

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**ESTUDO DE OBTENÇÃO DE NÚMERO ESTRUTURAL EM PAVIMENTOS
FLEXÍVEIS**

Marlova Grazziotin Johnston

Porto Alegre, 2001

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**ESTUDO DE OBTENÇÃO DE NÚMERO ESTRUTURAL EM PAVIMENTOS
FLEXÍVEIS**

Marlova Grazziotin Johnston

Orientador: Prof. Dr. Jorge Augusto Pereira Ceratti

Banca Examinadora:

Eng. Dr. Ernesto Simões Preussler

Prof. Dr. José Leomar Fernandes Junior

Prof. Dr. Washington Peres Nuñez

**Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em
Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em
Engenharia – modalidade Profissionalizante – Ênfase Geotecnia**

Porto Alegre, 2001

Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Jorge Augusto Pereira Ceratti
Orientador
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^a. Helena Beatriz Bettella Cybis

Coordenadora
Mestrado Profissionalizante em Engenharia
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

BANCA EXAMINADORA

Eng. Dr. Ernesto Simões Preussler
COPPE/UFRJ

Prof. Dr. José Leomar Fernandes Junior
USP/São Carlos

Prof. Dr. Washington Peres Nuñez
PPGEC/UFRGS

*Dedico
Este
Trabalho
Para
Edgar e Guilherme*

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro, e grande amigo Edgar Arvid de Mello Johnston pela constante dedicação, incentivo e ajuda incansável tornando realidade o que muitas vezes parecia impossível.

Ao Guilherme que mesmo à distância acompanhou diariamente as conquistas e derrotas obtidas durante a realização desta etapa de formação profissional.

Ao Professor Jorge Augusto Pereira Ceratti pelos ensinamentos, paciência e amizade.

Ao Engenheiro Ourivaldo de Souza Guerra pela visão profissional e curiosidade transmitida nos conteúdos das disciplinas estudadas.

À Professora Anna Laura Lopes da Silva Nunes pelo apoio e transmissão de segurança.

Ao Professor Washington que sempre demonstrou interesse estimulando os alunos a apresentarem seus trabalhos.

Ao Engenheiro Ernesto Preussler pela ajuda na escolha do tema da dissertação, interesse e confiança.

A Dynatest, em especial aos Engenheiros André e Peter pela ajuda e tempo dispensado no fornecimento dos dados e explicações.

À Divisão de Planejamento do DAER, Eng^a Sayene e Eng^o Borba, pelo fornecimento dos dados de espessuras dos pavimentos estudados.

Aos colegas da UNP – Laboratório do DAER/RS pelo incentivo, para a conclusão deste trabalho, engenheiros Daniela de David, Joel Silveira (obrigada pela ajuda na montagem da apresentação), José Augusto de Oliveira, Luiz Somacal Neto, Mara Bianchini (obrigada pela ajuda nas correções finais) e Maria Cristina Passos.

Aos colegas de mestrado de 1999, Darcy, Mário, Benetti, Michelli, Hariane e em especial à Ana Paula, pela amizade, apoio e companheirismo.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS.....	xv
RESUMO.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
1.1 Considerações gerais	1
1.2 Objetivos do trabalho	3
1.3 Desenvolvimento da dissertação.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Introdução.....	5
2.2 Avaliação da superfície de pavimentos rodoviários.....	5
2.2.1 Conceito.....	5
2.2.2 Levantamentos ou inventários.....	6
2.2.3 Defeitos da superfície registrados no LVC.....	10
2.3 Avaliação funcional.....	13
2.3.1 Conceito	13
2.3.2 Avaliação subjetiva da serventia.....	14
2.3.3 Avaliação objetiva da serventia	15
2.4 Avaliação estrutural.....	19
2.4.1 Considerações gerais.....	19
2.4.2 Pavimento e mecânica dos pavimentos	20
2.4.3 Módulo resiliente e deformabilidade resiliente.....	23
2.4.4 Deflexões.....	28
2.4.5 Número estrutural.....	34
2.4.6 Obtenção de dados de deflexão.....	40
2.4.7 Processo de retroanálise estrutural	45
3 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	50
3.1 Introdução	50
3.2 Caracterização do solo das regiões estudadas.....	52
3.3 Coleta de dados das espessuras dos pavimentos.....	53
3.4 Estruturas dos pavimentos.....	53
3.5 Coleta de dados das deflexões dos pavimentos	59

