Peso do corpo-de-prova úmido=	4560 g
Água a juntar=	532 g	Densidade do corpo-de-prova úmido=	2,195 g/cm ³
		Densidade do corpo-de-prova seco=	2,020 g/cm ³

ENSAIO DE PENETRAÇÃO

Penetração			Leitura no Extensômetro (kg)	Pressão (kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,10255 CBR corrigido (%)
tempo	pol	mm		Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	25	2,6		
1 min.	0,05	1,27	59	6,1		
2 min.	0,1	2,54	140	14,4	70	24,0
4 min.	0,2	5,00	285	29,2	105	<u>29,5</u>
6 min.	0,3	7,62	407	41,7	133	
8 min.	0,4	10,16			161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	

EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA

Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)
Dia	Hora			
20/01/2008	14:00	0,00		
24/01/2008	14:00	0,00	0,00	0,00

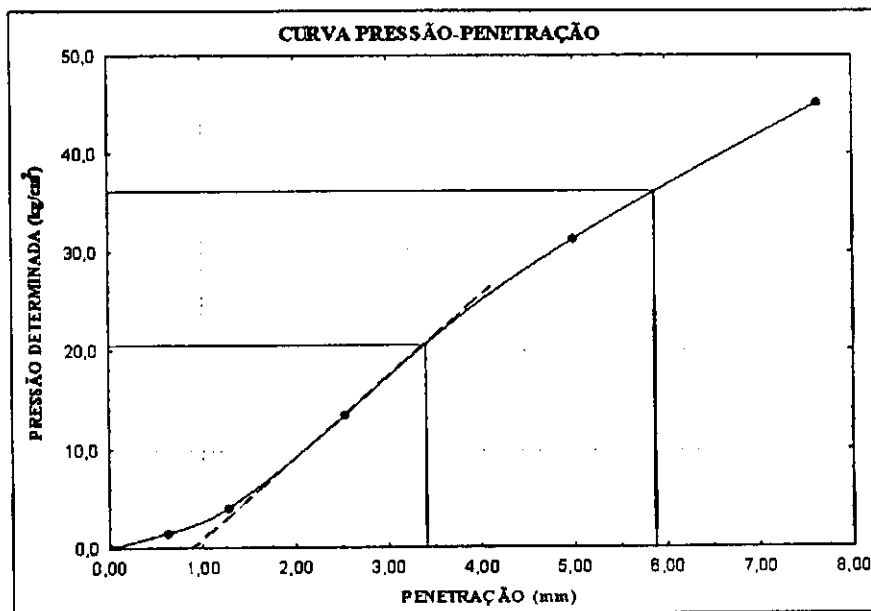


**LABORATÓRIO DE SOLOS
DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA**

RUA: BRUXELAS (POÇO - 2)		ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)	
DADOS		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Densidade máxima=	2,020 g/cm ³	Cápsula n°=	A B
Umidade ótima (h _o)=	8,90 %	Peso bruto úmido (g) =	87,38 94,32
Umidade higroscópica (h _i)=	0,68 %	Peso bruto seco (g) =	81,62 88,01
h _o - h _i =	8,22 %	Tara da cápsula (g) =	13,83 15,87
Cilindro n°=	8	Peso da água (g) =	5,76 6,31
Altura (H)=	11,50 cm	Peso do solo seco (g) =	67,79 72,14
Volume (S)=	2087 cm ³	Teor de umidade (%) =	8,50 8,75
Tara (T) =	7580 g	Teor médio de umidade (%) =	8,62
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA		VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM	
Peso do solo seco=	6000 g	Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	12125 g
Peso do solo a utilizar=	5959 g	Peso do corpo-de-prova úmido=	4545 g
Água a juntar=	493 g	Densidade do corpo-de-prova úmido=	2,178 g/cm ³
		Densidade do corpo-de-prova seco=	2,005 g/cm ³

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no Extensômetro (kg)	Pressão (kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,10255 CBR corrigido (%)
tempo	pol	mm		Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	15	1,5		
1 min.	0,05	1,27	40	4,1		
2 min.	0,1	2,54	132	13,5	70	29,3
4 min.	0,2	5,00	305	31,3	105	34,3
6 min.	0,3	7,62	440	45,1	133	
8 min.	0,4	10,16			161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	

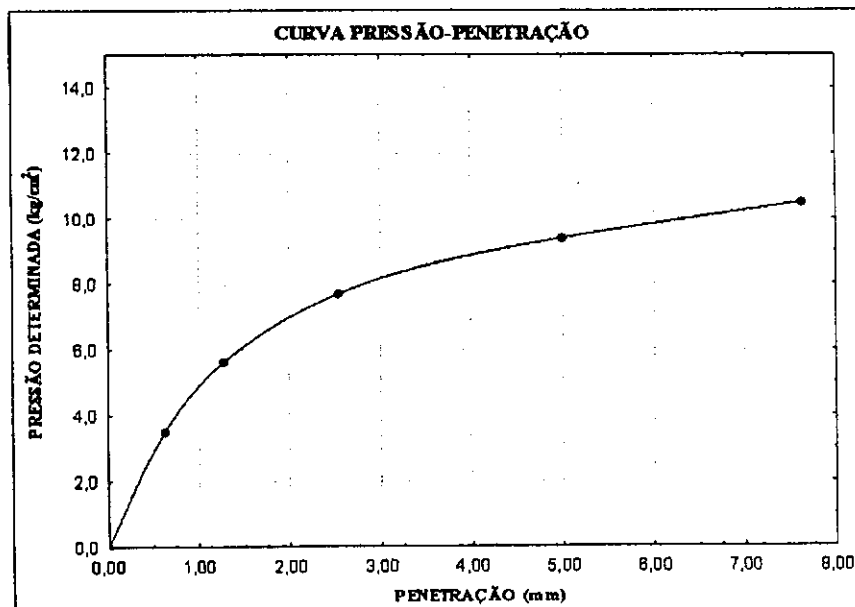
EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA				
Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)
Dia	Hora			
20/01/2008	16:00	0,00	0,00	0,00
24/01/2008	16:00	0,00		



RUA: FERNANDO B. DE MELO (POÇO - 1)		ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)	
DADOS		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Densidade máxima=	1,555 g/cm ³	Cápsula n°=	A B
Umidade ótima (ho)=	23,50 %	Peso bruto úmido (g) =	85,00 91,33
Umidade higroscópica (hi)=	10,50 %	Peso bruto seco (g) =	71,65 77,04
ho - hi =	13,00 %	Tara da cápsula (g) =	15,18 16,15
Cilindro n°=	25	Peso da água (g) =	13,35 14,29
Altura (H)=	11,30 cm	Peso do solo seco (g) =	56,47 60,89
Volume (S)=	2077 cm ³	Teor de umidade (%) =	23,64 23,47
Tara (T) =	7755 g	Teor médio de umidade (%) =	23,55
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA		VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM	
Peso do solo seco=	6000 g	Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	11825 g
Peso do solo a utilizar=	5370 g	Peso do corpo-de-prova úmido=	4070 g
Água a juntar=	780 g	Densidade do corpo-de-prova úmido=	1,960 g/cm ³
		Densidade do corpo-de-prova seco=	1,586 g/cm ³

ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no Extensômetro (kg)	Pressão (kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,10255 CBR (%)
tempo	pol	mm		Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	34	3,5		11,0 9,0
1 min.	0,05	1,27	55	5,6		
2 min.	0,1	2,54	75	7,7	70	
4 min.	0,2	5,00	92	9,4	105	
6 min.	0,3	7,62	102	10,5	133	
8 min.	0,4	10,16			161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	

EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA				
Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)
Dia	Hora			
20/01/2008	09:00	0,00	0,00	0,00
24/01/2008	09:00	0,00		



RUA: FERNANDO B. MELO (POÇO - 2)			ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)			
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima=	1,811 g/cm ³	Cápsula n ^o =	A	B		
Umidade ótima (h _o)=	15,70 %	Peso bruto úmido (g) =	70,64	68,88		
Umidade higroscópica (h _i)=	2,98 %	Peso bruto seco (g) =	63,12	62,02		
h _o - h _i =	12,72 %	Tara da cápsula (g) =	15,47	15,45		
Cilindro n ^o =	22	Peso da água (g) =	7,52	6,86		
Altura (H)=	11,20 cm	Peso do solo seco (g) =	47,65	46,57		
Volume (S)=	2059 cm ³	Teor de umidade (%) =	15,78	14,73		
Tara (T) =	7895 g	Teor médio de umidade (%) =	15,26			
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco=	6000 g	Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	12235 g			
Peso do solo a utilizar=	5821 g	Peso do corpo-de-prova úmido=	4340 g			
Água a juntar=	763 g	Densidade do corpo-de-prova úmido=	2,108 g/cm ³			
		Densidade do corpo-de-prova seco=	1,829 g/cm ³			
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no Extensômetro (kg)	Pressão (kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,10255 CBR (%)
tempo	pol	mm		Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	9	0,9		
1 min.	0,05	1,27	11	1,1		
2 min.	0,1	2,54	17	1,7	70	2,4
4 min.	0,2	5,00	27	2,8	105	<u>2,7</u>
6 min.	0,3	7,62	36	3,7	133	
8 min.	0,4	10,16			161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	
EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)		
Dia	Hora					
20/01/2008	09:00	0,00	0,00	0,00		
24/01/2008	09:00	0,00				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

**LABORATÓRIO DE SOLOS
DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA**

RUA: JOSÉ CARLOS CIRINO (POÇO - ÚNICO)		ENERGIA NORMAL (12 GOLPES)	
DADOS		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Densidade máxima=	1,900 g/cm ³	Cápsula nº=	A B
Umidade ótima (ho)=	10,00 %	Peso bruto úmido (g) =	77,04 77,11
Umidade higroscópica (hi)=	0,80 %	Peso bruto seco (g) =	71,95 71,89
ho - hi =	9,20 %	Tara da cápsula (g) =	15,16 15,48
Cilindro nº=	22	Peso da água (g) =	5,09 5,22
Altura (H)=	11,20 cm	Peso do solo seco (g) =	56,79 56,41
Volume (S)=	2059 cm ³	Teor de umidade (%) =	8,96 9,25
Tara (T) =	7895 g	Teor médio de umidade (%) =	9,11
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA		VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM	
Peso do solo seco=	6000 g	Peso bruto do corpo-de-prova úmido=	12220
Peso do solo a utilizar=	5952 g	Peso do corpo-de-prova úmido=	4325
Água a juntar=	552 g	Densidade do corpo-de-prova úmido=	2,100 g/cm ³
		Densidade do corpo-de-prova seco=	1,925 g/cm ³

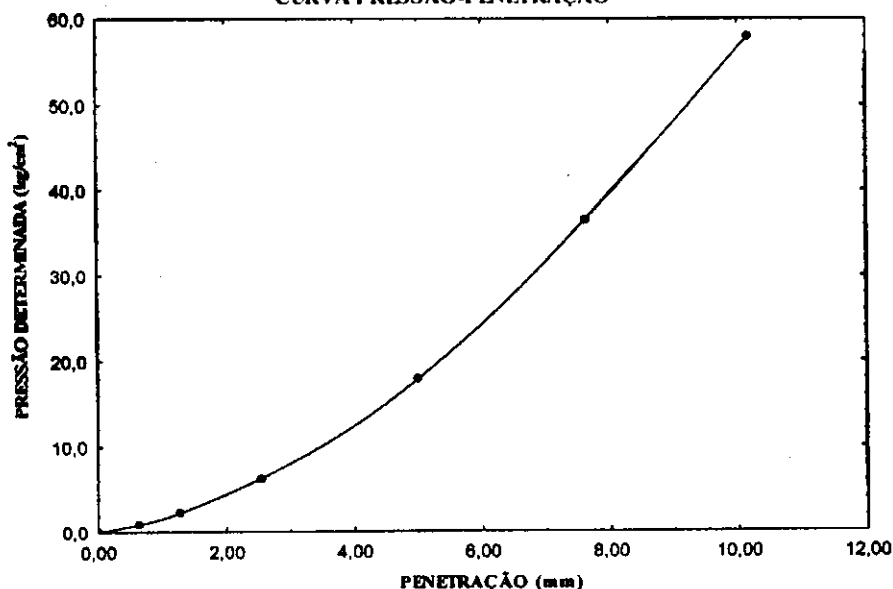
ENSAIO DE PENETRAÇÃO

Penetração			Leitura no Extensômetro (kg)	Pressão (kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,10255 CBR (%)
tempo	pol	mm		Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	9	0,9		
1 min.	0,05	1,27	22,5	2,3		
2 min.	0,1	2,54	61	6,3	70	9,0
4 min.	0,2	5,00	175	17,9	105	<u>17,0</u>
6 min.	0,3	7,62	356	36,5	133	
8 min.	0,4	10,16	565	57,9	161	
10 min.	0,5	12,70			1,82	

EXPANSÃO DE AMOSTRA INUNDADA

Datas		Leitura do Extensômetro (mm)	Diferença (mm)	Expansão (%)
Dia	Hora			
05/02/2008	09:00	0,00		
09/02/2008	09:00	0,00	0,00	0,00

CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO



ANEXO - G

Manual de Utilização do PANDA segundo Norma Francesa - Nº de Referência XP P 94-1005

ANNEXE I : Manuel d'utilisation du Panda

El Panda : Manual de utilización

Norma XP P 94-1005
Penetrómetro dinámico ligero de
energía variable

Concepción
C/U/S/T/ (Université Blaise-Pascal
de Clermont-Ferrand)

Realización
PEINTAMELEC INGENIERIE –
Clermont-Ferrand

Distribución exclusiva y Servicio
después de venta
SOL SOLUTION – Clermont-
Ferrand



ÍNDICE

1. ¿ POR QUÉ UTILIZAR EL PANDA ?.....	A1.3
2. PRINCIPIO DEL APARATO	A1.3
2.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	A1.5
2.2. LOS PROBLEMAS DE LA TÉCNICA DE HINCADO	A1.7
2.3. FÓRMULA DE HINCADO PARA EL PANDA.....	A1.8
2.4. ORGANIGRAMA DEL ORDENADOR	A1.10
3. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.....	A1.11
3.1. ESTADO DEL SISTEMA.....	A1.11
3.2. CONFIGURACIÓN.....	A1.12
3.3. MODO DE PRUEBA.....	A1.12
3.4. EL PROGRAMA INFORMÁTICO PANDA.....	A1.13
3.5. ¿ CÓMO TRANSFERIR LOS DATOS A LA PC ?.....	A1.14
3.6. BORRADO DE LOS DATOS.....	A1.15

1. ¿POR QUÉ UTILIZAR EL PANDA ?

En numerosos casos, es difícil realizar pruebas in situ, por razones de costo, accesibilidad o rapidez de ejecución.

Es para responder a estas necesidades que ha sido concebido, hace algunos años, el penetrómetro dinámico ligero de energía variable, capaz de probar la mayoría de los suelos blandos hasta algunos metros de profundidad (6 metros y 20 MPa aproximadamente). Es un aparato ligero, barato y de uso rápido, pero teniendo a pesar de todo una potencia de penetración suficiente.

Su rango de aplicación práctica incluye, además del reconocimiento de los suelos, las pruebas de compactación de rellenos (canalizaciones enterradas, muros de retención...).

2. PRINCIPIO DEL APARATO

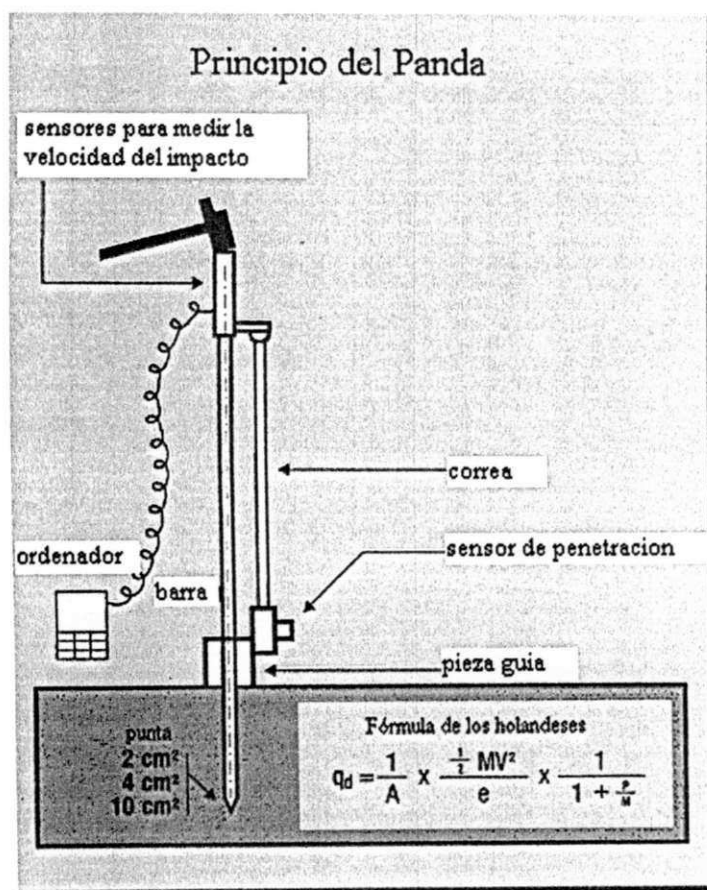


Figura A1.1 El Panda – Principio del aparato

La idea principal es insertar un tren de barras manualmente en el suelo, con ayuda de un martillo estandarizado. Para cada golpe dado, unos sensores miden la velocidad del martillo al momento del impacto, lo que permite determinar la energía proporcionada al

resto del dispositivo. Otros sensores miden al mismo tiempo el valor de la penetración de la punta (medido por medio de una correa con muescas fijada a la cabeza de hincado y conectada a una caja enrolladora). La computadora recibe estas dos informaciones, calcula instantáneamente la resistencia de punta q_d utilizando la fórmula de los Holandeses y memoriza, para cada golpe de martillo, el par profundidad - resistencia correspondiente.