3.6	Inventário do estado da superfície.....	60
3.7	Irregularidade longitudinal.....	61
4	METODOLOGIA DO TRABALHO.....	62
4.1	Retroanálise	62
4.1.1	Correção do módulo do concreto asfáltico (Temperatura).....	64
4.2	Determinação dos coeficientes das camadas (ai)	64
4.3	Determinação do número estrutural (SN)	65
4.4	Raio de curvatura (Rc)	66
4.5	Volume diário médio (VDM).....	67
5	ANÁLISE FUNCIONAL E ESTRUTURAL DOS TRECHOS ESTUDADOS	68
5.1	Introdução	68
5.2	Metodologia da Análise.....	90
5.2.1	Estado da superfície sem defeitos	90
5.2.2	Estado da superfície com poucos defeitos	94
5.2.3	Estado da superfície com muitos defeitos	99
6	CORRELAÇÕES	104
6.1	Introdução	104
6.2	Correlações Rc X SN.....	104
6.2.1	Metodologia da análise estatística	104
6.2.2	Estudo das correlações	105
7	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS.....	112
7.1	Conclusões das análises funcional e estrutural	112
7.1.1	Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI).....	112
7.1.2	Capacidade estrutural	113
7.1.3	Correlações.....	116
7.2	Sugestões para novas pesquisas	117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
	ANEXOS - PLANILHAS	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Deformação elástica e permanente num ciclo de carga e descarga de um solo num ensaio triaxial de carga repetida.....	24
Figura 2.2	Deformação plástica e elástica de um corpo de prova.....	24
Figura 2.3	Distribuição de Tensões no Pavimento.....	28
Figura 2.4	Esquema da bacia de deflexão.....	30
Figura 2.5	Esquema da distribuição de tensões e da bacia de deflexão.....	31
Figura 2.6	Raio de curvatura.....	32
Figura 2.7	Esquema de duas deformadas com a mesma Deflexão Máxima (D_0) e Raios de Curvatura (R_c) diversos.....	33
Figura 2.8	Geofones do FWD.....	42
Figura 2.9	Deflectômetro de impacto Falling Weight Deflectometer no campo	42
Figura 2.10	Deflectômetro de impacto Falling Weight Deflectometer.....	43
Figura 2.11	Bacias de deflexões medidas com o FWD.....	43
Figura 2.12	Distribuição de Tensões no Pavimento e Bacia de deflexão medida com o FWD.....	46
Figura 3.1	Distribuição dos lotes no estado do Rio Grande do Sul.....	50
Figura 3.2	Croquí esquemático das rodovias pertencentes aos lotes 2 e 7....	51
Figura 5.1	% IRI para os trechos Sem Defeitos Superficiais.....	90
Figura 5.2	Condições da estrutura dos pavimentos para os trechos Sem Defeitos Superficiais.....	92
Figura 5.3	% do Número Estrutural em relação à condição da estrutura em pavimentos Sem Defeitos Superficiais.....	93
Figura 5.4	% do Raio de Curvatura em relação à condição da estrutura em pavimentos Sem Defeitos Superficiais.....	93
Figura 5.5	% IRI para os trechos com Poucos Defeitos Superficiais.....	95
Figura 5.6	Condições da estrutura dos pavimentos para os trechos com Poucos Defeitos Superficiais.....	97
Figura 5.7	% do Número Estrutural em relação à condição da estrutura em pavimentos com Poucos Defeitos Superficiais.....	97
Figura 5.8	% do Raio de Curvatura em relação à condição da estrutura em pavimentos com Poucos Defeitos Superficiais.....	98
Figura 5.9	% IRI para os trechos com Muitos Defeitos Superficiais.....	99
Figura 5.10	Condições da estrutura dos pavimentos para os trechos com Muitos Defeitos Superficiais.....	101

Figura 5.11	% do Número Estrutural em relação à condição da estrutura em pavimentos com Muitos defeitos superficiais.....	102
Figura 5.12	% do Raio de Curvatura em relação à condição da estrutura em pavimentos com Muitos defeitos superficiais.....	102
Figura 6.1	Gráfico da regressão calculado para o centro médio da amostra da correlação Rc x SN para pavimentos com revestimento de CBUQ e base+sub-base granular.....	109
Figura 6.2	Gráfico da regressão calculado para o centro médio da amostra da correlação Rc x SN para pavimentos com revestimento de TSD e base+sub-base granular.....	111

LISTA DE QUADROS

Quadro	2.1	Conceitos de Deterioração utilizando Limites de IGG.....	7
Quadro	2.2	Valores de IES considerando IGGE e ICPF.....	9
Quadro	2.3	Conceito de deterioração utilizando IES.....	9
Quadro	2.4	Valor de Serventia Atual.....	14
Quadro	2.5	Condição do pavimento quanto à irregularidade (rodovias pavimentadas).....	18
Quadro	2.6	Qualidade da drenagem.....	39
Quadro	2.7	Valores de m_i recomendados para modificar os coeficientes das camadas estruturais para bases e sub-bases não tratadas em pavimentos flexíveis.....	40
Quadro	3.1	Rodovias Pertencentes ao lote 2.....	54
Quadro	3.2	Rodovias Pertencentes ao lote 7.....	55
Quadro	3.3	Histórico Lote 2.....	56
Quadro	3.4	Histórico Lote 7.....	57
Quadro	3.5	Tipos de Estruturas Lote 2.....	58
Quadro	3.6	Tipos de Estruturas Lote 7.....	58
Quadro	3.7	Espaçamento entre as estações de ensaio.....	59
Quadro	3.8	Defeitos Analisados.....	60
Quadro	3.9	Freqüência relativa x Nível de Freqüência de defeitos.....	60
Quadro	3.10	Fatores de ponderação dos defeitos.....	61
Quadro	4.1	Classificação do tráfego quanto ao VDM.....	67
Quadro	5.1	Conceito de deterioração utilizando IES.....	68
Quadro	5.2	Classificação das rodovias pavimentadas através do IRI.....	68
Quadro	5.3	Análise Funcional e Estrutural Lote 2.....	70
Quadro	5.4	Análise Funcional e Estrutural Lote 7.....	82
Quadro	5.5	% do IRI relacionado com a condição da estrutura do pavimento para trechos sem defeitos superficiais.....	91
Quadro	5.6	Resumo da análise estrutural para trechos sem defeitos superficiais.....	92
Quadro	5.7	% do IRI relacionado com a condição da estrutura do pavimento para trechos com poucos defeitos superficiais.....	95
Quadro	5.8	Resumo da análise estrutural para trechos com Poucos defeitos superficiais.....	96
Quadro	5.9	% do IRI relacionado com a condição da estrutura do pavimento para trechos com muitos defeitos superficiais.....	100

Quadro 5.10	Resumo da análise estrutural para trechos com Muitos defeitos superficiais.....	101
Quadro 6.1	Trechos revestidos com CBUQ com suas respectivas Estruturas e espessuras.....	106
Quadro 6.2	Trechos revestidos com TSD com suas respectivas Estruturas e espessuras.....	106
Quadro 6.3	Inferência estatística para pavimentos revestidos com CBUQ.....	107
Quadro 6.4	Inferência estatística para pavimentos revestidos com TSD.....	107
Quadro A1.1	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 201.....	124
Quadro A1.2	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 202.....	125
Quadro A1.3	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 203.....	126
Quadro A1.4	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 204.....	127
Quadro A1.5	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 206.....	128
Quadro A1.6	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 207.....	129
Quadro A1.7	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 208.....	130
Quadro A1.8	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 210.....	131
Quadro A1.9a	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 211.....	132
Quadro A1.9b	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 211.....	133
Quadro A1.10a	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 211.....	134
Quadro A1.10b	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 211.....	135

Quadro A1.11	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 212.....	136
Quadro A1.12	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 213.....	137
Quadro A1.13	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 214.....	138
Quadro A1.14	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 216.....	139
Quadro A1.15	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 217.....	140
Quadro A1.16	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 218.....	141
Quadro A1.17	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 220.....	142
Quadro A1.18a	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 221.....	143
Quadro A1.18b	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 221.....	144
Quadro A1.18c	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 221.....	145
Quadro A1.18d	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 221.....	146
Quadro A1.19a	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 222.....	147
Quadro A1.19b	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 222.....	148
Quadro A2.1	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 701.....	149
Quadro A2.2	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pon-	

	tuais Trecho DAER 704.....	150
Quadro A2.3	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 709.....	151
Quadro A2.4	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 711.....	152
Quadro A2.5	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 716.....	153
Quadro A2.6	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 717.....	154
Quadro A2.7	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 719.....	155
Quadro A2.8	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 720.....	156
Quadro A2.9	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 722.....	157
Quadro A2.10	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 724.....	158
Quadro A2.11	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 725.....	159
Quadro A2.12	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 726.....	160
Quadro A2.13	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 730.....	161
Quadro A2.14	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 735.....	162
Quadro A2.15	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 737.....	163
Quadro A2.16a	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 740.....	164
Quadro A2.16b	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes es-	

	truturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 740.....	165
Quadro A2.17	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 752.....	166
Quadro A2.18a	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER 753.....	167
Quadro A2.18b	Módulos de Resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais Trecho DAER753.....	168

LISTAS DE SÍMBOLOS E SIGLAS

μ - Coeficiente de Poisson

θ - soma das tensões principais ($\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$)

σ_3 - Tensão confinante

σ_d - Tensão desvio cíclica ($\sigma_1 - \sigma_3$)

ϵ_p - deformação permanente (irrecuperável) ou plástica

ϵ_r - Deformação recuperável (elástica ou reversível)

ϵ_t - Deformação total

a_1 - coeficiente estrutural do revestimento

a_2 - coeficiente estrutural da base

a_3 - coeficiente estrutural da sub-base

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

a_i - coeficientes da camada i

AP - Afundamentos Plásticos

APL - Analisador de perfil longitudinal

BD - Basalto Decomposto

BG - Brita Graduada

BGA - Brita Graduada com Areia

BN - Base Negra

CBR - Califórnia Bearing Rate

CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente

CS - Capa Selante

D - Desgaste

D_0 - Deflexão Máxima

DAER – RS - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagens – Rio Grande do Sul

D_i - espessura (em polegadas) da i-ésima camada do pavimento

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
 d_z - Deslocamento (deflexão) na profundidade z
E - Módulo Elasticidade (Mpa)
ELMOD - Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design
EM - Escorregamento de Massa
EX - Exudação
F1 - Trincas isoladas
FC – 1 - Trincas classe 1
FC-2 - Trincas classe 2
FC-3 - Trincas classe 3
FWD - Falling Weigth Deflectometer
GMR - Perfilômetro dinâmico de superfície
HDMIII - Highway Design and Maintenance Standards Model
ICPF - Índice de Condição do Pavimento Flexível
IES - Índice de Estado da Superfície
IGG - Índice de Gravidade Global
IGGE - Índice de Gravidade Global Expedito
INFER - Inferência estatística
IPR/USP - Instituto de Pesquisas Rodoviárias/Universidade São Paulo
IRI - International Roughness Index - Índice de Irregularidade Longitudinal
ISC - Índice Suporte Califórnia
J - Trinca tipo jacaré
JE - Jacaré com erosão de bordas
LVC - Levantamento Visual Contínuo
MET - Method of Equivalent Thickness – Método da espessura equivalente
MH - Macadame Hidráulico
 m_i - coeficiente de drenagem da i -ésima camada do pavimento
 M_r - Módulo de Resiliência
MS - Macadame Seco
NBR - Norma Brasileira
NDT - ensaios não destrutíveis
O - Ondulações
P - Panelas
PMF - Pré Misturado a Frio
PMQ - Pré Misturado a Quente
PSI - Present Serviceability Index - Índice de Serventia Atual