Los datos son transmitidos a un microordenador compatible con P.C. y posteriormente son procesados con ayuda de un software proporcionado con el aparato. Para determinar la velocidad del impacto, se mide el tiempo de paso t de un imán unido al pistón móvil de la cabeza entre dos celdas con efecto 'Hall' separadas de una distancia l (la velocidad es entonces $v = l/t$).

Las puntas de 4 y 10 cm², que se pierden durante la prueba, al tener un diámetro mayor, reducen considerablemente la fricción lateral sobre las barras. Se utilizan principalmente en reconocimiento de los suelos. Las puntas fijas no desbordantes de 2 cm² sirven para las pruebas de compactación.

La resistencia dinámica de punta se calcula con ayuda de la fórmula de los Holandeses:

$$q_d = \frac{1}{A} \frac{E}{e} \quad (A.1)$$

Para un penetrómetro dinámico de energía constante (caída de una masa), el término de energía se refiere a una energía generalmente potencial. Para el Panda, como la energía es variable, se utiliza la energía cinética. La expresión de la fórmula de los Holandeses adaptada al Panda es la siguiente:

$$q_d = \frac{1}{A} \frac{\frac{1}{2} M v^2}{e} = \frac{M}{M+P} \frac{v^2}{e} \quad (A.2)$$

con :

- ? M : masa que golpea
- ? P : masa muerta implicada
- ? e : penetración plástica
- ? A : sección de la punta
- ? v : velocidad de la masa que golpea
- $v = l/t$ l : distancia entre las celdas
- t : tiempo de paso entre las celdas

El choque entre el martillo y el pistón se supone perfectamente elástico y el choque entre el conjunto de las barras y los suelos perfectamente plástico. Las barras se consideran como elásticas y los suelos perfectamente plásticos.

2.1. Descripción del equipo

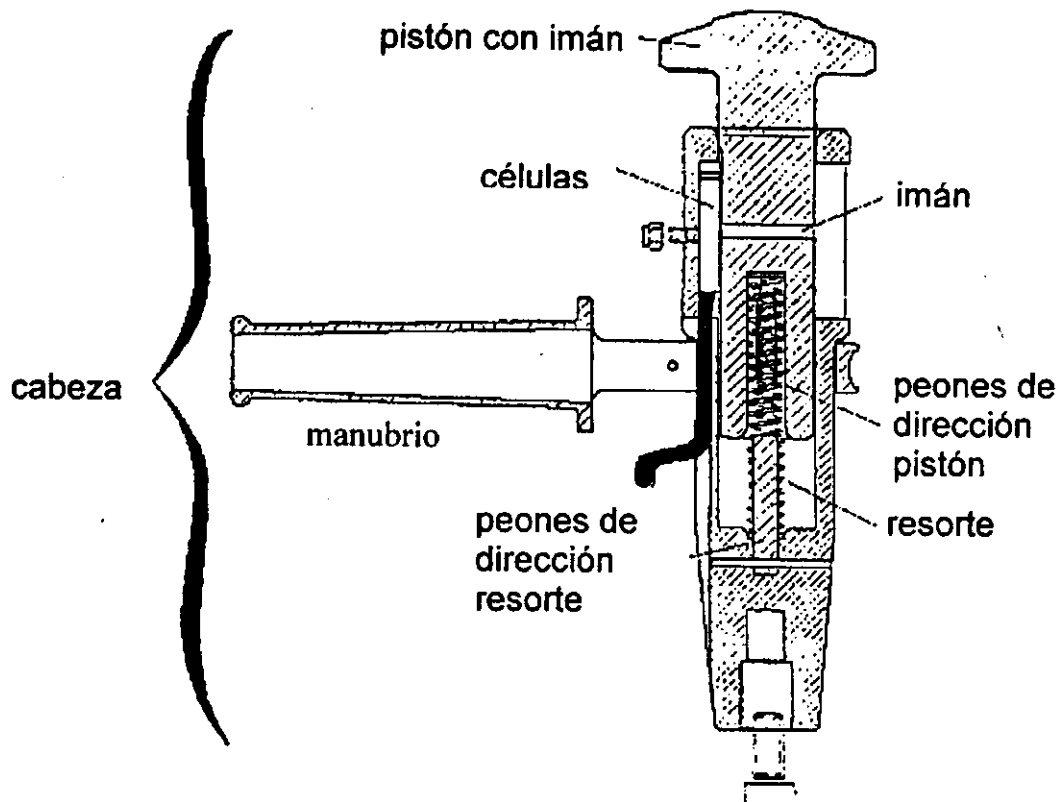


Figura A1.2 Componentes de la cabeza

Las partes que componen el aparato son las siguientes:

? El pistón:

Está formado por acero especial. Su parte superior es convexa para desempeñar el papel de yunque. A medida que se utiliza, este yunque tiende a deformarse. Es necesario tener cuidado buscando conservar su forma original y así transmitir la energía proporcionada por el martillo de la mejor manera posible.

Se inserta un imán en el pistón dentro de una perforación realizada para tal efecto. Se encaja en un cilindro hueco de poliuretano, el mismo que vendrá a colocarse en la perforación.

? El cilindro receptor:

Compuesto de acero especial, el receptor debe ajustarse bien con el pistón.

? Las celdas:

Se suben sobre el porta - celdas, que se coloca en el cilindro receptor y que es fijado por sujeción de un perno, con el fin de poder desmontarse en caso de necesidad.

? Los peones de dirección:

Están destinados a guiar el curso del pistón en el cilindro receptor, así, se está seguro de que el imán pasa correctamente delante de las celdas.

? El resorte:

El objetivo es hacer subir el pistón después de cada golpe del martillo. Su rigidez se calculó en función de la masa del pistón con el fin de garantizar que éste no vuelva a la posición inicial ni demasiado lentamente ni con excesiva rapidez.

? El manubrio de sujeción:

Su función es mantener verticalmente al equipo y también dar una determinada seguridad al usuario.

? El extractor:

Facilita la extracción de las barras insertadas en el suelo en caso de dificultades.

? Las barras:

Se fabrican en acero tratado para garantizar una buena resistencia a los golpes y al pandeo, y también para evitar que se bloqueen en la cabeza por deformación de su extremidad durante los choques.

? El porta – punta:

Constituido de acero especial, sirve de intermediario entre el tren de barras (sobre el cual se atornilla) y las puntas perdidas.

? Las puntas:

Existen tres clases de puntas:

- ✍ Las puntas de 2 cm² de sección, atornilladas al tren de barras
- ✍ Las puntas de 4 y 10 cm², que se pierden. Se utilizan más frecuentemente las puntas de 4 cm².

? El sensor de penetración:

Con ayuda de una correa con muescas y de un rodillo, el sensor mide la penetración y la transmite, por medio de un sensor electrónico, a la computadora.

? El ordenador:

La caja es hermética y tiene un teclado de 50 teclas, una pantalla de cristal líquido de 80 caracteres (4 líneas de 20 caracteres y un conjunto de 3 conectores que permiten sus

conexiones con el sensor de penetración, el cargamento electrónico y la P.C. respectivamente).

Gracias a los menús instalados en esta computadora, la utilización del aparato se vuelve muy simple y permite el diálogo entre la máquina y el operador. Por una parte permite todas las operaciones de entrada de los parámetros vinculados a los sondeos, visualización de las medidas y distintas pruebas... y, por otra, permite controlar y adquirir las señales procedentes de los distintos sensores. La autonomía de esta caja es de cerca de 10 h. Puede guardar en memoria 4000 mediciones (alrededor de 20 pruebas).

2.2 Los problemas de la técnica de hincado

La técnica de hincado genera distintos problemas que deben saber controlar o que se deben especificar, para que el gráfico sea útil. Estos problemas son generales a todos los penetrómetros y este apartado propone algunos medios para evitarlos al utilizar el Panda.

? **La fricción lateral:**

La fricción lateral es un problema para todos los penetrómetros, pero para disminuir su influencia se utiliza frecuentemente una punta de un diámetro mayor que el de las barras. Evitar la fricción lateral es uno de los elementos prioritarios para el penetrómetro dinámico, ya que la resistencia de punta es el único parámetro interesante para los resultados. Para el Panda, tres posibilidades existen para ayudar a reducir o evitar la fricción lateral:

- Un diámetro de la punta mayor que el de las barras
- Girar el tren de barras durante la prueba
- Inyección de lodo bentonítico

Para obtener resultados satisfactorios, es preferible que la relación entre los diámetros de la punta y de las barras sea superior a 1.3.

? **Presión de poro:**

Porque los suelos tienen a menudo características de dilatación positiva o negativa, cuando la punta avanza con una velocidad terminada, es inevitable producir una sobrepresión de poro en torno a la punta durante la penetración en los suelos saturados. Por lo tanto, la resistencia de penetración es influida por la presión de poro.

? **Transferencia de las ondas de choque y energía transmitida:**

La aplicación de la energía de hincado es un factor muy importante que puede influir sobre el resultado de la prueba. Para el Panda, el único factor sobre el cual se puede jugar es la intensidad de la energía proporcionada al tren de barras. Debe procurarse que a cada golpe del martillo la penetración provocada esté entre 1 mm y 2 cm.

? Deformación de las barras, velocidad e interrupción de hincado:

La deformación de las barras durante el curso de la prueba causa no sólo una pérdida de la energía sino también un aumento en las fricciones laterales suplementarias. La velocidad de hincado influye sobre los resultados, en particular para los penetrómetros dinámicos a energía constante. Por último, una interrupción larga en el hincado puede generar la aparición de fricción lateral, sobre todo en los suelos cohesivos.

? Rechazo del aparato:

El valor de rechazo depende de la capacidad y potencia del aparato,

Para un penetrómetro a energía constante, este límite es normalmente constante. Para los penetrómetros a energía variable, depende de la intensidad del golpe. En el caso del Panda, el límite se establece a cerca de 20 ó 25 MPa.

2.3 Fórmula de hincado para el Panda

Debido a que el hincado no se hace con tipos de masa que cae bajo su propio peso, pero por la aceleración de un martillo, dos impactos se presentan en el Panda: algunas entre el martillo y el pistón, y otro entre el pistón y las barras.

Para el primer tipo de choque (entre el martillo y el pistón), consideramos que el impacto es perfectamente elástico, por lo tanto el coeficiente de restitución de Newton es igual a 1. La energía proporcionada para insertar las barras es la energía cinética del pistón más la del martillo después del choque.

El segundo choque, es un choque casi perfectamente inelástico. Por lo tanto el coeficiente de restitución de Newton es igual a 0.

La fórmula aplicada para el Panda es así la siguiente:

$$q_d = \frac{m_1 m_2}{8 A e} \frac{v^2}{m_1 m_2 n m_1} \quad (A.3)$$

donde:

- ? m_1 es la masa del martillo
- ? m_2 es la masa del captador móvil
- ? m_1 es la masa de una barra
- ? n es el número de barras
- ? A es la sección de la punta
- ? e es el hundimiento plástico

- ? l es la distancia entre las celdas
- ? t es el tiempo que toma el imán para pasar entre las dos celdas

Para llegar a esta fórmula, se aceptaron varias hipótesis:

- ✗ Se considera que las deformaciones elásticas del suelo son despreciables. Esto implica un coeficiente de Newton nulo: choque perfectamente inelástico entre las barras y el suelo.
- ✗ Se desprecia la sobrepresión q_{d0} sobre la punta, llamada 'resistencia intrínseca Panda', generada por su peso propio.
- ✗ La fricción del pistón y la energía perdida en el resorte también se consideran despreciables.

2.4 Organigrama del ordenador

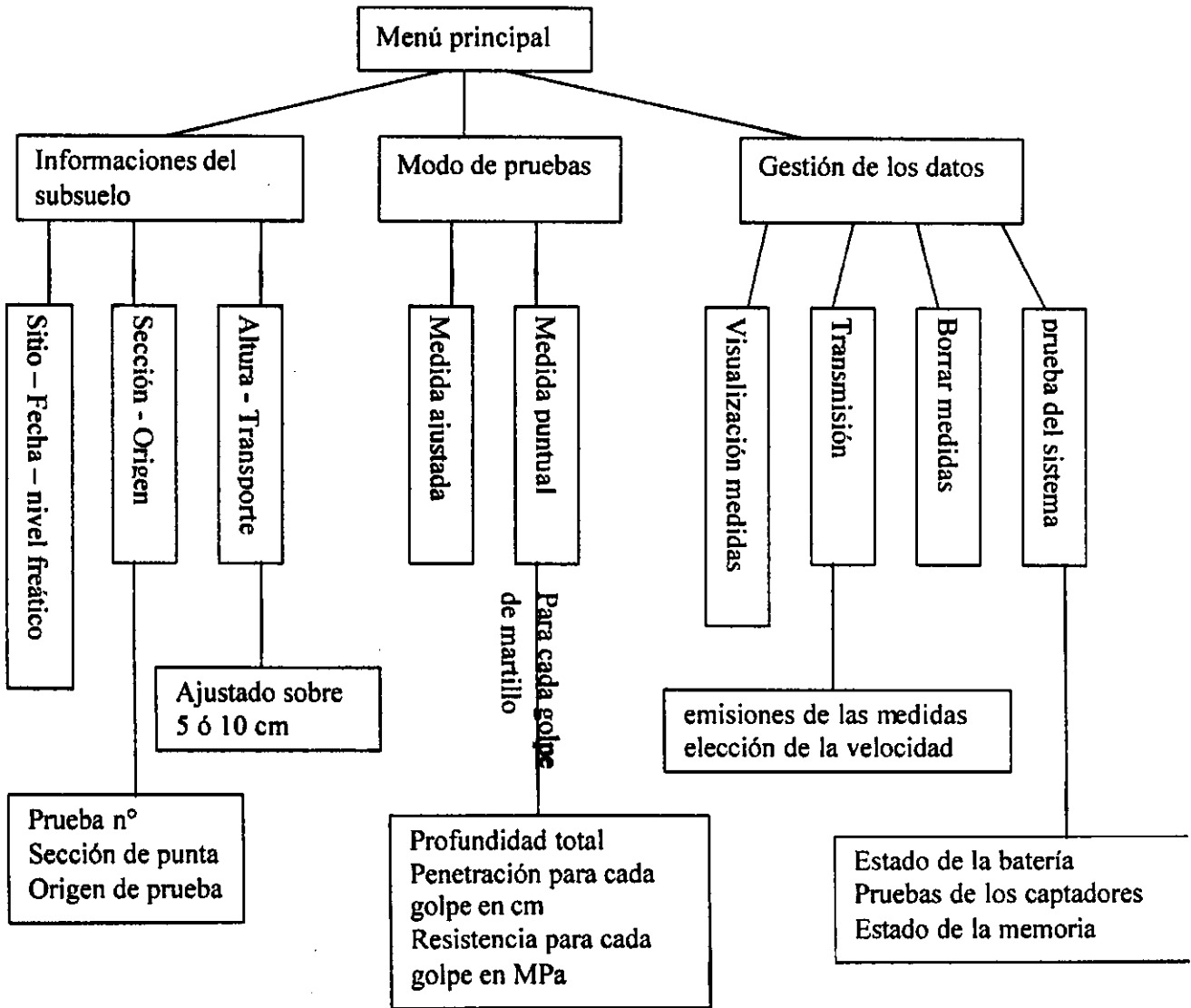


Figura A1.3 Organigrama del ordenador

3. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

3.1. Estado del sistema

Antes de proceder a una campaña de pruebas, es necesario comprobar el estado del sistema. En primer lugar, comprobar la capacidad de las baterías y de la memoria:

Capacidad de la batería:

Main menu – Data processing (3) – System test (4) – Battery power (1)

La capacidad máxima esta indicada por el mensaje "power : 90 -100% ". La autonomía es entonces de 10 horas aproximadamente. Si la capacidad es insuficiente, basta con recargar la batería con el cargador (lo mejor es dejarla cargar una noche).

Capacidad de la memoria:

Main menu – Data processing (3) – System test (4) – Available memory (3)

La memoria tiene capacidad de 4000 unidades. Por ejemplo, para una prueba sobre 2 metros de profundidad, con medidas cada 1 cm en término medio, la capacidad de memoria necesaria es de 200 medidas. Así mismo consideramos la capacidad de memoria por un promedio de 20 pruebas.

Se aconseja también comprobar el buen funcionamiento mecánico del Panda. la computadora permite comprobar el estado de las celdas y del rodillo.

Estado de las celdas:

Main menu – Data processing (3) – System test (4) – Cells test (2)

CH indica el estado de la célula alta y CB el de la baja. El estado en descanso esta indicado en el vector 1. Cuando el imán colocado dentro del pistón pasa delante de una célula, el estado de este último cambia y pasa a 0. Basta pues con insertar suavemente el pistón, manualmente, y con comprobar que las celdas pasan por los siguientes estados:

CH : 1 CB : 1
 CH : 0 CB : 1
 CH : 1 CB : 1
 CH : 1 CB : 0

Del mismo modo, cuando el pistón remonta, se debe comprobar :

CH : 1 CB : 0
 CH : 1 CB : 1
 CH : 0 CB : 1
 CH : 1 CB : 1

Ahora que estamos seguros que el Panda está listo, es necesario configurar la computadora de acuerdo con la prueba que vamos a hacer:

3.2. Configuración

Main menu – Background info (1)

En este menú vamos, a proporcionar en el aparato los datos relativos al lugar (nombre, fecha, profundidad del nivel freático), y de la prueba en sí misma (nº de prueba de la punta, origen de las medidas).