Δ PSI - Queda de Serventia
QI - Quociente de Irregularidade
R - coeficientes de correlação
 r^2 - coeficiente de determinação ajustado
 R^2 - coeficiente de determinação
RC - Rachão
 R_c - Raio de Curvatura
RMS - Raiz Quadrática Média
SEB - Saibro Estabilizado de Basalto
SN - Número Estrutural
SNC - Número Estrutural Corrigido
SR - Seixo Rolado
t - t de STUDENT
T - Temperatura
TBE - Trinca em bloco com erosão de bordas
TLC - Trincas longitudinais curtas
TLL - Trincas longitudinais longas
TRE - Trilha de roda externa
TRI - Trilha de roda interna
TRRL - Transportation Road Research Laboratory
TSD - Tratamento Superficial Duplo
TTC - Trincas transversais curtas
TTL - Trincas transversais longas
VDM - Volume Diário Médio
VSA - Valor de Serventia Atual

RESUMO

O presente trabalho estuda a obtenção de número estrutural em pavimentos flexíveis existentes. O estudo foi realizado em trechos pertencentes a duas regiões do Rio Grande do Sul, com a mesma formação geológica. De posse dos dados de levantamentos das deflexões obtidos com um equipamento tipo FWD (Falling Weight Deflectometer) e, com valores das espessuras dos pavimentos fornecidas pelo DAER-RS, foram realizadas retroanálises de todas as bacias de deformação levantadas, para cada ponto dos trechos estudados. Encontrados os Módulos de Resiliência de cada camada dos pavimentos, foram determinados, através das correlações da AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), os coeficientes estruturais e conseqüentemente os números estruturais para cada camada de pavimento.

Por outro lado, determinou-se o raio de curvatura, para cada ponto levantado pelo equipamento, através da parábola de segundo grau utilizada pelo DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagens). Verificou-se que os valores de número estrutural dos pavimentos e os raios de curvatura variam em proporções semelhantes, permitindo então a identificação de correlações entre os mesmos. As correlações entre raio de curvatura e número estrutural apresentadas neste trabalho facilitam a obtenção do número estrutural, sem utilizar retroanálises.

ABSTRACT

This research develops concerns about flexible pavement structural number determination from existing flexible pavement. Roads from two Rio Grande do Sul, Brazil, regions with the same geological constitution were studied. Based on deflections data obtained through an equipment type FWD (Falling Weight Deflectometer) and with the pavement thickness values given by DAER-RS, all the deflections basins could be backcalculate and the Resilience Moduli from each layer of the pavement for each road sample researched could be found. After, through the correlations from the AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), the structural coficients and the structural numbers for each pavement layer were determined.

On the other hand the radius of curvature, for each point studied, were determined through the second degree parabola used by DNER (Departamento Nacional de Estradas e Rodagens). It was possible to note that structural numbers values and radius of curvature from pavements change at equal proportions, allowing the identification of correlations between them. The correlation between radius of curvature and structural numbers presented on this research offers an alternative way to obtain the structural number without using backcalculation.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

No Rio Grande do Sul, a maioria das rodovias pavimentadas é constituída de revestimentos asfálticos. Estes são flexíveis (revestimentos asfálticos sobre camadas não tratadas com cimento) ou semi-rígidos (revestimentos asfálticos sobre sistemas com uma das camadas subjacentes tratadas com cimento).

Os pavimentos são dimensionados para terem uma vida útil pré-estabelecida, mas com o tempo, a capacidade estrutural se modifica devido a fatores externos, como a falta de drenagem e o excesso de carga ou carga sem controle, que aceleram a sua deterioração.

A falta de previsão orçamentária e as deficiências operacionais fazem com que as rodovias não recebam a devida atenção quanto à manutenção e restauração de seus pavimentos.

Os poucos recursos disponíveis para a recuperação de uma rodovia, visando mantê-la em condição aceitável para o tráfego, fizeram com que os técnicos buscassem novas tecnologias, mais eficientes, para a restauração dos pavimentos.

A maioria dos procedimentos para projetos de restauração de pavimentos existentes fundamenta-se no critério da redução de deflexão determinando a espessura de reforço a ser sobreposta sobre a superfície atual, restaurando as condições de conforto e segurança ao rolamento.

O método de dimensionamento de Pavimentos flexíveis da AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 1993 determina a espessura de reforço utilizando conceitos de queda de serventia - ΔPSI

(Present Serviceability Index) e número estrutural do pavimento (SN), admitindo o aspecto funcional e o estrutural dos pavimentos.

A otimização do planejamento das intervenções em um pavimento utiliza, atualmente, modelos de previsão de desempenho. Nestes modelos é necessário o uso de parâmetros que demonstrem o comportamento mecânico das camadas de um pavimento, pois refletem as complexas interações entre tipo e rigidez do material, espessura e profundidade das camadas, rigidez do subleito e condição da superfície.

A avaliação estrutural, normalmente realizada através de medidas de deflexão, juntamente com a previsão de desempenho passou a ser imprescindível nos projetos de restauração de pavimentos.

A previsão de desempenho do pavimento de uma rodovia deve utilizar como parâmetros de resistência dados de deflexões de superfície e de número estrutural.

O presente trabalho analisa dados de deflexão obtidos pelo equipamento Falling Weight Deflectometer (FWD), dos trechos pertencentes ao lote 2 e ao lote 7 do Programa Restauração das rodovias do Rio Grande do Sul. Este programa foi criado pelo DAER – RS (Departamento Autônomo de Estradas de Rodagens – Rio Grande do Sul), para conservar e manter as rodovias localizadas em distintas regiões do estado do Rio Grande do Sul e divididas, inicialmente, em sete lotes.

Através de uma retroanálise realizada com os dados de deflexão foram encontrados os Módulos de Resiliência de cada uma das camadas que constituem os pavimentos dos trechos estudados e utilizando correlações, criadas pela AASHTO (1986) e desenvolvidas por ULLIDTZ (1987) foram obtidos coeficientes de cada camada (a_i) que incorporados às espessuras existentes determinaram os números estruturais.

Por outro lado, o trabalho permitiu estudar a bacia de deflexão de cada trecho, encontrar o Raio de curvatura e propor correlações com o Número estrutural.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho tem os seguintes objetivos:

- Analisar as condições funcionais e estruturais dos pavimentos através de dados de IRI (Índice Irregularidade Internacional), LVC (Levantamento Visual Contínuo) e dados fornecidos pelo FWD (Falling Weight Deflectometer).
- Utilizar as medidas de deflexões para obter através de retroanálise os módulos “in situ” de cada camada do pavimento.
- Através das correlações estabelecidas pela AASHTO, entre módulos e coeficiente estrutural das camadas, calcular o coeficiente “in situ” de cada camada e como consequência, a capacidade estrutural dos pavimentos.
- Criar correlações entre Raio de Curvatura e Número Estrutural facilitando o trabalho de engenheiros em projetos de restauração e previsão de desempenho.

1.3 DESENVOLVIMENTO DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho foi dividido em sete capítulos:

O capítulo 1, Introdução, faz uma breve consideração sobre a importância do trabalho e descreve os seus objetivos.

O capítulo 2, Revisão Bibliográfica, faz uma revisão pertinente aos assuntos enfocados. Este capítulo foi dividido em quatro assuntos principais. O primeiro faz uma introdução da revisão bibliográfica; o segundo apresenta a Avaliação da Superfície de Pavimentos Rodoviários definindo os tipos de levantamentos de superfície disponíveis, metodologias para realizar inventários de superfície e os defeitos encontrados nos pavimentos; o terceiro aborda a Avaliação Funcional dos Pavimentos apresentando o conceito de serventia e metodologias de sua avaliação e o quarto descreve a Avaliação Estrutural de um pavimento utilizando a mecânica dos pavimentos.

O capítulo 3, Levantamento de dados, descreve como foram obtidos os dados utilizados no trabalho.

O capítulo 4, Metodologia do Trabalho, demonstra como foram obtidos os módulos de resiliência, Números Estruturais e Raio de Curvatura das camadas dos pavimentos.

O capítulo 5, Análise funcional e estrutural dos trechos estudados, analisa funcional e estruturalmente todos os trechos estudados.

O capítulo 6, Correlações, descreve as correlações entre Raio de Curvatura e Número Estrutural, obtidas para cada tipo de pavimento.

O capítulo 7, Conclusões e Sugestões para novas pesquisas, apresenta as conclusões dos resultados obtidos no trabalho e apresenta idéias para novas pesquisas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUÇÃO

A seguinte revisão abrange temas de interesse para a dissertação como Levantamento Visual Contínuo, Defeitos de Superfície, Irregularidade, Mecânica de pavimentos, Deflexões, Raio de Curvatura, Retroanálise, Coeficiente Estrutural, Número Estrutural e outros que em conjunto fornecem elementos para o desenvolvimento do estudo em questão.

O método de dimensionamento de Pavimentos Flexíveis da AASHTO utiliza conceitos funcionais e estruturais (Número estrutural - SN) para indicar a espessura total que um pavimento necessita para suportar certa quantidade de carga por um tempo de vida útil pré-determinado.

O presente trabalho foi baseado na necessidade do conhecimento de parâmetros que demonstrem o comportamento mecânico das camadas de um pavimento, valores dos coeficientes das camadas e dos números estruturais dos pavimentos existentes que necessitam ou não de reabilitação.

2.2 AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

2.2.1 Conceito

A avaliação da superfície de pavimentos rodoviários é uma atividade que permite deduzir as condições funcionais e estruturais dos pavimentos. Possui procedimento padronizado pelo DNER.

O Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos, editado pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagens, DNER (1998), descreve, que uma avaliação de defeitos da superfície de um pavimento deve nos fornecer a descrição dos defeitos, suas causas mais prováveis, os mecanismos de ocorrência, e suas possíveis localizações.