Configuración del sitio :

Main menu – Background info (1) – Site Date Water (1)

Ejemplo :

Site : Texcoco

Date : 01/03/02

W-T : 150 cm ó ??? . ? cm

La profundidad del nivel freático es a menudo desconocida, basta entonces con poner un signo de interrogación a la línea W-T.

Configuración del Panda :

Main menu – Background info (1) – Area Depth org. (2)

Ejemplo :

Test nº : 03

Cone area : 02 cm²

Depth org : 5,0 cm

(R. Height: 10 cm)

Para un mismo nombre de lugar, las pruebas son diferenciadas por su número. La sección de la punta es primordial ya que de ella va a depender la fórmula de hincado. Sección de punta 2, 4 ó 10 cm². El origen del eje vertical debe en general tomarse igual a 5 cm ya que los primeros centímetros no son significativos. 'R.Height' es una función que se usa poco ya que indica el valor del ajuste para pruebas ajustadas. En realidad, se utiliza siempre la función 'medidas puntuales'. Obtener un perfil ajustado a partir de medidas específicas es posible con ayuda del software del Panda.

En este momento el Panda está configurado y está listo para recibir los datos. Pasamos entonces al modo de prueba.

3.3 Modo de prueba

Main menu – Test Mode (2)

Como se indico anteriormente, la caja nos deja la elección entre una medida ajustada y una medida puntual. Elegiremos siempre "medidas puntuales".

Medidas puntuales:*Main menu – Test Mode (2) – Punctual Test (2)*

La pantalla nos indica el origen del eje vertical (Depth: 5,0 cm), Dp (incremento de profundidad a cada golpe del martillo en cm) y q_t (resistencia de punta a cada golpe de martillo en MPa). Se aconseja revisar estos valores durante la prueba ya que una buena calidad de esta última depende, en particular, del incremento de profundidad que experimente la barra luego de cada golpe; se recomiendan incrementos entre 1 mm y 2 cm, y para ello debe adaptarse la energía de hincado según la resistencia del suelo, a fin de obtener datos regularmente espaciados.

Del mismo modo, cuando la resistencia de punta se vuelve superior a 20 MPa, es preferible concluir la prueba ya que resistencias superiores a 20 MPa no son recomendables para el uso del Panda.

En la parte baja, a la derecha de la pantalla, se inscribe el número de barras ([R] 2, por ejemplo). Se tiene por defecto, el número 2 ya que este es el número de barras para comenzar la prueba (cada barra mide 50 cm, y la altura de hincado normal es de 1 m). Cuando se desea añadir una barra, basta con teclear R en el teclado y hacer variar la cifra con las flechas alto (para añadir una o más barras) y bajo (para retirar una o más barras). Una vez acoplada la barra, basta con presionar la tecla "ENTER" para reanudar la prueba.

Este procedimiento es necesario, ya que durante la adición de una barra, el rodillo varía y esto no debe afectar las medidas.

Una vez terminada la prueba, a la profundidad deseada ó al limite, podemos efectuar otra prueba en el mismo lugar por lo cual, basta entonces con cambiar el número, cambiar el nombre de lugar o en su defecto, detener la realización de las pruebas. Después de cada prueba el ordenador registra los datos obtenidos automáticamente en la memoria.

La etapa siguiente es la transferencia de los datos a un ordenador compatible.

3.4 El programa informático Panda

El software suministrado con el Panda sólo funciona con una llave. Es necesario instalar el software y la llave. Atención: La llave debe conectarse al ordenador cuando este se encuentra apagado. ¡Si no, se corre el riesgo de destruirla por descarga electrostática! El programa informático es bastante intuitivo. El software propone dos clases de tratamiento de los datos:

- El control de compactación es la parte más importante del software. Se adapta muy bien, en particular, al control de compactación de los terraplénos de carreteras. Permite capturar el espesor de las capas de materiales y la naturaleza de estas (según la clasificación francesa GTR). Es posible, con los datos anteriores, trazar tres zonas de referencia: una zona de aceptación donde la compactación realizada es aceptable; una zona de tolerancia donde la

compactación puede ser tolerada; y una zona de no aceptación donde la resistencia del suelo es demasiado baja.

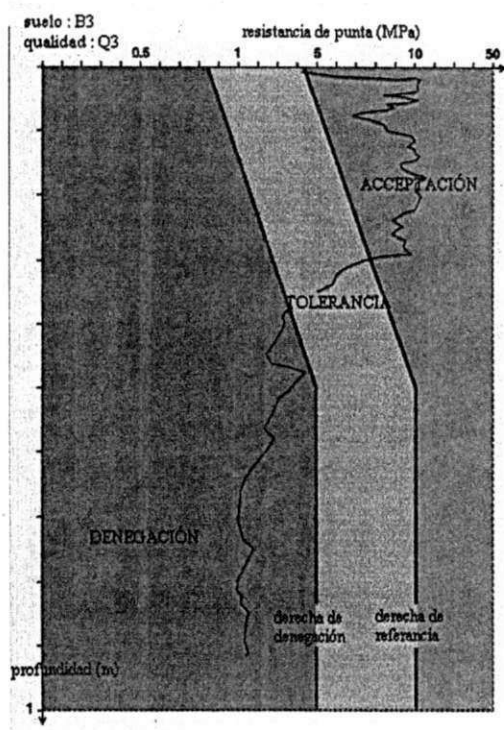


Figura A1.4 Curvas de aceptación y de rechazo del programa

- El reconocimiento de los suelos blandos. El Panda se adapta muy bien al funcionamiento para estudios de estabilidad de taludes y medios confinados.

El software permite para los dos tipos de tratamientos anteriores utilizar escalas decimales, semi logarítmicos o logarítmicos, indicar el cuadro de medidas, ajustar o no el gráfico... etc

3.5 ¿Cómo transferir los datos a la PC ?

A partir del ordenador:

Main menu – Data processing (3) – Data transmission (2)

La configuración se hace a partir de Speed selection (2)

Configuración de la transmisión:

A partir del ordenador:

Main menu – Data processing (3) – Data transmission (2) - Speed selection (2)

Sobre la pantalla se indican las velocidades de transmisión a un P.C. y a una impresora. Por defecto, la velocidad es de 4800 bds. Aparecen también los valores de los bytes de datos, paridad y bytes de paro. No hay normalmente que cambiar estos valores.

A partir de la P.C. :

En el menú 'parámetros', se debe seleccionar 'Puertos de comunicación'. Se confirmantambién los datos de velocidad, de paridad.... Es necesario solamente verificar que estas sean idénticas a las indicadas por el ordenador.

Podemos entonces proceder a la transmisión:

Transmisión :

A partir del ordenador:

Main menu – Data processing (3) – Data transmission (2) – Send data (1)

La caja espera entonces la conexión con el PC

A partir de la P.C. :

En el menú archivo, pulsar " RECIBIR" y seguir las instrucciones.

3.6 Borrado de los datos

Cuando los datos se transfieren sobre el PC, conviene vaciar la memoria de la caja:

Main menu – Data processing (3) – Memory reset (3)

La pantalla pregunta si queremos realmente borrar las medidas. En caso afirmativo, presionar Y; si no, presionar N.

ANEXO - H

Norma de referência para realização do Ensaio de Placa

September 1, 2000

**Florida Method of Test
for
NONREPETITIVE STATIC PLATE LOAD TEST
OF SOILS AND FLEXIBLE PAVEMENT COMPONENTS**

Designation: FM 5-527
Modified AASHTO T-222-78

1. SCOPE

- 1.1 This method covers the making of nonrepetitive static plate load test on subgrade soils (compacted or the natural state), base materials and flexible pavement components.

2. APPLICABLE DOCUMENTS

- 2.1 AASHTO Standards
T-222-78 - Standard Method for Nonrepetitive Static Plate Load Test of Soils and Flexible Pavement Components, for use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements.
- 2.2 Florida Research Report 68-B, Field Procedure for Performing Plate Bearing Test

3. DEFINITIONS

- 3.1 Deflection - The amount of downward vertical movement of a surface due to the application of a load to the surface.
- 3.2 Residual Deflection - The difference between original and final elevations of a surface resulting from the application and removal of one or more loads to and from the surface.
- 3.3 Rebound Deflection - The amount of vertical rebound of a surface that occurs when a load is removed from the surface.

4. APPARATUS

- 4.1 Field Test Apparatus - The required field test apparatus, part of which is shown in Figure 1, is as follows:
- 4.1.1 Loading Device - A truck or trailer, a tractor trailer, an anchored frame, or

September 1, 2000

other structure loaded with sufficient mass to produce the desired reaction on the surface under test. The supporting points (wheels in the case of a truck or trailer) shall be at least 8 ft. (2.4 m) from the circumference of the largest diameter bearing plate used. Florida commonly uses a tanker with a total load of at least 60,000 lbs. (27.216 kg).

- 4.1.2 Hydraulic Jack Assembly - With a spherical bearing attachment, capable of applying and releasing the load increments. The jack shall have sufficient capacity for applying the maximum load required, and shall be equipped with an accurately calibrated gauge, or proving ring, that will indicate the magnitude of the applied load.
- 4.1.3 Bearing Plate - A set of circular steel plates not less than 1 in. (25.4 mm) in thickness, machined so that they can be arranged in pyramid fashion to ensure rigidity, and have diameters ranging from 6 in. to 30 in. (152 to 762 mm). The diameters of adjacent plates in the pyramid arrangement shall not differ by more than 6 in. (152 mm). Aluminum alloy No. 24 ST plates 1-1/2 in. (38 mm) thick may be used in lieu of steel plates.
- 4.1.4 Dial Gauges - Two graduated in units of 0.001 in. (0.02 mm) and capable of recording an accumulated deflection of at least 1 in. (25.4 mm), or other equivalent deflection measuring devices such as LVDT's.
- 4.1.5 Deflection Beam - Upon which the dial gauges shall be mounted. The beam shall be a 2-1/2 in. (63.5 mm) standard black pipe or a 3 by 3 in. by 1/4 in. (76 x 76 x 6 mm) steel angle, or equivalent. It shall rest on supports located at least 4 ft. (1.2 m) from the circumference of the bearing plate or nearest wheel or supporting leg. The entire deflection measuring system shall be adequately shaded from direct rays of the sun.
- 4.1.6 Miscellaneous Tools - Including a spirit level, for preparation of the surface to be tested for operation of the equipment.

5. PROCEDURE

- 5.1 Where unconfined load tests are to be made, strip or remove the material lying above the elevation of the material to be tested. The stripped area should be at least twice the diameter of the largest plate to eliminate surcharge or confining effects. Clear the area to be tested of any loose materials and make it level. Extreme care should be taken not to disturb the soil in the test area, especially in granular material. For confined tests, the diameter of the excavated circular area shall be just sufficient to accommodate the selected bearing plate.

September 1, 2000

Carefully center a bearing plate of the selected diameter under the jack assembly. Set the remaining plates of smaller diameter concentric with, and on top of, the bearing plates. Set the bearing plate level in a thin bed of a mixture of sand and plaster of paris, or plaster of paris alone, or of fine sand, using the least quantity of materials required for uniform bearing. If additional testing is to be conducted it is necessary to cover the exposed soil material to a distance of 6 ft. (1.8 m) from the circumference of the bearing plate with a tarpaulin or proof paper to prevent loss of moisture from the soil during the load test.

Note: For routine evaluations, Florida uses a 12 in. (305 mm) unconfined load test. Leveling of the bearing plate is accomplished with plaster of paris alone.

- 5.2 Seat the selected bearing plate on the sand or plaster of paris. Turning or working the plate back and forth will help to provide uniform seating of the plate. Center the remaining plates of smaller diameter concentric with, and on top of, the bearing plate. Center the hydraulic jack on the smallest diameter plate.

If shimming is needed, shim between the hydraulic jack and loading device but use a ball joint between the shim and loading device. If a proving ring is being used to measure load, it should be placed on top of the hydraulic jack and the ball joint used between the proving ring and loading device. For safety reasons, shims should not be used between the ball joint and loading device. The loading device must be long enough so that its supports (wheels in the case of a truck or trailer) will be at least 8 ft. (2.4 m) from the bearing plate. Two dial gauges shall be used to measure deformation of the soil under load. Place these dial gauges so that the stems rest on the bearing plate not more than 3/4 in. (19 mm) from the outer edge, spaced 180 degrees apart. Fasten the dial gauges to a frame whose supports are at least 4 ft. (1.2 m) from the edge of the bearing plate and loading device supports (wheels in the case of truck or trailer).

- 5.3 Use the following procedures:

- 5.3.1 Seating Procedures - Seat the loading system and bearing plate by applying three seating loads. Each seating load shall produce an average total deflection of 0.030 in. (0.76 mm). Each of the three seating loads shall be applied in five uniform increments (minimum). After each increment of load has been applied, allow its action to continue until a rate of deflection, not more than 0.001 in. (0.02 mm) per minute, has been maintained for three consecutive minutes. Record load and deflection readings for each load

September 1, 2000

increment (See Table 1). When the average total deflection of 0.030 in. (0.76 mm) or the capacity of the loading device has been reached, record the total deflection, after which release the load, and maintain zero load until the rate of recovery does not exceed 0.001 in. (0.02 mm) for three consecutive minutes. Record the rebound deflection (See Table 1.) and then reset each dial indicator accurately at its zero mark. Repeat the above sequence for the second and third seating loads.

- 5.3.2 Load Application - Apply load in uniform increments. The magnitude of each load increment shall be such as to permit the recording of a sufficient number of load-deflection points to produce an accurate load-deflection curve (not less than five). After each increment of load has been applied, allow its action to continue until a rate of deflection of not more than 0.001 in. (0.02 mm) per minute has been maintained for three consecutive minutes. Record load and deflection readings for each load increment. Continue this procedure until the average total deflection [0.050 in. (1.27 mm) plus average rebound deflection from third seating load] has been obtained, or until the load capacity of the apparatus has been reached, whichever occurs first. At this point maintain the load until an increased deflection of not more than 0.001 in. (0.02 mm) for three consecutive minutes record the total final deflection. Each individual set of readings will be averaged, and this value is recorded as the average deflection reading.

6. RECORD THE TESTS

- 6.1 In addition to the continuous listing of all load, deflection and temperature data, as prescribed in Section 5, a record shall also be made of all associated conditions and observations pertaining to the test, including the following: (See Table 1 for example.)
- 6.1.1 Date.
 - 6.1.2 Time of beginning and completion of test.
 - 6.1.3 List of personnel.
 - 6.1.4 Weather conditions.
 - 6.1.5 Any irregularity in routine procedure.
 - 6.1.6 Any unusual conditions observed at the test site.
 - 6.1.7.1 Any unusual observations made during the test.

September 1, 2000

7. CALCULATION AND PLOTTING OF LOAD DEFLECTION RELATIONSHIPS

- 7.1 Plot Load - Deflection Curve - Select appropriate scale for load and deflection values encountered during testing (See Figure 2). Plot only final load, it is not necessary to plot seating loads. Only the average deflection corresponding to each load increment will be plotted (See Figure 2).
- 7.2 Total Load Determination - Determine the residual deflection by connecting the straight portion of the load-deflection curve with a straight line that intersects the "x" coordinate. The intercept deflection value is the corrected deflection value. This value is added to the selected total deflection, 0.050 in. (1.27 mm) and the total load (stress at 0.050 in., 1.27 mm, deflection) is determined from the deflections point of intercept on the load-deflection curve (See Figure 2).
- 7.3 Pounds Per Square Inch (PSI) Determination - Total load (stress at 0.050 in., 1.27 mm) expressed in pounds shall be divided by the area of the selected bearing plate expressed in square inches.