2.2.2 Levantamentos ou Inventários

Os levantamentos, também chamados inventários são baseados em medições ou verificações da presença de defeitos que aparecem na superfície dos pavimentos. Estes defeitos refletem o comportamento da estrutura do pavimento e são causados por uma série de fatores como clima, tráfego, processos construtivos e características físicas dos materiais.

Inventários de superfície são procedimentos para realizar as avaliações das condições da superfície do pavimento. Busca identificar e catalogar os defeitos de um pavimento. Podem utilizar métodos objetivos e métodos subjetivos.

a) Métodos subjetivos Manuais ou Automatizados

De acordo com DNER (1998), Levantamentos Manuais utilizam veículos em baixa velocidade de 3 a 10km/h que circulam pelo acostamento. Os avaliadores (2) descem do veículo para medir as flechas nas trilhas de roda e as aberturas das trincas. Examinam todas as faixas de tráfego e acostamentos. Registram as condições do pavimento a cada 20m, 50m ou 100m em planilhas padronizadas. Registram a severidade e intensidade dos defeitos. Observam todas as condições anormais na pista e/ou acostamentos (drenagem).

DNER (1998) descreve que Levantamentos Automáticos são realizados por vídeo filmagem. Utilizam programas de computador que interpretam as imagens do inventário reduzem os custos com a mão de obra, possuem maior velocidade na obtenção de dados fornecem maior segurança ao avaliador e uniformidade nas informações.

b) Métodos Objetivos Estatísticos

Os métodos objetivos estatísticos identificam e classificam os defeitos segundo a sua gravidade, determinando o número de vezes em que os mesmos aparecem em estações aleatórias. Caracterizam-se por apenas identificar a presença ou não do defeito na estação avaliada. Estão normatizados através da norma DNER PRO – 08/78, DNER (1978).

O método DNER – PRO 08/78, segundo DNER (1978) apresenta a sistemática de cálculo de um índice combinado de falhas denominado índice de Gravidade Global (IGG) que permite classificar o estado geral de um pavimento em função da incidência de defeitos de superfície. É um indicador das condições do pavimento, muito útil na tomada de decisões quanto à reabilitação necessária, atribuindo-lhe conceitos.

O quadro 2.1 indica o conceito de Deterioração de um pavimento utilizando o IGG.

Quadro 2.1 - Conceitos de Deterioração utilizando Limites de IGG

<i>CONCEITOS</i>	<i>LIMITES DE IGG</i>
Bom	0 a 20
Regular	20 a 80
Mau	80 a 150
Péssimo	150 a 500

Fonte: DNER (1978)(b)

c) Métodos Objetivos por Segmento – Testemunha

Este método identifica, classifica e quantifica as áreas de ocorrência de defeitos em segmentos homogêneos representativos. Caracteriza-se por quantificar os defeitos, mas tem baixa produção. Está normalizado através da norma DNER PRO – 128/83.

O método DNER PRO – 128/83, DNER (1983) apresenta uma classificação de defeitos e as superfícies de avaliação são identificadas como no Pro 08/94.

As trincas são classificadas de acordo com sua abertura e suas medidas de comprimento. A área é calculada arbitrando-se uma largura ou faixa de influência de 15cm.

As trincas interligadas tipo couro de crocodilo ou em blocos, trincas irregulares, buracos, remendos, exsudação, desgastes, afundamentos plásticos ou corrugações são medidos por um retângulo que os circunscreve. A área destes retângulos é a área de cada defeito.

O método calcula por amostragem a percentagem de sua área afetada por cada tipo de defeito levantado.

d) Levantamentos Visuais Contínuos (LVC)

Os levantamentos contínuos servem principalmente para gerenciar pavimentos, fornecem um indicativo da gravidade e uma estimativa da área de ocorrência dos defeitos.

Estes levantamentos têm como característica a alta produção com o inconveniente de envolver avaliações subjetivas das áreas de defeitos.

Analisa as condições de superfície dos pavimentos de modo contínuo.

Um avaliador, técnico, no interior de um veículo trafega no trecho a ser analisado, a uma velocidade média de 30 a 40 km/h, e registra as ocorrências dos defeitos na faixa de rolamento. São estabelecidos segmentos com 1,0 km de extensão e anotam-se as ocorrências preponderantes na superfície do pavimento tais como: trincas, remendos, panelas, desgastes superficiais, exudações, ondulações, etc.

Segundo Pinto e Preussler (1998), com a frequência dos defeitos e os pesos correspondentes calcula-se o IGGE, Índice de Gravidade Global Exedito e com base na avaliação visual do pavimento estima-se o Índice de Condição do Pavimento Flexível ICPF. Estes valores associados fornecem o denominado Índice de Estado da Superfície (IES), valor de 0 a 10 que cresce à medida que aumenta a incidência dos defeitos de superfície.

O IES foi concebido para sintetizar os resultados dos inventários da condição de superfície, com base nos critérios mostrados no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Valores de IES considerando IGGE e ICPF

DESCRIÇÃO	IES
IGGE \leq 20 e ICPF $>$ 3,5	0
IGGE \leq 20 e ICPF \leq 3,5	1
20 \leq IGGE \leq 40 e ICPF $>$ 3,5	2
20 \leq IGGE \leq 40 e ICPF \leq 3,5	3
40 \leq IGGE \leq 60 e ICPF $>$ 2,5	4
40 \leq IGGE \leq 60 e ICPF \leq 2,5	5
60 \leq IGGE \leq 90 e ICPF $>$ 2,5	7
60 \leq IGGE \leq 90 e ICPF \leq 2,5	8
IGGE $>$ 90	10

Fonte: Pinto, Preussler (1998)

A partir dos valores de IES classifica-se um segmento de um trecho de rodovia quanto ao estado de superfície. O quadro 2.3 apresenta valores de IES estabelecidos pela DNER – PRO 07/78, DNER (1978).

Quadro 2.3 - Conceito de deterioração utilizando IES

ESTADO DE SUPERFÍCIE DO SEGMENTO	IES
MUITO BOM	0
BOM	1 ou 2
REGULAR	3 ou 4
MAU	5 ou 7
PÉSSIMO	$>$ 7

Fonte: DNER (1978)(a)

2.2.3 Defeitos da superfície registrados no LVC

Os defeitos da superfície de um pavimento refletem a situação atual do pavimento. Podem ser funcionais, quando são associados à qualidade de rolamento e à segurança do pavimento, ou, estruturais quando são associados à perda da capacidade do pavimento de suportar as cargas que o solicitam.

Os defeitos de superfície são sintomas que permitem o diagnóstico das causas de deterioração de um pavimento.

Os defeitos estruturais tendem a apresentar problemas de ordem funcional, Os Levantamentos Visuais Contínuos registram os defeitos descritos abaixo cujas características foram obtidas do Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos do DNER (1998).

a) Trincamentos

No início as trincas são transversais (menor dimensão da superfície). Quando a distância entre as trincas transversais se aproximam da largura da faixa de rolamento, ocorre uma trinca longitudinal conectando-se às transversais formando blocos. Podem ocorrer em todo o revestimento.

As cargas de tráfego provocam um ciclo carregamento / alívio no pavimento causando tração nas fibras inferiores do revestimento. O trincamento inicia na face inferior do revestimento onde ocorrem as maiores tensões e deformações. As trincas se propagam para a superfície. No início longitudinal paralela, mas com o acréscimo da repetição das cargas de tráfego se conectam formando o chamado couro de jacaré.

- Trincas classe 1(FC – 1)

Identificadas como trincas isoladas denominadas F1 com extensão até 0,30m; curtas TTC e TLC com extensão de 0,30 até 1,0m e longas TTL e TLL com extensão maior que 1m. São trincas longitudinais e transversais causadas pela contração e dilatação do revestimento devido ao gradiente térmico, envelhecimento do asfalto ou

propagação das mesmas. As longitudinais, também são causadas pela construção mal feita das juntas.

- Trincas classe 2 (FC-2)

Identificadas como trincas interligadas e denominadas J (jacaré) quando formam um rendilhado sem erosão de bordas e TB (em bloco) quando as trincas longitudinais conectam às transversais formando blocos isolados sem erosão de bordos.

- Trincas classe 3 (FC-3)

São as trincas interligadas com erosão de borda. Denominadas de JE (Jacaré com erosão de bordas) e TBE (trinca em bloco com erosão de bordas).

b) Afundamentos Plásticos (AP)

Ruptura de uma ou mais camadas do pavimento e até do subleito.

c) Ondulações (O)

Ruptura por cisalhamento no revestimento ou na interface do revestimento com a base ocasionado pelas cargas de tráfego. Ocorre em regiões de aceleração e frenagem dos veículos. Ocorre no sentido transversal devido à instabilidade da mistura betuminosa, excesso de umidade das camadas subjacentes, contaminação do asfalto por materiais estranhos ou retenção de água.

d) Painelas (P)

Cavidades formadas inicialmente no revestimento do pavimento que possuem dimensões variáveis. Com o tempo, afetam estruturalmente o pavimento, pois permitem o acesso de águas superficiais ao interior da estrutura. Afetam funcionalmente o pavimento, pois afetam a irregularidade longitudinal e como consequência à segurança do tráfego e o custo do transporte.

e) Exudação (EX)

Formação de um filme betuminoso na superfície do pavimento. Manchas de variadas dimensões que não deixam os pneus aderirem ao revestimento. Ocorre devido à má dosagem da mistura asfáltica (muito teor de ligante ou muito baixo o índice de vazios), ou por ter sido usado o ligante em temperatura alta no momento da mistura ocasionando dilatação do asfalto e ocupação irreversível dos vazios entre as partículas.

f) Desgaste (D)

Perda de agregado ou argamassa fina do revestimento asfáltico ou aspereza superficial. Ocorre quando é usado pouco ligante na massa devido ao entupimento dos bicos ou má regulagem da espargidora ou, quando há redução da ligação entre agregado e ligante devido à oxidação do ligante pela ação do tráfego e intempéries.

Pode ocorrer, também, pela perda de coesão entre agregado e ligante, devido à presença de poeira durante a construção ou execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis.

A presença de água dentro do revestimento também pode causar desgaste, pois, causa sobrepressões hidrostáticas que provocam o deslocamento da película betuminosa.

g) Remendos (R)

Trabalho de recuperação do pavimento. O material original é removido e substituído por outro. Reflete o mau comportamento da estrutura original e aumenta a irregularidade longitudinal.