The equations would take the following form:

$$A = R^2$$

$$\text{PSI} = \frac{P}{A}$$

where: A = Area of selected bearing plate
 = 3.14159
 R = Radius of selected bearing plate
 P = Stress at 0.050 (1.27 mm)

- 7.4 Modulus Determination - Shall be determined using Burmister's theory for rigid circular plates. Burmister extended Boussinesq's theory of deflections at the center of a flexible circular plate to rigid plates. Florida's equation takes the following form:

$$E = \frac{1.18 (\text{PSI}) (R)}{0.050}$$

$$K = \frac{E}{1.18 \times R}$$

where: E = Modulus of elasticity
 1.18 = Constant for rigid plate

September 1, 2000

P = Stress at 0.050 in. (1.27 mm)
A = Area of selected bearing plate
K = Soil reaction
R = Radius of selected bearing plate

September 1, 2000

PLATE BEARING TEST
STATIC LOADING

Project No.: _____ Test No.: _____
 Station or Lab No.: _____ Plate Diameter: _____
 Layer Tested: _____ Degree Saturation: _____
 Thickness: _____ Weather (°F): _____
 Description: _____ Date: _____
 Beginning Time: _____ Tested By: _____
 Time Completed: _____ Comments: _____

	Applied Load (lbs.)	Duration (Min.)	Actual Deflection		Avg. Dial Reading (in.)
			Dial # 1	Dial # 2	
Max. Density (AASHTO T-_____)					
Optimum Moisture (AASHTO T-_____)					
_____ %					
LBR					
At Optimum _____					
Soaked _____					
Dry Density @ test: _____ pcf					
Moisture @ test: _____ %					
p = Stress @ 0.05" Deflection _____ psi					
a = Radius of Plate _____ in.					
$E = \frac{1.18 pa}{0.05} =$ _____					

(6 of 10)

September 1, 2000

PLATE BEARING TEST
STATIC LOADING

Project No.: 31010 Test No.: Base
 Station or Lab No.: Trench No. 4 Plate Diameter: 12"
 Layer Tested: Base Degree Saturation: As Constructed
 Thickness: 8" Weather (°F): _____
 Description: Limerock Date: 4-28-81
 Beginning Time: _____ Tested By: R. B. Schaub & W. Thomas
 Time Completed: _____ Comments: _____

Max. Density (AASHTO T-_____)	Applied Load (lbs.)	Duration (Min.)	Actual Deflection		Avg. Dial Reading (in.)
			Dial # 1	Dial # 2	
	0	Seating			0
Optimum Moisture (AASHTO T-_____)	1000	Load 1	.009	.016	.013
_____ %	2000		.012	.020	.016
LBR	3000		.018	.026	.022
At Optimum _____	4000		.020	.028	.024
Soaked _____	5000		.023	.032	.028
	6000		.028	.036	.032
Dry Density @ test:	0	Rebound			
_____ pcf	0	Seating	0	0	0
Moisture @ test:	2000	Load 2	.009	.011	.010
_____ %	4000		.014	.016	.015
p = Stress @ 0.05"	6000		.021	.022	.022
Deflection _____ psi	8000		.026	.028	.027
a = Radius of Plate	10000		.034	.035	.035
_____ in.	0	Rebound			
$E = \frac{1.18 p_a}{0.05} =$ _____					

September 1, 2000

PLATE BEARING TEST
STATIC LOADING

Pro.
Sta
Lay
Thi
Des
Beg
Tim

Max.
(AAS

Opti
(AAS

LBR
At
Soa
Dry
Mois

p =
Defl
a =

E =

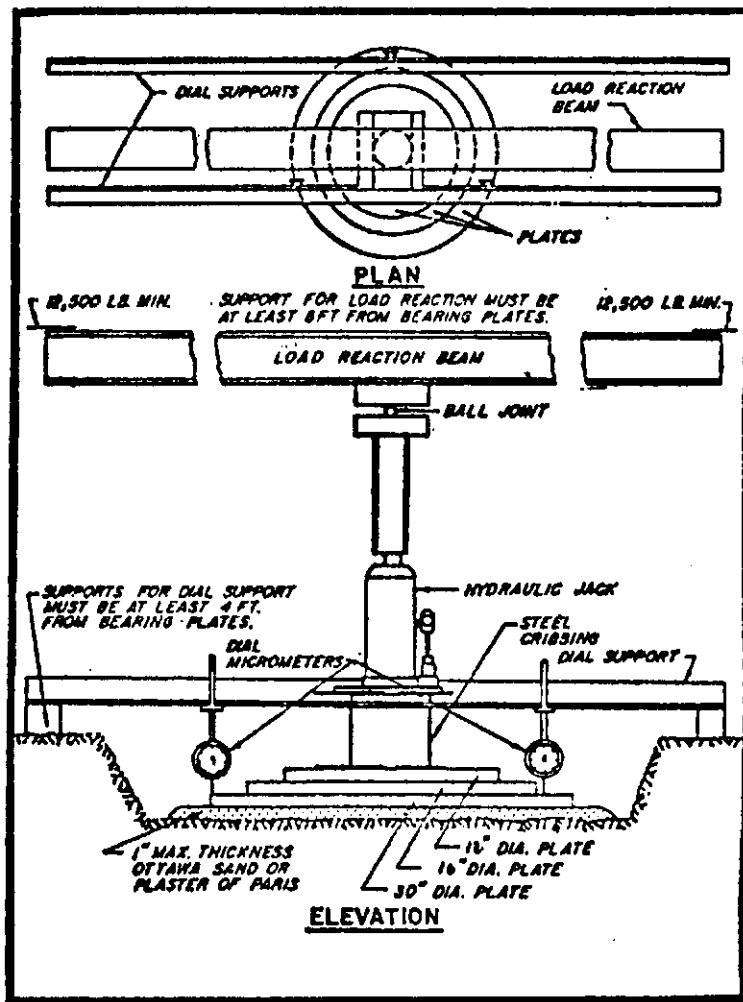
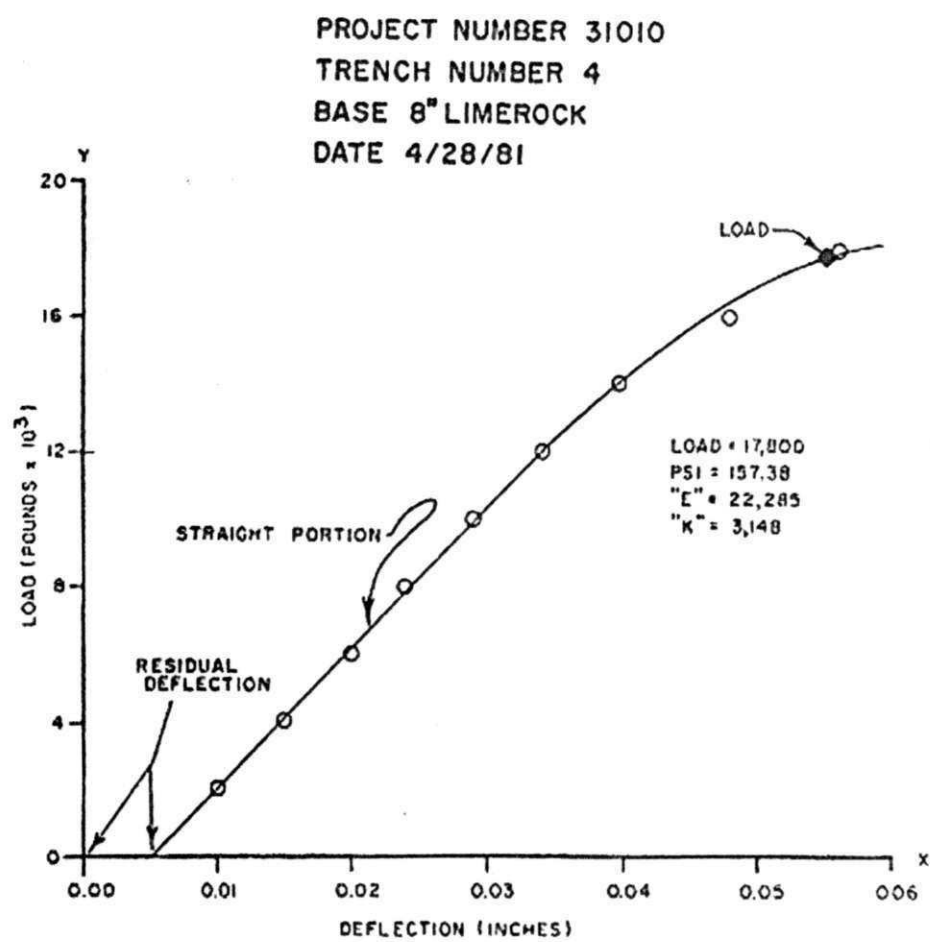


Figure 1. Plate-bearing test equipment.

September 1, 2000



12 INCH PLATE BEARING TEST

FIGURE 2

ANEXO - I

Resultados dos ensaios do Penetrômetro PANDA

Sondage : Sondage ytarare
 Type de sondage : Mesures ponctuelles
 Type de panda : Panda 2
 Type d'étude : Compactage
 Masse frappante : Marteau Panda 2
 Date : 28/07/2008 09:58:00
 Type de nappe : Indéterminée
 Nappe : 0 m
 Section de pointe : 0,0002 m²
 Prof. de pré-forage : 0,1 m
 Origine : 0 m
 Profondeur visée : 2 m
 Angle visé : 0 m
 Type d'arrêt : Temporaire
 Cote : 0 m
 Type d'appareil : Panda 2
 Vérif appareil :
 Opérateur : jj
 Responsable : Prof Kennedy
 Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 137

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,109	1,6
1	0,115	2,13
2	0,121	2,79
3	0,127	3,61
4	0,134	4,45
5	0,14	6,38
6	0,146	6,2
7	0,151	6,81
8	0,156	8,43
9	0,16	9,77
10	0,163	10,01
11	0,168	9,95
12	0,172	8,59
13	0,178	6,2
14	0,186	5,19
15	0,193	4,89
16	0,2	4,8
17	0,208	4,58
18	0,219	3,44
19	0,231	2,78
20	0,242	1,92
21	0,25	2,4
22	0,258	2,29
23	0,266	2,44
24	0,274	2,87

25	0,281	2,86
26	0,288	3
27	0,296	3,46
28	0,303	3,55
29	0,309	3,92
30	0,316	3,56
31	0,323	3,87
32	0,33	3,47
33	0,337	3,33
34	0,344	3,84
35	0,351	4,51
36	0,356	4,66
37	0,36	5,86
38	0,365	6,52
39	0,369	6,74
40	0,374	6,63
41	0,379	6,43
42	0,383	6,76
43	0,388	6,38
44	0,392	7,11
45	0,396	6,29
46	0,401	6,87
47	0,405	7
48	0,41	7,66
49	0,414	7,24
50	0,419	7,48
51	0,423	6,79
52	0,428	7,08
53	0,433	6,48
54	0,437	5,92
55	0,443	5,72
56	0,449	5,6
57	0,454	5,97
58	0,459	5,82
59	0,464	5,66
60	0,469	5,69
61	0,475	5,25
62	0,48	6,02
63	0,485	4,95
64	0,489	5,72
65	0,495	4,82
66	0,5	5,82
67	0,505	5,53
68	0,51	5,12
69	0,513	5,34
70	0,517	5,91
71	0,523	5,11
72	0,529	5,45
73	0,536	5,87
74	0,542	5,18
75	0,547	5,78
76	0,552	4,78
77	0,557	5,33
78	0,562	5,8
79	0,568	5,27
80	0,573	5,9

81	0,579	5,16
82	0,585	5,53
83	0,591	4,8
84	0,597	5,08
85	0,602	5,08
86	0,608	5,03
87	0,613	4,88
88	0,62	4,38
89	0,626	4,48
90	0,632	5,04
91	0,639	4,78
92	0,646	4,61
93	0,653	4,38
94	0,661	4,25
95	0,668	4,74
96	0,675	4,63
97	0,683	4,48
98	0,691	4,54
99	0,698	4,16
100	0,706	3,85
101	0,712	4,35
102	0,72	3,93
103	0,728	4,11
104	0,736	4,04
105	0,743	4,04
106	0,75	3,74
107	0,757	3,67
108	0,766	3,54
109	0,774	3,46
110	0,782	3,52
111	0,789	3,58
112	0,796	3,53
113	0,802	3,06
114	0,808	2,9
115	0,815	3,01
116	0,821	2,91
117	0,827	2,68
118	0,834	2,59
119	0,841	2,8
120	0,846	2,45
121	0,854	2,61
122	0,862	2,63
123	0,868	2,51
124	0,875	2,4
125	0,884	2,34
126	0,892	2,27
127	0,902	2
128	0,913	1,84
129	0,923	1,65
130	0,934	1,56
131	0,946	1,25
132	0,959	1,18
133	0,972	0,98
134	0,985	0,99
135	0,999	0,88
136	1,012	0,96

Fin du sondage : Sondage ytarare
 Sondage : Sondage ytarare 2
 Type de sondage : Mesures ponctuelles
 Type de panda : Panda 2
 Type d'étude : Compactage
 Masse frappante : Marteau Panda 2
 Date : 28/07/2008 10:09:00
 Type de nappe : Indéterminée
 Nappe : 0 m
 Section de pointe : 0,0002 m²
 Prof. de pré-forage : 0,1 m
 Origine : 0 m
 Profondeur visée : 2 m
 Angle visé : 0 m
 Type d'arrêt : Temporaire
 Cote : 0 m
 Type d'appareil : Panda 2
 Vérif appareil :
 Opérateur : jj
 Responsable : Prof Kennedy
 Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 81

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)	
0		0,108	0,96
1		0,115	1,16
2		0,123	1,03
3		0,13	1,39
4		0,135	1,75
5		0,142	2,05
6		0,148	2,38
7		0,155	2,62
8		0,159	2,85
9		0,166	2,68
10		0,171	3,36
11		0,177	2,78
12		0,183	2,45
13		0,187	3,4
14		0,194	2,38
15		0,2	3,03
16		0,205	3,31
17		0,21	3,44
18		0,214	3,36
19		0,22	2,55
20		0,224	4,08
21		0,23	3,23
22		0,236	2,99

23	0,243	2,36
24	0,25	2,22
25	0,258	1,8
26	0,265	2,34
27	0,271	2,45
28	0,279	2,23
29	0,287	2,5
30	0,294	2,67
31	0,3	3,09
32	0,306	2,54
33	0,311	3,04
34	0,316	3,08
35	0,321	3,11
36	0,327	3
37	0,332	3,38
38	0,337	3,94
39	0,342	4,25
40	0,347	4,4
41	0,352	3,91
42	0,356	4,32
43	0,361	4,19
44	0,365	4,82
45	0,369	4,39
46	0,373	4,77
47	0,378	4,82
48	0,381	5,19
49	0,385	6,59
50	0,388	5,86
51	0,392	6,33
52	0,395	6,28
53	0,398	7,06
54	0,403	6,37
55	0,407	6,99
56	0,411	6,95
57	0,415	7,47
58	0,419	6,83
59	0,422	7,41
60	0,425	5,73
61	0,429	6,65
62	0,432	6,83
63	0,436	6,76
64	0,44	5,84
65	0,444	5,98
66	0,448	6,01
67	0,451	6,46
68	0,455	5,82
69	0,458	7,04
70	0,461	6,71
71	0,465	6,1
72	0,469	5,83
73	0,472	6,9
74	0,476	6,23
75	0,479	6,68
76	0,483	5,5
77	0,487	5,71
78	0,492	4,76

	79	0,496	5,41
	80	0,499	5,19
Fin du sondage :	Sondage ytarare 2		
Sondage :	Sondage ytarare 3		
Type de sondage :	Mesures ponctuelles		
Type de panda :	Panda 2		
Type d'étude :	Compactage		
Masse frappante :	Marteau Panda 2		
Date :	28/07/2008		10:14:00
Type de nappe :	Indéterminée		
Nappe :		0 m	
Section de pointe :		0,0002 m ²	
Prof. de pré-forage :		0,1 m	
Origine :		0 m	
Profondeur visée :		2 m	
Angle visé :		0 m	
Type d'arrêt :	Temporaire		
Cote :		0 m	
Type d'appareil :	Panda 2		
Vérif appareil :			
Opérateur :	jj		
Responsable :	Prof Kennedy		
Organisme :	UFCG		
Commentaire 1 :			
Commentaire 2 :			
Commentaire 3 :			
Commentaire 4 :			
Repérage :		M	
X :			
Y :			
Z :			
Nombre de mesures Qd :		163	

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)	
0		0,106	0,93
1		0,111	1,27
2		0,116	2,24
3		0,12	2,92
4		0,123	3,16
5		0,127	3,18
6		0,131	3,18
7		0,134	3,58
8		0,137	4,28
9		0,142	3,56
10		0,146	3,54
11		0,151	3,33
12		0,155	3,3
13		0,161	3,09
14		0,167	2,3
15		0,172	2,18
16		0,179	2,54
17		0,186	2,78
18		0,193	2,86
19		0,2	2,55
20		0,209	2,33

21	0,217	2,38
22	0,225	2,1
23	0,233	2,12
24	0,24	2,11
25	0,248	2,25
26	0,254	2,54
27	0,261	2,51
28	0,266	3,04
29	0,272	2,95
30	0,278	3,95
31	0,282	4,72
32	0,289	2,94
33	0,296	3,24
34	0,303	3,07
35	0,309	3,24
36	0,315	3,48
37	0,32	3,55
38	0,326	3,52
39	0,332	3,62
40	0,338	3,4
41	0,342	3,69
42	0,346	3,29
43	0,351	3,76
44	0,355	3,94
45	0,359	4,44
46	0,363	4,74
47	0,366	4,69
48	0,369	5,21
49	0,372	5,62
50	0,376	5,6
51	0,38	4,94
52	0,382	4,78
53	0,385	5,64
54	0,388	5,17
55	0,391	4,88
56	0,394	5,67
57	0,398	5,59
58	0,401	5,97
59	0,404	6,21
60	0,407	6,28
61	0,411	6,21
62	0,414	6,32
63	0,418	6,43
64	0,421	6,06
65	0,425	5,28
66	0,428	6,2
67	0,432	5,26
68	0,435	5,55
69	0,439	5,47
70	0,443	5
71	0,447	4,8
72	0,45	6,07
73	0,453	5,18
74	0,456	6,63
75	0,46	5,39
76	0,464	5,73

77	0,467	6
78	0,471	5
79	0,475	5,01
80	0,479	5,08
81	0,483	5,04
82	0,487	4,72
83	0,491	4,68
84	0,495	4,98
85	0,499	4,47
86	0,504	4,51
87	0,508	4,46
88	0,513	4,41
89	0,517	4,99
90	0,518	5,58
91	0,521	4,41
92	0,524	4,96
93	0,528	4,96
94	0,534	4,38
95	0,539	4,67
96	0,544	5,11
97	0,549	4,62
98	0,553	4,73
99	0,557	4,41
100	0,563	4,23
101	0,567	4,65
102	0,572	4,61
103	0,577	4,36
104	0,582	4,63
105	0,587	4,59
106	0,591	4,09
107	0,597	4,21
108	0,602	4,31
109	0,608	3,98
110	0,614	4,16
111	0,619	3,87
112	0,625	3,84
113	0,63	3,83
114	0,635	3,39
115	0,641	3,67
116	0,646	3,88
117	0,652	3,76
118	0,657	3,33
119	0,663	3,38
120	0,669	3,58
121	0,676	3,59
122	0,682	3,41
123	0,688	3,35
124	0,694	3,33
125	0,7	3,05
126	0,707	3,1
127	0,714	3,32
128	0,719	2,82
129	0,725	3,07
130	0,731	3,2
131	0,736	3,29
132	0,743	2,85

133	0,749	3,26
134	0,755	2,98
135	0,763	2,84
136	0,77	3,09
137	0,777	2,99
138	0,785	2,78
139	0,791	2,89
140	0,799	2,7
141	0,807	2,9
142	0,814	2,63
143	0,822	2,45
144	0,83	2,44
145	0,838	2,36
146	0,845	2,35
147	0,853	2,19
148	0,862	2,02
149	0,871	1,9
150	0,88	1,89
151	0,891	2,03
152	0,901	1,87
153	0,911	1,8
154	0,921	1,65
155	0,933	1,56
156	0,945	1,36
157	0,956	1,26
158	0,966	1,23
159	0,977	1,03
160	0,988	1,09
161	0,997	0,95
162	1,006	0,88

Fin du sondage : Sondage ytarare 3

Sondage : Sondage almeida2 1

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008

14:43:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage :

M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd :

126

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,104	2,53
1	0,109	2,64
2	0,116	2,54
3	0,122	3,23
4	0,128	4,07
5	0,132	4,52
6	0,137	4,99
7	0,142	5
8	0,147	5,12
9	0,151	5,42
10	0,156	5,41
11	0,161	6,46
12	0,166	6,33
13	0,17	5,33
14	0,175	5,87
15	0,18	6,29
16	0,184	5,37
17	0,189	5,84
18	0,194	5,72
19	0,197	4,43
20	0,201	4,75
21	0,206	5,45
22	0,211	4,68
23	0,216	3,95
24	0,221	4,29
25	0,227	3,63
26	0,233	3,65
27	0,238	3,56
28	0,244	3,17
29	0,25	3,36
30	0,255	3,9
31	0,261	4,15
32	0,266	4,84
33	0,273	3,99
34	0,279	3,39
35	0,285	3,92
36	0,291	3,85
37	0,297	4,1
38	0,304	3,91
39	0,311	3,74
40	0,317	3,9
41	0,325	3,77
42	0,331	3,8
43	0,337	3,89
44	0,345	3,8
45	0,35	5,19
46	0,354	5,42
47	0,36	4,52
48	0,367	3,55

49	0,376	2,95
50	0,384	3,16
51	0,392	2,65
52	0,402	2,2
53	0,411	1,99
54	0,422	1,87
55	0,432	1,95
56	0,443	2,03
57	0,453	1,88
58	0,463	1,96
59	0,47	2,26
60	0,477	2,23
61	0,485	2,1
62	0,494	1,81
63	0,503	1,7
64	0,513	1,59
65	0,522	1,69
66	0,53	1,56
67	0,535	2,09
68	0,539	2,39
69	0,545	2,19
70	0,552	2,37
71	0,559	2,21
72	0,567	1,94
73	0,574	1,93
74	0,581	2,01
75	0,588	2,11
76	0,595	2,07
77	0,602	1,76
78	0,609	1,98
79	0,616	1,93
80	0,623	1,98
81	0,63	1,73
82	0,636	2,1
83	0,643	1,86
84	0,651	2,08
85	0,659	2,22
86	0,667	2,08
87	0,675	2,07
88	0,682	2,32
89	0,689	2,08
90	0,698	2,05
91	0,706	2,04
92	0,713	2,06
93	0,72	1,94
94	0,728	2,02
95	0,736	2,02
96	0,746	1,96
97	0,754	1,96
98	0,762	2,21
99	0,771	2,09
100	0,779	2,02
101	0,788	1,84
102	0,797	1,71
103	0,805	1,93
104	0,813	1,57

105	0,823	1,6
106	0,833	1,64
107	0,843	1,49
108	0,852	1,52
109	0,861	1,54
110	0,871	1,4
111	0,88	1,41
112	0,89	1,38
113	0,899	1,36
114	0,909	1,31
115	0,919	1,31
116	0,93	1,1
117	0,943	1,01
118	0,953	1,05
119	0,962	1,3
120	0,97	1,51
121	0,977	1,64
122	0,983	2,06
123	0,989	2,2
124	0,995	2,51
125	1,001	2,56

Fin du sondage : Sondage almeida2 1

Sondage : Sondage almeida2 2

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 14:51:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage : M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd : 145

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,102	1,51
1	0,105	2,12

2	0,107	2,78
3	0,109	4,47
4	0,11	4,02
5	0,114	3,68
6	0,116	4,96
7	0,119	3,44
8	0,121	3,3
9	0,123	3,34
10	0,126	5,08
11	0,129	4,76
12	0,131	6,26
13	0,134	7,89
14	0,136	6,45
15	0,139	7,97
16	0,14	8,45
17	0,141	10,44
18	0,143	8,07
19	0,145	7,74
20	0,148	7,87
21	0,15	8,77
22	0,153	7,32
23	0,156	6,07
24	0,159	9,59
25	0,161	9,26
26	0,165	7,29
27	0,169	7,61
28	0,172	8,51
29	0,175	8,66
30	0,179	6,83
31	0,183	7,7
32	0,187	7,81
33	0,19	7,86
34	0,194	7,91
35	0,199	6,49
36	0,203	5,92
37	0,208	5,19
38	0,212	5,77
39	0,218	6,66
40	0,223	5,13
41	0,229	5,32
42	0,234	4,95
43	0,239	5,45
44	0,243	4,91
45	0,246	5,27
46	0,25	4,9
47	0,254	5,51
48	0,257	5,05
49	0,261	5,35
50	0,264	5,44
51	0,267	5,73
52	0,271	6,08
53	0,274	5,03
54	0,279	4,38
55	0,285	4,32
56	0,291	3,45
57	0,296	4,18

58	0,302	4,13
59	0,306	4,77
60	0,311	4,63
61	0,316	3,97
62	0,322	4,23
63	0,327	4,54
64	0,332	4,3
65	0,337	4,31
66	0,342	4,56
67	0,346	4,08
68	0,351	3,2
69	0,358	3,1
70	0,364	3,02
71	0,371	2,98
72	0,379	2,79
73	0,384	2,06
74	0,392	2,16
75	0,402	2,25
76	0,413	2,31
77	0,422	2,2
78	0,427	1,79
79	0,435	2,12
80	0,446	2,23
81	0,455	2,17
82	0,461	2,02
83	0,468	2,01
84	0,476	1,95
85	0,485	1,88
86	0,493	1,92
87	0,503	1,84
88	0,511	1,88
89	0,52	1,88
90	0,531	2,03
91	0,542	2,01
92	0,553	2,04
93	0,564	2,05
94	0,575	2,17
95	0,585	2,4
96	0,596	2,51
97	0,606	2,53
98	0,615	2,58
99	0,624	2,35
100	0,634	2,26
101	0,645	2,18
102	0,655	2,22
103	0,663	2,09
104	0,673	2,01
105	0,683	1,97
106	0,693	1,88
107	0,706	1,85
108	0,718	1,71
109	0,73	1,66
110	0,738	1,62
111	0,748	2,01
112	0,756	2,22
113	0,764	2,62

114	0,772	2,74
115	0,779	2,8
116	0,786	3,07
117	0,793	3,13
118	0,799	3,44
119	0,803	3,4
120	0,808	4,18
121	0,813	3,64
122	0,82	3,53
123	0,825	2,52
124	0,833	2,46
125	0,841	2,96
126	0,848	2,42
127	0,857	2,32
128	0,866	2,42
129	0,873	2,52
130	0,88	2,5
131	0,889	2,39
132	0,896	2,14
133	0,904	2,18
134	0,915	2,11
135	0,924	2,12
136	0,932	2,03
137	0,938	2,04
138	0,948	1,93
139	0,957	1,98
140	0,966	2,11
141	0,974	1,96
142	0,983	2,1
143	0,992	1,88
144	1,001	1,92

Fin du sondage : Sondage almeida2 2

Sondage : Sondage almeida1 1

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008

16:07:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,26 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : saul

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage :

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd :

M

148

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,264	2,54
1	0,27	3,68
2	0,276	3,1
3	0,279	4,66
4	0,284	4,47
5	0,288	5,14
6	0,294	3,83
7	0,299	4,28
8	0,303	5,27
9	0,309	3,49
10	0,313	6,17
11	0,318	5,07
12	0,322	6,06
13	0,327	5,23
14	0,33	7,52
15	0,333	6,41
16	0,336	7,51
17	0,339	7,86
18	0,342	7,48
19	0,345	5,89
20	0,348	9,01
21	0,351	9,1
22	0,354	11,12
23	0,358	9,38
24	0,362	9,29
25	0,366	9,11
26	0,37	10,04
27	0,374	8,62
28	0,377	7,22
29	0,381	8,15
30	0,383	10,39
31	0,387	7,72
32	0,389	9,88
33	0,392	10,64
34	0,396	9,31
35	0,398	10,68
36	0,399	9,79
37	0,402	6,68
38	0,405	8,89
39	0,408	10,22
40	0,411	9,38
41	0,415	10,32
42	0,418	9,01
43	0,422	10,27
44	0,425	8,1
45	0,429	9,53
46	0,433	9,28
47	0,437	9,48

48	0,442	8,93
49	0,446	9,33
50	0,449	10,45
51	0,453	9,75
52	0,457	8,87
53	0,46	8,81
54	0,464	6,93
55	0,467	8,76
56	0,471	8,89
57	0,475	9,72
58	0,478	9,43
59	0,482	8,55
60	0,485	9,73
61	0,489	8,67
62	0,493	8,27
63	0,497	7,68
64	0,5	7,05
65	0,503	6,9
66	0,506	8,41
67	0,51	9,48
68	0,513	8,28
69	0,517	8,36
70	0,521	9,05
71	0,524	8,08
72	0,528	8,68
73	0,532	8,5
74	0,535	7,86
75	0,538	9,04
76	0,542	7,89
77	0,546	6,5
78	0,551	7,62
79	0,556	7,76
80	0,56	7,52
81	0,565	6,6
82	0,57	7,08
83	0,574	8,05
84	0,578	7,93
85	0,582	9,52
86	0,585	8,5
87	0,59	7,8
88	0,593	8,51
89	0,596	10,59
90	0,599	10,58
91	0,602	11,19
92	0,606	9,08
93	0,609	10,77
94	0,613	10,63
95	0,618	8,28
96	0,622	6,79
97	0,628	5,91
98	0,633	5,64
99	0,638	6,97
100	0,644	8,11
101	0,648	10,01
102	0,652	8,56
103	0,66	6,31

104	0,666	6,42
105	0,678	3,92
106	0,691	3,57
107	0,704	3,66
108	0,714	3,62
109	0,722	3,54
110	0,733	3,58
111	0,741	4,28
112	0,75	4,9
113	0,76	4,52
114	0,773	3,48
115	0,783	3,87
116	0,791	3,67
117	0,799	3,6
118	0,807	3,91
119	0,816	3,67
120	0,823	4,04
121	0,831	4,01
122	0,838	3,98
123	0,844	4,74
124	0,849	4,89
125	0,855	4,97
126	0,861	5,23
127	0,866	5,07
128	0,873	4,28
129	0,882	4,43
130	0,888	3,79
131	0,896	3,5
132	0,902	3,16
133	0,91	3
134	0,918	2,47
135	0,926	2,71
136	0,933	2,69
137	0,941	2,78
138	0,949	2,86
139	0,958	3,13
140	0,962	3,27
141	0,968	3,87
142	0,974	3,96
143	0,98	3,76
144	0,986	3,81
145	0,992	3,8
146	0,998	3,79
147	1,004	3,58

Fin du sondage : Sondage almeida1 1

Sondage : Sondage almeida1 2

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008

16:19:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,26 m

Origine : 0 m
 Profondeur visée : 1 m
 Angle visé : 0 m
 Type d'arrêt : Temporaire
 Cote : 0 m
 Type d'appareil : Panda 2
 Vérif appareil :
 Opérateur : jj
 Responsable : Prof Kennedy
 Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 110

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,268	1,84
1	0,274	2,16
2	0,28	2,23
3	0,286	2,36
4	0,294	2,69
5	0,3	2,92
6	0,308	2,73
7	0,315	3,29
8	0,319	3,67
9	0,324	3,54
10	0,33	3,85
11	0,337	3,53
12	0,344	3,48
13	0,35	3,28
14	0,356	3,49
15	0,363	3,13
16	0,368	4,62
17	0,373	4,68
18	0,377	5,28
19	0,381	6,71
20	0,384	6,08
21	0,387	5,84
22	0,391	6,6
23	0,394	7,36
24	0,397	8,44
25	0,399	9,17
26	0,402	7,69
27	0,405	8,55
28	0,408	10,2
29	0,411	8,96
30	0,414	9,2
31	0,417	9,81
32	0,419	10,93
33	0,422	9,84
34	0,425	9,36

35	0,428	10,06
36	0,431	10,32
37	0,435	9,24
38	0,438	11,28
39	0,441	10,23
40	0,445	10,22
41	0,448	11,65
42	0,451	9,71
43	0,454	10,34
44	0,457	9,32
45	0,46	11
46	0,462	11,06
47	0,464	11,59
48	0,468	9,57
49	0,471	8,3
50	0,473	10,18
51	0,476	9,95
52	0,479	9,58
53	0,482	10,14
54	0,485	10,7
55	0,487	12,3
56	0,49	10,01
57	0,493	9,83
58	0,495	11,48
59	0,498	8,54
60	0,501	851,72
61	0,504	9,75
62	0,507	9,79
63	0,509	9,6
64	0,512	9,16
65	0,515	9,89
66	0,517	10,21
67	0,52	9,57
68	0,522	10,12
69	0,525	7,12
70	0,528	9,15
71	0,531	8,51
72	0,533	11,28
73	0,536	10,08
74	0,54	7,79
75	0,543	9,5
76	0,546	8,75
77	0,549	9,74
78	0,552	9,26
79	0,555	10,69
80	0,559	7,79
81	0,562	10,42
82	0,566	8,84
83	0,57	7,96
84	0,574	8,72
85	0,579	9,95
86	0,583	9,14
87	0,588	9,04
88	0,592	8,51
89	0,597	8,49
90	0,601	7,17

91	0,608	5,89
92	0,614	6,39
93	0,62	6,17
94	0,627	5,68
95	0,633	5,06
96	0,639	5,13
97	0,641	10,6
98	0,645	7,05
99	0,649	6,71
100	0,653	6,67
101	0,657	8,51
102	0,659	24,01
103	0,661	26,77
104	0,662	25,31
105	0,663	35,65
106	0,665	23,31
107	0,666	32,69
108	0,668	26,6
109	0,67	39,88

Fin du sondage : Sondage almeida1 2

Sondage : Sondage fernando1 1

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 08:30:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage : M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd : 126

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,12	1,2
1	0,127	1,75
2	0,134	1,95
3	0,144	2,73

4	0,152	2,89
5	0,165	2,07
6	0,177	1,62
7	0,187	1,54
8	0,197	1,56
9	0,207	2,08
10	0,214	2,46
11	0,221	3,04
12	0,228	3,48
13	0,234	4,72
14	0,241	4,15
15	0,248	4,26
16	0,256	3,87
17	0,262	4,18
18	0,27	3,67
19	0,277	3,77
20	0,284	3,33
21	0,292	3,29
22	0,299	3,19
23	0,306	2,75
24	0,314	3,35
25	0,322	3,25
26	0,329	3,51
27	0,336	3,53
28	0,344	3,39
29	0,35	3,78
30	0,357	3,01
31	0,365	3,26
32	0,373	3,28
33	0,381	3,26
34	0,388	3,12
35	0,396	3,51
36	0,404	3,44
37	0,411	3,39
38	0,419	3,42
39	0,427	3,43
40	0,433	3,11
41	0,44	3,89
42	0,447	3,55
43	0,453	3,95
44	0,458	4,57
45	0,463	4,23
46	0,469	4,69
47	0,474	4,65
48	0,48	4,56
49	0,485	4,82
50	0,49	4,28
51	0,494	5,04
52	0,499	5,5
53	0,503	4,96
54	0,509	4,65
55	0,514	4,17
56	0,519	5,69
57	0,523	5,81
58	0,527	5,42
59	0,532	4,21

60	0,537	4,36
61	0,543	4,11
62	0,548	3,71
63	0,555	3,99
64	0,561	3,58
65	0,567	3,34
66	0,573	3,88
67	0,579	3,59
68	0,585	3,7
69	0,591	3,91
70	0,594	4,71
71	0,599	5,35
72	0,604	5,82
73	0,609	6,76
74	0,614	5,29
75	0,618	5,51
76	0,623	6,62
77	0,628	6,32
78	0,632	6,22
79	0,637	7,22
80	0,641	5,75
81	0,646	5,75
82	0,653	6,56
83	0,66	5,92
84	0,668	5,07
85	0,677	4,62
86	0,685	5,27
87	0,692	5,15
88	0,7	5,62
89	0,709	4,51
90	0,718	5
91	0,725	5,66
92	0,734	4,81
93	0,743	4,79
94	0,75	5,14
95	0,758	5,44
96	0,765	5,16
97	0,775	4,6
98	0,781	6,18
99	0,789	4,58
100	0,797	5,81
101	0,803	6,87
102	0,812	4,35
103	0,82	4,56
104	0,827	6,18
105	0,833	5,74
106	0,841	4,29
107	0,849	4,24
108	0,857	4,13
109	0,865	4,3
110	0,876	3,34
111	0,885	3,45
112	0,895	3,39
113	0,906	2,92
114	0,914	3,75
115	0,922	3,6

116	0,93	3,79
117	0,938	3,52
118	0,945	3,83
119	0,953	3,62
120	0,963	3,15
121	0,973	2,97
122	0,982	2,98
123	0,99	2,93
124	0,998	3
125	1,002	2,65

Fin du sondage : Sondage fernando1 1

Sondage : Sondage fernando1 2

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 08:40:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage : M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd : 116

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,107	1,48
1	0,114	1,52
2	0,124	1,34
3	0,134	1,08
4	0,148	0,88
5	0,162	0,78
6	0,173	0,78
7	0,183	0,88
8	0,192	0,86
9	0,2	1,02
10	0,208	1,29
11	0,216	1,53
12	0,224	1,7

13	0,232	1,93
14	0,24	2,18
15	0,248	2,06
16	0,254	2,5
17	0,26	2,32
18	0,266	2,83
19	0,271	2,96
20	0,277	2,92
21	0,284	3,29
22	0,292	3,36
23	0,298	3,53
24	0,305	3,02
25	0,312	3,52
26	0,319	2,88
27	0,325	3,53
28	0,332	3,81
29	0,338	3,8
30	0,344	4,2
31	0,349	4,16
32	0,353	3,98
33	0,358	4,05
34	0,365	4,8
35	0,37	4,49
36	0,377	4,39
37	0,383	4,87
38	0,389	4,83
39	0,395	4,67
40	0,4	5,04
41	0,406	4,76
42	0,412	4,9
43	0,418	4,28
44	0,425	4,61
45	0,432	4,34
46	0,439	4,65
47	0,446	4,4
48	0,452	5,06
49	0,459	3,85
50	0,466	5,08
51	0,473	4,33
52	0,479	4,56
53	0,486	4,26
54	0,492	4,62
55	0,498	3,64
56	0,504	4,44
57	0,512	3,75
58	0,52	3,67
59	0,528	3,56
60	0,535	3,3
61	0,543	3,93
62	0,55	4,04
63	0,557	3,75
64	0,564	3,93
65	0,571	4,58
66	0,576	5,22
67	0,582	4,7
68	0,584	4,77

69	0,589	5,77
70	0,596	3,81
71	0,605	4,27
72	0,613	3,4
73	0,62	4,24
74	0,629	3,12
75	0,637	3,47
76	0,645	3,73
77	0,654	3,53
78	0,663	3,15
79	0,672	3,49
80	0,681	3,26
81	0,689	3,42
82	0,698	3,36
83	0,707	2,89
84	0,715	3,14
85	0,723	2,97
86	0,732	3,35
87	0,741	3,25
88	0,751	3,07
89	0,758	3,09
90	0,767	3,02
91	0,776	2,66
92	0,785	2,51
93	0,794	2,69
94	0,804	2,33
95	0,815	2,4
96	0,825	2
97	0,838	1,97
98	0,849	2,15
99	0,86	1,87
100	0,871	2
101	0,88	2,05
102	0,887	1,87
103	0,896	1,69
104	0,905	1,75
105	0,913	1,78
106	0,922	1,79
107	0,931	1,76
108	0,94	1,72
109	0,949	2,08
110	0,955	2,45
111	0,96	4,03
112	0,966	3,36
113	0,978	2,05
114	0,992	1,32
115	1,003	1,26

Fin du sondage : Sondage fernando1 2

Sondage : Sondage fernando2 1

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008

09:36:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m
 Section de pointe : 0,0002 m²
 Prof. de pré-forage : 0,1 m
 Origine : 0 m
 Profondeur visée : 1 m
 Angle visé : 0 m
 Type d'arrêt : Temporaire
 Cote : 0 m
 Type d'appareil : Panda 2
 Vérif appareil :
 Opérateur : jj
 Responsable : Prof Kennedy
 Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 59

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,108	0,69
1	0,114	1,18
2	0,129	0,84
3	0,137	1,07
4	0,144	1,46
5	0,15	1,67
6	0,158	1,53
7	0,166	1,29
8	0,175	1,24
9	0,185	1,28
10	0,193	1,41
11	0,2	1,73
12	0,209	1,61
13	0,217	1,53
14	0,225	1,65
15	0,232	1,93
16	0,239	2,37
17	0,245	2,58
18	0,252	2,36
19	0,26	2,2
20	0,268	2,26
21	0,276	2,13
22	0,285	2,08
23	0,292	2,02
24	0,301	1,95
25	0,307	2,77
26	0,315	2,73
27	0,325	1,73
28	0,339	1,22
29	0,355	0,88
30	0,365	0,86
31	0,372	0,98

32	0,379	1,32
33	0,386	1,53
34	0,395	1,35
35	0,404	1,51
36	0,411	1,69
37	0,418	1,79
38	0,424	2,32
39	0,431	2,63
40	0,44	2,29
41	0,45	1,49
42	0,459	1,62
43	0,465	1,5
44	0,471	2,34
45	0,477	2,29
46	0,483	2,45
47	0,488	2,87
48	0,492	5,61
49	0,495	5,66
50	0,497	8,93
51	0,501	8,37
52	0,503	10,9
53	0,506	10,13
54	0,508	11,56
55	0,511	12,32
56	0,513	14,07
57	0,516	19,05
58	0,517	25,79

Fin du sondage : Sondage fernando2 1

Sondage : Sondage fernando2 2

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 09:42:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage : M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd : 125

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,11	0,71
1	0,119	0,99
2	0,128	1,24
3	0,133	2,47
4	0,138	3,01
5	0,145	2,22
6	0,154	1,48
7	0,165	1,33
8	0,176	1,25
9	0,187	1,14
10	0,196	1,27
11	0,205	1,53
12	0,213	1,7
13	0,219	1,94
14	0,226	2,52
15	0,231	2,81
16	0,237	3,29
17	0,243	3,35
18	0,249	3,15
19	0,257	2,85
20	0,265	2,17
21	0,273	1,88
22	0,279	2,42
23	0,284	3,24
24	0,292	2,46
25	0,297	3,54
26	0,301	4,84
27	0,308	3,45
28	0,314	3,93
29	0,319	4,98
30	0,323	5,83
31	0,329	6,22
32	0,333	7,54
33	0,339	6,18
34	0,344	6,68
35	0,349	6,19
36	0,353	5,74
37	0,359	4,69
38	0,365	6,5
39	0,37	5,82
40	0,378	3,68
41	0,386	4,29
42	0,394	3,55
43	0,404	2,54
44	0,417	1,99
45	0,425	2,18
46	0,434	2,21
47	0,443	1,71
48	0,452	1,8
49	0,461	1,75
50	0,469	2,07
51	0,476	1,92

52	0,484	1,67
53	0,491	1,89
54	0,499	2,2
55	0,506	2,14
56	0,512	2,96
57	0,517	3,76
58	0,523	3,52
59	0,53	3,67
60	0,536	3,89
61	0,541	4,01
62	0,547	4,2
63	0,551	6,18
64	0,554	3,68
65	0,558	4,25
66	0,562	4,79
67	0,568	3,53
68	0,572	4,43
69	0,577	4,21
70	0,583	3,91
71	0,588	3,99
72	0,593	4,84
73	0,599	3,34
74	0,604	4,68
75	0,609	4,32
76	0,615	4,75
77	0,621	4,11
78	0,627	4,31
79	0,634	4,22
80	0,642	3,65
81	0,649	4,29
82	0,657	3,61
83	0,664	3,93
84	0,67	5,34
85	0,675	5,01
86	0,681	5,08
87	0,686	5,52
88	0,692	5,71
89	0,698	4,8
90	0,704	5,31
91	0,713	3,11
92	0,719	4,39
93	0,728	2,77
94	0,741	2,2
95	0,757	1,84
96	0,771	1,28
97	0,785	1,33
98	0,797	1,32
99	0,806	1,34
100	0,814	1,8
101	0,821	1,84
102	0,827	1,95
103	0,835	2,24
104	0,845	2,21
105	0,854	2,32
106	0,861	2,24
107	0,871	2,13

108	0,879	2,31
109	0,888	1,95
110	0,896	2,22
111	0,904	2,17
112	0,911	2,54
113	0,918	2,21
114	0,927	2,68
115	0,934	2,57
116	0,942	2,76
117	0,949	2,64
118	0,957	2,3
119	0,964	2,36
120	0,973	2,13
121	0,98	2,41
122	0,989	1,98
123	0,998	1,91
124	1,001	1,59

Fin du sondage : Sondage fernando2 2

Sondage : Sondage alta leite1 1

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 10:42:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,2 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage : M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd : 110

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,206	1,03
1	0,213	1,03
2	0,224	1,06
3	0,232	1,14
4	0,241	1,13
5	0,247	1,36

6	0,254	1,29
7	0,262	1,52
8	0,269	2,07
9	0,276	1,9
10	0,284	2,05
11	0,291	2,31
12	0,297	2,14
13	0,305	2,23
14	0,311	2,43
15	0,318	2,55
16	0,324	2,7
17	0,331	2,88
18	0,337	2,76
19	0,344	2,82
20	0,35	3,03
21	0,357	2,72
22	0,363	3,04
23	0,371	2,53
24	0,377	2,95
25	0,385	2,99
26	0,391	3,2
27	0,398	3,16
28	0,405	3,12
29	0,412	3,12
30	0,42	2,89
31	0,429	2,72
32	0,436	2,79
33	0,442	3,19
34	0,448	2,86
35	0,454	2,72
36	0,46	2,84
37	0,467	2,72
38	0,473	2,96
39	0,48	2,92
40	0,486	2,95
41	0,495	2,99
42	0,502	3,54
43	0,508	3,43
44	0,514	3,21
45	0,521	3,64
46	0,528	2,89
47	0,535	3,42
48	0,544	2,92
49	0,553	2,65
50	0,564	2,08
51	0,576	2,04
52	0,588	1,94
53	0,597	2,06
54	0,606	2,21
55	0,615	2,29
56	0,625	2,52
57	0,634	2,05
58	0,642	2,43
59	0,651	2,5
60	0,658	2,84
61	0,665	3,15

62	0,673	2,91
63	0,681	2,98
64	0,689	3,02
65	0,697	2,55
66	0,704	2,7
67	0,711	2,7
68	0,719	2,61
69	0,727	2,29
70	0,731	2,38
71	0,738	2,57
72	0,745	2,49
73	0,752	2,41
74	0,759	2,25
75	0,768	2,4
76	0,776	2,23
77	0,784	2,62
78	0,793	2,38
79	0,801	2,56
80	0,809	2,41
81	0,819	1,96
82	0,829	2,14
83	0,839	2,13
84	0,85	1,84
85	0,861	1,9
86	0,873	1,64
87	0,881	1,9
88	0,891	1,73
89	0,9	1,78
90	0,91	1,78
91	0,92	1,68
92	0,931	1,6
93	0,943	1,56
94	0,952	1,52
95	0,96	1,67
96	0,969	1,58
97	0,979	1,66
98	0,99	1,46
99	1,001	1,39
100	1,012	1,42
101	1,023	1,46
102	1,035	1,42
103	1,047	1,23
104	1,057	1,49
105	1,07	1,32
106	1,082	1,28
107	1,094	1,4
108	1,105	1,41
109	1,115	1,25

Fin du sondage : Sondage alta leite1 1

Sondage : Sondage alta leite1 2

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008

10:50:00

Type de nappe : Indéterminée
 Nappe : 0 m
 Section de pointe : 0,0002 m²
 Prof. de pré-forage : 0,2 m
 Origine : 0 m
 Profondeur visée : 1 m
 Angle visé : 0 m
 Type d'arrêt : Temporaire
 Cote : 0 m
 Type d'appareil : Panda 2
 Vérif appareil :
 Opérateur : jj
 Responsable : Prof Kennedy
 Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 113

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)	
0		0,211	0,64
1		0,219	0,92
2		0,228	1,05
3		0,234	1,46
4		0,244	1,34
5		0,251	1,75
6		0,258	1,75
7		0,265	1,97
8		0,272	1,93
9		0,278	2,32
10		0,285	2,37
11		0,291	2,35
12		0,297	2,72
13		0,303	2,98
14		0,309	3,17
15		0,314	3,23
16		0,32	3,55
17		0,326	3,6
18		0,333	3,32
19		0,339	3,18
20		0,346	3,06
21		0,354	2,59
22		0,361	2,88
23		0,369	2,84
24		0,375	3,28
25		0,383	2,82
26		0,391	2,73
27		0,398	3,01
28		0,405	2,75
29		0,414	2,67
30		0,422	2,89

31	0,429	2,86
32	0,437	3,09
33	0,443	2,86
34	0,45	2,93
35	0,456	2,4
36	0,462	2,8
37	0,468	2,97
38	0,473	3,06
39	0,48	2,77
40	0,486	2,88
41	0,492	3,03
42	0,498	2,66
43	0,503	2,79
44	0,511	2,69
45	0,518	2,79
46	0,529	2,17
47	0,539	2,01
48	0,551	1,69
49	0,563	1,53
50	0,573	1,59
51	0,581	1,62
52	0,588	1,65
53	0,596	1,9
54	0,603	2,03
55	0,609	2,56
56	0,614	1,94
57	0,62	2,09
58	0,628	2,3
59	0,635	2,47
60	0,642	2,12
61	0,65	2,24
62	0,658	2,19
63	0,667	2,11
64	0,676	2,24
65	0,684	2,28
66	0,692	2,34
67	0,699	2,38
68	0,706	2,5
69	0,714	2,37
70	0,72	2,32
71	0,728	2,19
72	0,735	1,86
73	0,743	1,94
74	0,751	1,98
75	0,759	1,97
76	0,764	1,95
77	0,771	2,04
78	0,779	2,02
79	0,787	1,94
80	0,797	1,93
81	0,807	1,96
82	0,817	2,07
83	0,825	1,95
84	0,834	2,07
85	0,844	1,93
86	0,853	1,84

87	0,862	1,96
88	0,871	1,88
89	0,881	1,6
90	0,891	1,77
91	0,902	1,64
92	0,912	1,66
93	0,922	1,64
94	0,934	1,3
95	0,944	1,49
96	0,955	1,42
97	0,966	1,26
98	0,976	1,17
99	0,99	1,24
100	1,002	1,22
101	1,014	1,21
102	1,027	1,24
103	1,04	1,07
104	1,053	1,04
105	1,066	1,03
106	1,081	1,09
107	1,095	0,95
108	1,109	0,99
109	1,123	1,06
110	1,136	0,96
111	1,148	0,92
112	1,159	0,84

Fin du sondage : Sondage alta leite1 2

Sondage : Sondage euripides1 1

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 15:20:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage : M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd : 32

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,104	2,95
1	0,109	5,08
2	0,114	5,36
3	0,12	5,57
4	0,124	6,3
5	0,129	5,93
6	0,134	7,22
7	0,137	8,24
8	0,141	6,94
9	0,144	11,17
10	0,148	8,54
11	0,15	12,21
12	0,153	9,11
13	0,156	9,01
14	0,159	10,17
15	0,162	9,5
16	0,165	11,31
17	0,169	8,22
18	0,173	8,85
19	0,176	7,62
20	0,18	9,77
21	0,185	7,07
22	0,189	8,52
23	0,194	6,61
24	0,2	5,99
25	0,205	6,1
26	0,211	5,2
27	0,216	6,76
28	0,218	16,07
29	0,219	25,99
30	0,221	19,31
31	0,223	14,97

Fin du sondage : Sondage euripides1 1

Sondage : Sondage euripides1 2

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 15:22:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 98

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,114	1,69
1	0,124	1,68
2	0,132	1,95
3	0,141	1,78
4	0,15	1,89
5	0,159	2,05
6	0,168	2,02
7	0,177	2,19
8	0,184	2,49
9	0,192	2,39
10	0,199	2,65
11	0,206	2,33
12	0,213	2,56
13	0,22	2,98
14	0,225	3,34
15	0,23	4,24
16	0,236	4,37
17	0,24	4,82
18	0,245	5,08
19	0,251	4,85
20	0,256	4,56
21	0,261	4,53
22	0,266	4,76
23	0,271	4,58
24	0,276	4,91
25	0,281	5,07
26	0,285	5,69
27	0,29	5,55
28	0,296	5,02
29	0,3	6,27
30	0,304	6,75
31	0,308	5,94
32	0,312	7,87
33	0,316	7,02
34	0,319	9,93
35	0,322	10,44
36	0,324	15,63
37	0,326	10,69
38	0,329	10,49
39	0,332	12,85
40	0,334	12,61
41	0,337	12,74
42	0,339	16,75
43	0,342	15,63

44	0,345	17,43
45	0,347	16,78
46	0,351	14,42
47	0,354	14,34
48	0,358	10,55
49	0,363	11,19
50	0,367	9,58
51	0,372	10,73
52	0,376	11,36
53	0,38	11,25
54	0,384	9,84
55	0,388	11,4
56	0,391	13
57	0,394	13,44
58	0,398	12,71
59	0,4	13,62
60	0,404	14,16
61	0,407	13,39
62	0,412	10,78
63	0,416	10,9
64	0,42	12,02
65	0,424	12,62
66	0,427	14,98
67	0,43	13,48
68	0,432	21,8
69	0,435	16,18
70	0,436	32,48
71	0,438	19,97
72	0,439	21,88
73	0,442	18,11
74	0,444	16,44
75	0,447	14,74
76	0,451	13,3
77	0,453	18,89
78	0,456	12,82
79	0,458	19,56
80	0,461	16,58
81	0,463	14,32
82	0,465	14,88
83	0,468	14,18
84	0,471	14,68
85	0,474	16,51
86	0,476	16,24
87	0,478	15,69
88	0,481	14,26
89	0,484	10,46
90	0,487	11,4
91	0,49	13,7
92	0,492	11,53
93	0,495	13,5
94	0,496	21,57
95	0,498	14,04
96	0,5	14,38
97	0,502	16,6

Fin du sondage :

Sondage euripides1 2

Sondage : Sondage euripides1 3
 Type de sondage : Mesures ponctuelles
 Type de panda : Panda 2
 Type d'étude : Compactage
 Masse frappante : Marteau Panda 2
 Date : 28/07/2008 15:25:00
 Type de nappe : Indéterminée
 Nappe : 0 m
 Section de pointe : 0,0002 m²
 Prof. de pré-forage : 0,1 m
 Origine : 0 m
 Profondeur visée : 1 m
 Angle visé : 0 m
 Type d'arrêt : Temporaire
 Cote : 0 m
 Type d'appareil : Panda 2
 Vérif appareil :
 Opérateur : jj
 Responsable : Prof Kennedy
 Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 45

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,108	1,28
1	0,117	1,72
2	0,124	1,75
3	0,13	1,43
4	0,139	1,55
5	0,147	1,78
6	0,155	1,75
7	0,164	1,94
8	0,172	1,87
9	0,18	1,94
10	0,188	2,15
11	0,196	2,06
12	0,205	1,97
13	0,212	2,23
14	0,218	2,57
15	0,226	2,61
16	0,233	2,49
17	0,24	2,78
18	0,246	2,9
19	0,253	3,13
20	0,257	3,75
21	0,261	5,45
22	0,265	8,34
23	0,268	10,64
24	0,27	14,08

25	0,273	16,04
26	0,276	11,87
27	0,279	11,51
28	0,282	13,85
29	0,284	20,68
30	0,287	15,96
31	0,289	17,89
32	0,29	24,78
33	0,292	20,83
34	0,294	20,76
35	0,296	23
36	0,297	28,23
37	0,299	27,6
38	0,3	28,86
39	0,302	21,07
40	0,303	33,07
41	0,304	29,23
42	0,306	26,52
43	0,307	31,3
44	0,309	31,52

Fin du sondage : Sondage euripides1 3

Sondage : Sondage euripides2 1

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 16:08:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage : M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd : 105

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,104	3,38
1	0,107	4,57
2	0,112	4,1

3	0,117	4,25
4	0,122	4,81
5	0,127	4,98
6	0,132	4,81
7	0,138	5,51
8	0,143	6,77
9	0,147	7,62
10	0,152	6,88
11	0,157	5,43
12	0,161	6,52
13	0,165	6,67
14	0,169	7,81
15	0,174	5,72
16	0,178	5,62
17	0,182	6,69
18	0,187	6,76
19	0,19	8,57
20	0,194	9
21	0,197	9,26
22	0,201	7,5
23	0,204	9,22
24	0,208	9,1
25	0,211	8,72
26	0,215	9,94
27	0,219	8,38
28	0,223	8,31
29	0,228	9,14
30	0,234	7,62
31	0,239	9,32
32	0,245	6,69
33	0,25	6,82
34	0,255	5,97
35	0,261	4,63
36	0,266	6,64
37	0,271	6,48
38	0,275	7,48
39	0,28	6,76
40	0,285	6,05
41	0,29	6,54
42	0,295	5,92
43	0,301	6
44	0,306	5,67
45	0,313	4,11
46	0,318	5,56
47	0,326	5,08
48	0,331	4,96
49	0,338	5,77
50	0,344	5,51
51	0,348	7,44
52	0,352	6,44
53	0,359	6
54	0,365	6,73
55	0,37	7,38
56	0,374	9,11
57	0,378	9,84
58	0,383	8,23

59	0,387	7,66
60	0,392	7,85
61	0,398	7,19
62	0,402	9,01
63	0,407	7,56
64	0,413	7,03
65	0,418	5,46
66	0,425	5,17
67	0,43	5,51
68	0,437	5,49
69	0,445	4,53
70	0,454	4,64
71	0,462	4,4
72	0,47	3,48
73	0,48	2,96
74	0,487	2,52
75	0,496	2,19
76	0,505	2,13
77	0,514	2,25
78	0,523	2,54
79	0,531	3,16
80	0,537	4,06
81	0,543	3,72
82	0,548	4,03
83	0,554	3,62
84	0,56	4,52
85	0,565	4,16
86	0,569	5,42
87	0,577	4,19
88	0,583	6,47
89	0,589	5,63
90	0,595	7,01
91	0,601	5,53
92	0,608	5,06
93	0,621	3,53
94	0,638	2,16
95	0,653	2,46
96	0,659	3,29
97	0,665	4,07
98	0,671	4,1
99	0,677	5,32
100	0,683	5,73
101	0,688	6,17
102	0,692	9,17
103	0,694	20,7
104	0,697	33,77

Fin du sondage : Sondage euripides2 1

Sondage : Sondage euripides2 2

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008

16:15:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²
 Prof. de pré-forage : 0,1 m
 Origine : 0 m
 Profondeur visée : 1 m
 Angle visé : 0 m
 Type d'arrêt : Temporaire
 Cote : 0 m
 Type d'appareil : Panda 2
 Vérif appareil :
 Opérateur : jj
 Responsable : Prof Kennedy
 Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 132

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,104	2,73
1	0,111	3,17
2	0,117	3,95
3	0,122	5,1
4	0,128	4,81
5	0,134	4,97
6	0,14	5,85
7	0,145	5,57
8	0,15	6,1
9	0,156	6,43
10	0,161	6,06
11	0,166	7,31
12	0,171	6
13	0,175	6,44
14	0,179	7,06
15	0,182	7,39
16	0,186	7,3
17	0,191	6,84
18	0,197	6,9
19	0,202	7,19
20	0,206	8,21
21	0,211	8
22	0,216	7,95
23	0,222	7,78
24	0,228	8,62
25	0,233	8,76
26	0,237	8,73
27	0,241	10,21
28	0,245	10,54
29	0,25	8,65
30	0,255	9,34
31	0,261	9,27
32	0,264	10,02

33	0,268	9,17
34	0,273	9,77
35	0,278	9,05
36	0,283	9,94
37	0,288	10,04
38	0,293	11,27
39	0,298	9,72
40	0,304	8,24
41	0,308	8,39
42	0,314	7,86
43	0,319	7,51
44	0,325	8,16
45	0,33	8,68
46	0,334	8,91
47	0,337	9,46
48	0,34	10,14
49	0,344	7,07
50	0,349	10,09
51	0,353	10,33
52	0,356	11,74
53	0,361	9,07
54	0,366	9,8
55	0,37	11,32
56	0,374	9,81
57	0,378	11,54
58	0,382	12
59	0,386	8,43
60	0,39	11,95
61	0,395	10,11
62	0,4	10,12
63	0,404	11,44
64	0,407	11,07
65	0,411	10,07
66	0,415	12,11
67	0,419	11,13
68	0,421	11,38
69	0,425	9,55
70	0,428	11,97
71	0,432	10,39
72	0,437	8,46
73	0,44	13,44
74	0,442	15,54
75	0,445	12,15
76	0,449	10,12
77	0,453	11,64
78	0,456	10,67
79	0,46	12,18
80	0,463	9,18
81	0,465	15,68
82	0,468	12,6
83	0,471	11,57
84	0,475	11,47
85	0,479	12,72
86	0,483	9,72
87	0,485	12,24
88	0,488	13,41

89	0,491	14,67
90	0,495	12,38
91	0,499	12,54
92	0,502	14,08
93	0,507	15,05
94	0,511	13,47
95	0,516	12,3
96	0,52	17,1
97	0,525	11,96
98	0,531	11,36
99	0,535	15,88
100	0,539	15,05
101	0,542	13,78
102	0,547	13,05
103	0,551	12,99
104	0,555	15,82
105	0,56	14,05
106	0,563	16,08
107	0,567	16,92
108	0,573	14,21
109	0,579	14,22
110	0,585	10,72
111	0,591	11,76
112	0,596	14,5
113	0,603	10,59
114	0,609	13,76
115	0,615	11,4
116	0,623	11,51
117	0,63	9,39
118	0,637	11,78
119	0,644	9,84
120	0,65	11,06
121	0,656	12,26
122	0,662	12,34
123	0,668	12,42
124	0,675	10,42
125	0,68	12,91
126	0,685	13,78
127	0,689	13,62
128	0,692	16,02
129	0,696	18,19
130	0,698	16,55
131	0,701	14,97

Fin du sondage : Sondage euripides2 2

Sondage : Sondage bruxelas1 1

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008

09:03:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m
 Angle visé : 0 m
 Type d'arrêt : Temporaire
 Cote : 0 m
 Type d'appareil : Panda 2
 Vérif appareil :
 Opérateur : jj
 Responsable : Prof Kennedy
 Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 186

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,104	2,93
1	0,11	2,98
2	0,115	4,29
3	0,121	5,63
4	0,127	6,26
5	0,133	6,78
6	0,138	7,58
7	0,143	6,62
8	0,148	7,33
9	0,153	8,48
10	0,157	7,15
11	0,161	8,96
12	0,165	8,74
13	0,169	9,95
14	0,173	9,23
15	0,177	9,86
16	0,182	7,84
17	0,188	9,91
18	0,193	8,54
19	0,198	9,47
20	0,203	9,44
21	0,209	8,75
22	0,213	9,48
23	0,218	10,23
24	0,223	9,25
25	0,227	8,88
26	0,233	7,07
27	0,237	8,85
28	0,242	8,74
29	0,247	9,24
30	0,252	8,47
31	0,255	10,55
32	0,259	9,67
33	0,263	10,56
34	0,266	11,47
35	0,27	9,76

36	0,274	11,32
37	0,278	10,17
38	0,282	11,58
39	0,285	11,63
40	0,288	11,96
41	0,292	10,93
42	0,294	12,54
43	0,297	11,84
44	0,3	12,72
45	0,303	13,96
46	0,307	12,68
47	0,311	14,63
48	0,314	14,99
49	0,318	13,1
50	0,322	13,7
51	0,325	16,09
52	0,328	13,34
53	0,331	15,83
54	0,335	12,87
55	0,339	12,95
56	0,342	17,21
57	0,345	15,68
58	0,348	15,34
59	0,351	15,71
60	0,354	14,42
61	0,357	15,44
62	0,36	18,65
63	0,365	13,7
64	0,368	15,64
65	0,371	15
66	0,374	16,57
67	0,376	14,45
68	0,379	14,85
69	0,383	13,37
70	0,386	15,09
71	0,389	16,94
72	0,393	14,64
73	0,397	11,35
74	0,401	12,96
75	0,405	13,85
76	0,408	14,22
77	0,412	12,58
78	0,414	15,84
79	0,417	16,48
80	0,42	17,4
81	0,423	16,45
82	0,425	24,24
83	0,428	19,44
84	0,429	24,06
85	0,431	19,42
86	0,435	14,37
87	0,438	16,2
88	0,441	14,87
89	0,444	15,63
90	0,447	17,27
91	0,45	15,38

92	0,453	16,93
93	0,456	13,13
94	0,459	14,42
95	0,461	15,73
96	0,464	13,81
97	0,467	14,79
98	0,47	13,77
99	0,473	16,14
100	0,477	12,32
101	0,48	11,44
102	0,484	12,15
103	0,487	10,74
104	0,491	11,26
105	0,494	9,74
106	0,499	8,02
107	0,503	7,47
108	0,509	10,12
109	0,515	10,62
110	0,521	12,13
111	0,526	9,53
112	0,533	9,76
113	0,54	9,83
114	0,546	9,68
115	0,552	8,85
116	0,558	9,09
117	0,564	9,55
118	0,57	9,25
119	0,575	9,31
120	0,581	8,64
121	0,586	8,75
122	0,591	9,71
123	0,597	8,46
124	0,602	8,66
125	0,607	8,42
126	0,613	8,11
127	0,618	6,49
128	0,623	8
129	0,628	8,01
130	0,634	8,29
131	0,639	8,37
132	0,645	6,8
133	0,651	7,18
134	0,657	7,28
135	0,662	7,62
136	0,668	8,45
137	0,674	7,57
138	0,681	7,81
139	0,687	7,8
140	0,693	6,58
141	0,698	7,54
142	0,704	7,01
143	0,711	6,92
144	0,717	6,3
145	0,724	6,2
146	0,731	5,69
147	0,738	5,62

148	0,744	5,8
149	0,751	6,12
150	0,757	5,87
151	0,762	7,22
152	0,769	6,82
153	0,776	6,6
154	0,783	6,48
155	0,791	6,24
156	0,798	5,81
157	0,805	5,83
158	0,813	5,46
159	0,821	5,12
160	0,829	5,23
161	0,836	5,34
162	0,843	5,24
163	0,851	4,55
164	0,858	4,62
165	0,866	4,93
166	0,873	4,7
167	0,881	4,67
168	0,89	4,49
169	0,897	4,41
170	0,904	4,52
171	0,912	5
172	0,918	4,91
173	0,926	4,45
174	0,932	4,65
175	0,94	4,52
176	0,947	4,69
177	0,955	4,17
178	0,962	4,52
179	0,968	4,95
180	0,975	4,31
181	0,981	4,37
182	0,987	5,24
183	0,992	5,05
184	0,997	5,15
185	1,002	5,17

Fin du sondage : Sondage bruxelas1 1

Sondage : Sondage bruxelas1 2

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008

09:13:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :
 Opérateur : jj
 Responsable : Prof Kennedy
 Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 54

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,106	2,65
1	0,11	4,47
2	0,117	3,99
3	0,124	3,65
4	0,13	5,34
5	0,135	6,27
6	0,14	7,65
7	0,144	9
8	0,149	6,7
9	0,153	9,89
10	0,159	7,25
11	0,163	8,29
12	0,167	9,57
13	0,171	11,02
14	0,175	8,56
15	0,179	7,97
16	0,184	7,83
17	0,19	9,55
18	0,196	9,79
19	0,201	9,68
20	0,207	8,35
21	0,212	7,86
22	0,216	7,3
23	0,222	8,26
24	0,228	7,79
25	0,232	11,11
26	0,235	13,2
27	0,238	15,58
28	0,241	13,37
29	0,244	16,81
30	0,246	17,3
31	0,248	19,18
32	0,252	13,98
33	0,255	14,1
34	0,258	18,06
35	0,26	28,23
36	0,263	21,99
37	0,265	20,34
38	0,267	15,04
39	0,269	30,04
40	0,271	25,32

10	0,156	6,54
11	0,161	6,93
12	0,168	6,13
13	0,174	7,99
14	0,178	8,59
15	0,182	8,12
16	0,186	10,07
17	0,191	8,9
18	0,195	8,99
19	0,199	8,66
20	0,203	9,33
21	0,207	9,88
22	0,212	9,88
23	0,215	12,25
24	0,218	16,9
25	0,22	19,91
26	0,222	24,28
27	0,225	16,38
28	0,228	17,36
29	0,231	18,7
30	0,234	17,88
31	0,237	18,81
32	0,24	20,94
33	0,242	18,1
34	0,243	27,42
35	0,246	16,75
36	0,249	21,86
37	0,251	21,22
38	0,253	24,83
39	0,255	25,02
40	0,257	23,86
41	0,259	24,46
42	0,261	26,17
43	0,263	25
44	0,265	24,27
45	0,267	24,72
46	0,27	27,54
47	0,272	24,5
48	0,275	23,58
49	0,277	22,3
50	0,279	26,55
51	0,282	23,99
52	0,284	24,55
53	0,286	31,65
54	0,288	23,96
55	0,29	25,49
56	0,292	26,48
57	0,294	29,39
58	0,295	33,29
59	0,296	29,4
60	0,298	23,11
61	0,3	28,08
62	0,302	26,28
63	0,304	30,47
64	0,306	22,18
65	0,308	27,95

66	0,311	19,66
67	0,313	27,59
68	0,315	22,82
69	0,316	32,73
70	0,318	21,92
71	0,321	21,54
72	0,323	22,33
73	0,326	22,28
74	0,327	30,07
75	0,33	17,47
76	0,332	19,4
77	0,333	21,71
78	0,336	19,32
79	0,338	21,65
80	0,34	24,4
81	0,342	23,16
82	0,345	20,31
83	0,348	19,27
84	0,35	27,42
85	0,352	18,22
86	0,355	22,12
87	0,357	19,95
88	0,359	25,41
89	0,361	19,45
90	0,363	31,05
91	0,364	26,37
92	0,366	22,41
93	0,369	15,61
94	0,372	13,04
95	0,375	17,31
96	0,379	16,74
97	0,383	17,76
98	0,387	14,48
99	0,392	14,31
100	0,397	13,75
101	0,402	11,9
102	0,408	12,76
103	0,413	13
104	0,418	11,74
105	0,424	10,16
106	0,429	11,32
107	0,435	10,79
108	0,44	11,04
109	0,446	10,46
110	0,451	9,67
111	0,457	9,95
112	0,463	10,66
113	0,469	9,23
114	0,474	8,99
115	0,478	9,14
116	0,483	9,05
117	0,488	10,8
118	0,493	10,16
119	0,498	10,84
120	0,503	10,06
121	0,508	9,82

122	0,512	10,15
123	0,516	8,6
124	0,52	9,22
125	0,525	8,46
126	0,529	9,53
127	0,534	9,33
128	0,537	9,72
129	0,541	9,04
130	0,544	10,47
131	0,548	10,43
132	0,55	11,74
133	0,554	9,32
134	0,557	12,2
135	0,561	10,41
136	0,564	9,92
137	0,567	11,97
138	0,57	11,21
139	0,575	8,02
140	0,581	9,13
141	0,587	9
142	0,594	8,35
143	0,6	9,67
144	0,605	8,36
145	0,609	10,27
146	0,614	7,09
147	0,618	9,24
148	0,624	7,11
149	0,628	8,87
150	0,634	7,73
151	0,641	6,02
152	0,648	7,3
153	0,654	6,13
154	0,66	6,43
155	0,666	5,92
156	0,673	5,23
157	0,68	5,64
158	0,686	5,74
159	0,692	4,95
160	0,698	5,47
161	0,705	5,83
162	0,712	4,77
163	0,716	4,86
164	0,725	4,37
165	0,733	5,02
166	0,743	4,52
167	0,752	5,6
168	0,758	4,74
169	0,767	4,41
170	0,777	4,65
171	0,785	4,8
172	0,793	4,57
173	0,801	4,44
174	0,809	4
175	0,818	4,16
176	0,826	4,35
177	0,832	4,96

178	0,84	3,94
179	0,849	4,21
180	0,856	4,41
181	0,864	4,45
182	0,873	4,09
183	0,881	3,8
184	0,89	4,01
185	0,898	4,22
186	0,905	3,87
187	0,914	3,14
188	0,923	3,22
189	0,931	3,29
190	0,941	3,34
191	0,948	3,31
192	0,955	3,45
193	0,962	3,82
194	0,969	3,55
195	0,977	4
196	0,983	3,73
197	0,989	4,07
198	0,996	3,9
199	1,001	3,3

Fin du sondage : Sondage bruxelas1 3

Sondage : Sondage bruxelas2 1

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 10:14:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage : M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd : 123

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,132	0,51

1	0,142	0,59
2	0,147	0,69
3	0,157	0,79
4	0,164	0,8
5	0,172	0,85
6	0,181	0,8
7	0,189	0,85
8	0,196	0,75
9	0,204	0,77
10	0,212	0,7
11	0,218	0,67
12	0,227	0,77
13	0,235	0,85
14	0,242	0,75
15	0,25	0,7
16	0,258	0,84
17	0,266	0,74
18	0,275	0,85
19	0,283	0,8
20	0,292	0,9
21	0,302	0,76
22	0,311	0,84
23	0,32	0,71
24	0,331	0,7
25	0,341	0,7
26	0,351	0,64
27	0,36	0,64
28	0,371	0,53
29	0,382	0,51
30	0,392	0,46
31	0,403	0,56
32	0,414	0,61
33	0,423	0,66
34	0,433	0,66
35	0,44	0,77
36	0,449	0,7
37	0,459	0,63
38	0,468	0,51
39	0,476	0,65
40	0,483	0,55
41	0,491	0,68
42	0,499	0,57
43	0,507	0,62
44	0,514	0,68
45	0,521	0,63
46	0,526	0,64
47	0,532	0,77
48	0,538	0,73
49	0,545	0,76
50	0,554	0,68
51	0,562	0,71
52	0,571	0,7
53	0,579	0,76
54	0,587	0,72
55	0,594	0,84
56	0,601	1,02

57	0,606	1,61
58	0,613	1,1
59	0,618	1,21
60	0,624	1,46
61	0,629	1,25
62	0,635	1,6
63	0,641	1,85
64	0,65	2,05
65	0,66	1,48
66	0,667	1,69
67	0,674	1,31
68	0,686	1,14
69	0,7	0,98
70	0,709	0,77
71	0,718	1,03
72	0,727	0,98
73	0,739	0,99
74	0,75	0,91
75	0,758	1,07
76	0,767	1,16
77	0,776	1,29
78	0,785	1,28
79	0,795	1,34
80	0,804	1,33
81	0,812	1,37
82	0,82	1,4
83	0,827	1,46
84	0,836	1,54
85	0,844	1,54
86	0,853	1,45
87	0,862	1,27
88	0,872	1,14
89	0,881	1,22
90	0,889	1,32
91	0,897	1,41
92	0,904	1,74
93	0,91	1,92
94	0,917	1,74
95	0,923	2,44
96	0,93	2,17
97	0,936	2,42
98	0,944	2,12
99	0,952	2,04
100	0,96	2,31
101	0,968	2,5
102	0,975	2,22
103	0,983	2,51
104	0,991	2,76
105	0,998	2,77
106	1,006	2,61
107	1,013	2,56
108	1,02	2,96
109	1,026	2,81
110	1,033	2,9
111	1,04	2,77
112	1,047	2,69

113	1,054	2,66
114	1,062	2,31
115	1,068	2,88
116	1,073	3
117	1,079	3,39
118	1,084	2,9
119	1,09	3,33
120	1,095	3,43
121	1,098	3,52
122	1,101	3,18

Fin du sondage : Sondage bruxelas2 1

Sondage : Sondage bruxelas2 2

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 10:24:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,1 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage : M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd : 125

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,113	0,73
1	0,122	0,85
2	0,13	0,91
3	0,138	0,97
4	0,147	1,02
5	0,156	1,03
6	0,164	0,92
7	0,17	0,92
8	0,178	0,92
9	0,185	0,94
10	0,191	0,93
11	0,198	0,96
12	0,205	0,85

13	0,211	0,91
14	0,219	0,82
15	0,225	0,88
16	0,233	0,81
17	0,239	0,9
18	0,247	0,78
19	0,254	0,78
20	0,262	0,71
21	0,27	0,75
22	0,278	0,78
23	0,287	0,76
24	0,294	0,9
25	0,303	0,74
26	0,312	0,78
27	0,32	0,76
28	0,327	0,9
29	0,335	0,86
30	0,343	0,96
31	0,352	0,92
32	0,36	1,01
33	0,368	0,85
34	0,375	0,88
35	0,382	0,79
36	0,39	0,87
37	0,399	0,63
38	0,407	0,85
39	0,417	0,62
40	0,426	0,72
41	0,435	0,69
42	0,444	0,64
43	0,452	0,72
44	0,461	0,73
45	0,47	0,85
46	0,478	0,77
47	0,484	1,08
48	0,491	0,92
49	0,499	0,92
50	0,506	1,19
51	0,515	1,06
52	0,521	1,44
53	0,528	1,38
54	0,534	1,53
55	0,541	1,67
56	0,548	1,58
57	0,554	1,92
58	0,561	1,85
59	0,569	1,6
60	0,578	1,39
61	0,588	1,45
62	0,597	1,42
63	0,614	0,29
64	0,618	1,21
65	0,625	1,34
66	0,635	1,26
67	0,645	1,03
68	0,655	0,91

69	0,665	0,83
70	0,674	0,72
71	0,686	0,7
72	0,695	0,9
73	0,704	0,77
74	0,712	0,91
75	0,719	0,96
76	0,726	1,21
77	0,733	1,37
78	0,741	1,46
79	0,749	1,67
80	0,756	1,97
81	0,762	2,1
82	0,766	1,96
83	0,773	1,94
84	0,779	2,15
85	0,787	2,01
86	0,794	2,58
87	0,803	2,36
88	0,81	2,84
89	0,818	2,83
90	0,823	3,1
91	0,83	2,55
92	0,838	2,67
93	0,846	2,8
94	0,857	2,71
95	0,864	3,06
96	0,872	3
97	0,879	3,31
98	0,887	3,11
99	0,893	2,68
100	0,899	3,18
101	0,907	2,93
102	0,914	2,72
103	0,919	2,62
104	0,925	3,04
105	0,932	2,91
106	0,94	2,66
107	0,948	2,58
108	0,957	2,84
109	0,967	2,53
110	0,977	2,2
111	0,986	2,15
112	0,996	2,23
113	1,003	2,59
114	1,008	2,71
115	1,018	2,77
116	1,031	2,66
117	1,043	2,55
118	1,051	2,47
119	1,06	2,64
120	1,07	2,81
121	1,078	2,7
122	1,087	2,37
123	1,095	2,39
124	1,101	2,18

Fin du sondage : Sondage bruxelas2 2
 Sondage : Sondage auta leite2 1
 Type de sondage : Mesures ponctuelles
 Type de panda : Panda 2
 Type d'étude : Compactage
 Masse frappante : Marteau Panda 2
 Date : 28/07/2008 15:27:00
 Type de nappe : Indéterminée
 Nappe : 0 m
 Section de pointe : 0,0002 m²
 Prof. de pré-forage : 0,32 m
 Origine : 0 m
 Profondeur visée : 1,32 m
 Angle visé : 0 m
 Type d'arrêt : Temporaire
 Cote : 0 m
 Type d'appareil : Panda 2
 Vérif appareil :
 Opérateur : jj
 Responsable : Prof Kennedy
 Organisme : UFCG
 Commentaire 1 :
 Commentaire 2 :
 Commentaire 3 :
 Commentaire 4 :
 Repérage : M
 X :
 Y :
 Z :
 Nombre de mesures Qd : 161

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,327	1,15
1	0,334	1,91
2	0,341	2,72
3	0,347	2,67
4	0,355	3,03
5	0,362	2,85
6	0,369	3,22
7	0,375	3,19
8	0,382	3,43
9	0,389	3,37
10	0,395	3,34
11	0,4	3,32
12	0,407	3,89
13	0,412	4,18
14	0,417	4,26
15	0,422	5,7
16	0,426	6,7
17	0,431	7,27
18	0,436	5,98
19	0,441	7,22
20	0,447	6,36
21	0,453	7,05
22	0,458	7,41

23	0,464	5,76
24	0,47	6,32
25	0,476	6,41
26	0,482	6,16
27	0,487	6,47
28	0,493	5,63
29	0,498	6,07
30	0,501	4,81
31	0,506	5,46
32	0,509	6,32
33	0,513	6,53
34	0,517	6,61
35	0,522	6,24
36	0,527	7,23
37	0,532	7,9
38	0,537	6,94
39	0,543	7,23
40	0,549	6,99
41	0,555	7,87
42	0,561	6,94
43	0,567	8,5
44	0,575	6,58
45	0,581	6,99
46	0,587	6,62
47	0,594	6,03
48	0,6	5,75
49	0,606	6,71
50	0,612	6,26
51	0,618	6,07
52	0,624	6
53	0,631	5,96
54	0,637	5,46
55	0,642	6,78
56	0,649	5,35
57	0,654	5,44
58	0,66	5,8
59	0,665	6,37
60	0,673	5,34
61	0,68	5,38
62	0,685	5,07
63	0,692	5,73
64	0,699	5,84
65	0,705	6,3
66	0,711	6,48
67	0,715	8,9
68	0,72	6,88
69	0,725	6,05
70	0,729	6,76
71	0,734	6,06
72	0,739	6,86
73	0,744	6,4
74	0,749	6,4
75	0,753	6,33
76	0,759	5,65
77	0,761	7,77
78	0,765	5,95

79	0,771	6,2
80	0,776	6,73
81	0,781	6,21
82	0,786	6,78
83	0,792	6,69
84	0,798	6,67
85	0,803	7,22
86	0,81	6,59
87	0,816	4,7
88	0,82	9,2
89	0,826	4,79
90	0,83	6,99
91	0,836	6,32
92	0,842	5,34
93	0,848	6,16
94	0,855	5,62
95	0,86	6,76
96	0,867	5,53
97	0,874	5,5
98	0,881	5,22
99	0,888	4,37
100	0,894	5,49
101	0,9	4,82
102	0,906	6,43
103	0,913	5,45
104	0,919	5,17
105	0,925	6,45
106	0,932	5,5
107	0,939	6,74
108	0,947	5,24
109	0,954	6,37
110	0,961	5,74
111	0,967	6,56
112	0,973	7,5
113	0,979	6,65
114	0,987	5,6
115	0,993	7,46
116	0,998	7,47
117	1,004	7,37
118	1,011	6,42
119	1,017	6,67
120	1,022	8,44
121	1,029	4,89
122	1,036	5,61
123	1,042	4,87
124	1,048	6,07
125	1,054	5,29
126	1,061	4,56
127	1,066	5,32
128	1,071	3,82
129	1,077	4,34
130	1,083	4,34
131	1,089	4,39
132	1,096	4,29
133	1,102	3,72
134	1,109	4,09

135	1,116	3,73
136	1,123	4,12
137	1,13	3,34
138	1,137	3,77
139	1,144	4,24
140	1,151	4,14
141	1,159	3,45
142	1,168	3,13
143	1,176	2,98
144	1,183	3,45
145	1,192	3,39
146	1,2	2,98
147	1,208	3,15
148	1,216	3,33
149	1,224	2,94
150	1,232	2,48
151	1,241	2,88
152	1,249	3,13
153	1,258	2,6
154	1,266	2,47
155	1,273	2,84
156	1,282	2,27
157	1,29	2,48
158	1,299	2,6
159	1,308	2,4
160	1,317	2,21

Fin du sondage : Sondage auta leite2 1

Sondage : Sondage auta leite2 2

Type de sondage : Mesures ponctuelles

Type de panda : Panda 2

Type d'étude : Compactage

Masse frappante : Marteau Panda 2

Date : 28/07/2008 15:38:00

Type de nappe : Indéterminée

Nappe : 0 m

Section de pointe : 0,0002 m²

Prof. de pré-forage : 0,32 m

Origine : 0 m

Profondeur visée : 1,32 m

Angle visé : 0 m

Type d'arrêt : Temporaire

Cote : 0 m

Type d'appareil : Panda 2

Vérif appareil :

Opérateur : jj

Responsable : Prof Kennedy

Organisme : UFCG

Commentaire 1 :

Commentaire 2 :

Commentaire 3 :

Commentaire 4 :

Repérage : M

X :

Y :

Z :

Nombre de mesures Qd :

159

Indice	Profondeur (m)	Résistance de pointe (MPa)
0	0,327	1,19
1	0,331	2,01
2	0,339	3,03
3	0,344	4,74
4	0,349	4,22
5	0,353	5,91
6	0,358	4,82
7	0,363	5,41
8	0,367	5,49
9	0,373	4,84
10	0,378	5,48
11	0,383	5,6
12	0,387	6,76
13	0,392	6,74
14	0,396	6,72
15	0,402	5,57
16	0,406	6,28
17	0,411	6,08
18	0,417	5,01
19	0,423	4,88
20	0,428	6,54
21	0,435	5,14
22	0,442	5,3
23	0,45	5,01
24	0,457	4,65
25	0,467	3,56
26	0,475	3,95
27	0,483	3,47
28	0,49	3,78
29	0,496	4,02
30	0,501	6,56
31	0,506	5,3
32	0,512	5,66
33	0,516	6,54
34	0,522	5,51
35	0,527	6,45
36	0,532	5,22
37	0,535	9,14
38	0,54	6,28
39	0,546	6,42
40	0,55	7,17
41	0,555	8,23
42	0,559	9,78
43	0,565	5,38
44	0,57	8,52
45	0,574	6,62
46	0,578	6,67
47	0,582	6,38
48	0,587	6,21
49	0,591	6,17
50	0,596	4,96
51	0,601	5,55
52	0,607	3,59

53	0,612	5,92
54	0,616	6,75
55	0,621	6,14
56	0,627	4,37
57	0,633	5,03
58	0,638	4,51
59	0,644	4,9
60	0,649	4,09
61	0,656	4,45
62	0,661	4,82
63	0,666	4,86
64	0,672	4,74
65	0,677	3,86
66	0,683	3,75
67	0,688	4,34
68	0,693	3,68
69	0,698	3,77
70	0,702	4,06
71	0,708	3,85
72	0,712	5,1
73	0,717	4,61
74	0,721	4,72
75	0,725	5,51
76	0,728	5,28
77	0,733	4,01
78	0,738	4,41
79	0,741	4,83
80	0,746	4,45
81	0,749	5,69
82	0,753	3,47
83	0,759	3,36
84	0,762	4,2
85	0,766	4,73
86	0,773	4,85
87	0,78	5,09
88	0,788	4,96
89	0,796	4,1
90	0,803	4,7
91	0,811	4,17
92	0,82	3,91
93	0,828	4,15
94	0,837	3,61
95	0,846	3,78
96	0,855	3,52
97	0,863	3,68
98	0,871	3,56
99	0,878	3,82
100	0,886	3,83
101	0,893	4,03
102	0,901	3,6
103	0,91	3,62
104	0,918	4,12
105	0,925	4,76
106	0,933	3,64
107	0,94	4,16
108	0,947	4,43

109	0,956	4,11
110	0,96	5,98
111	0,967	4,67
112	0,974	5,26
113	0,981	5,01
114	0,988	5,03
115	0,994	4,75
116	0,998	4,79
117	1,004	5,31
118	1,01	5,41
119	1,017	4,87
120	1,022	5,28
121	1,028	7,1
122	1,033	4,92
123	1,039	5,59
124	1,046	4,34
125	1,051	6,32
126	1,057	4,5
127	1,064	4,57
128	1,069	5,04
129	1,076	4,73
130	1,083	4,63
131	1,09	3,88
132	1,097	3,92
133	1,103	3,67
134	1,109	4,67
135	1,114	4,3
136	1,121	3,16
137	1,128	3,98
138	1,136	3,14
139	1,145	3,26
140	1,153	4,31
141	1,161	3,38
142	1,168	4,25
143	1,177	2,67
144	1,184	3,7
145	1,193	3,17
146	1,202	2,94
147	1,21	2,89
148	1,219	2,93
149	1,228	3,12
150	1,237	3,03
151	1,247	2,8
152	1,254	3,26
153	1,264	2,43
154	1,273	2,81
155	1,281	2,32
156	1,29	2,53
157	1,299	2,29
158	1,308	2,44

Fin du sondage : Sondage auta leite2 2

Fin du site : campina grande

Fin du fichier.