Atualmente, quando se quer indicar uma espessura total de pavimento necessária para proteger o subleito de uma rodovia contra o acúmulo excessivo de

deformações plásticas não devemos utilizar somente o método do DNER 1981 (método CBR), pois a espessura mínima obtida para a camada de revestimento em concreto asfáltico, não leva em conta as deformações máximas de tração provocadas pelas cargas do tráfego nessa camada (vida de fadiga).

h) Escorregamento de Massa (EM)

Movimento horizontal da mistura asfáltica causado pelos esforços tangenciais transmitidos pelos eixos dos veículos (frenagem e aceleração). Produz ondulação curta e abrupta na superfície do pavimento. É causado pela ligação inadequada entre o revestimento e a camada a que está apoiado (deficiência de pintura de ligação e imprimação), revestimento asfáltico com pouca espessura, pouca compactação da mistura asfáltica, pouca compactação da porção superior da base ou altas temperaturas (fluência plástica do revestimento).

i) Flechas nas Trilhas de Roda (TRI – trilha de roda interna e TRE – trilha de roda externa)

Causados por consolidação nos locais onde passam os carros. Ocorrem devido à compactação insuficiente de uma ou mais camadas, mistura asfáltica inadequada, enfraquecimento de uma ou mais camadas devido à infiltração de água ou pela fluência plástica do revestimento asfáltico devido às variações das temperaturas.

2.3 AVALIAÇÃO FUNCIONAL

2.3.1 Conceito

Avaliação funcional é a avaliação do conforto ao rolamento, leva em conta a serventia e a Irregularidade Longitudinal.

Serventia do pavimento é a capacidade que um pavimento tem de proporcionar um rolamento suave, confortável e seguro. Sua medição considera as respostas do usuário com relação ao movimento caracterizado pela integração Pavimento – Veículo – Homem numa determinada velocidade, bem como ao aspecto ou aparência do pavimento caracterizado por trincamentos, remendos, cor e condição dos acostamentos.

2.3.2 Avaliação Subjetiva da Serventia

A avaliação Subjetiva da Serventia é realizada por um grupo de avaliadores compostos por cinco pessoas que percorrem o pavimento em um veículo de passeio médio na velocidade limite estabelecido pelo trecho e em condições climáticas favoráveis. Foi preconizada pelo método DNER Pro 07/78, DNER (1978).

O Valor de Serventia Atual (VSA) é determinado conforme demonstrado no quadro 2.4.

Quadro 2.4 - Valor de Serventia Atual

<i>VSA</i>	<i>CONCEITO</i>
0 a 1	Péssimo
1 a 2	Ruim
2 a 3	Regular
3 a 4	Bom
4 a 5	Ótimo

Fonte: DNER (1978)(a)

Para cada trecho homogêneo com extensão inferior a 2km o VSA será a média dos cinco avaliadores. Ignora-se a resistência à derrapagem, aos cruzamentos ferroviários e aos recalques em aterros e bueiros.

O VSA juntamente com o IES são parâmetros subjetivos da condição funcional de um pavimento

2.3.3 Avaliação Objetiva da Serventia

a) PSI – Present Serviceability Index – Índice de Serventia Atual

Devido a não praticidade do método subjetivo foi criado o PSI, derivado de análise de regressões, sendo função da variação de declividades, trilhas de roda, trincas e remendos nos pavimentos.

Segundo DNER (1998), Present Serviceability Index – Índice de Serventia Atual (PSI) foi desenvolvido por (Carey e Irick) devido às dificuldades e o custo elevado do método subjetivo.

O método de dimensionamento de Pavimentos Flexíveis da AASHTO utiliza Δ PSI que é a diferença entre os índices de serventia inicial e o terminal de uma rodovia. É uma medida de conforto.

Para pavimentos Flexíveis:

$$PSI = 5,03 - 1,91 \log (1 + SV) - 1,38 (RD)^2 - 0,01 (C + P)^{1/2} \quad (2.1)$$

Sendo:

SV = Irregularidade longitudinal avaliada com o perfilômetro da AASHTO.

RD = Média das flechas tomada nas trilhas de roda sob corda de 1,20m.

C = incidência de trincas interligadas de classe 2 e 3.

P = incidência de remendo na área pavimentada.

Com o desenvolvimento desta fórmula ficou claro que 95% das informações necessárias para avaliar a serventia de um pavimento decorrem da IRREGULARIDADE. Apenas 5% utiliza os demais fatores.

A irregularidade longitudinal está relacionada com o conforto enquanto que trilha de rodas, trincas e remendos estão relacionados com deterioração estrutural.

Yoder & Witczak (1975) criaram a seguinte fórmula baseada somente na irregularidade e que resulta em um coeficiente de correlação tão bom quanto à equação (2.1) relacionada acima.

$$\text{PSI} = 4.29 - 0.40 \times (\text{SV})^{1/2} \quad (2.2)$$

b) Irregularidade Longitudinal

De acordo com DNER (1990), Irregularidade longitudinal é o conjunto dos desvios da superfície do pavimento em relação a um plano de referência.

A irregularidade longitudinal é a principal medida da condição do pavimento, pois os desvios no pavimento afetam a qualidade do rolamento e a ação dinâmica das cargas sobre a via. É a grandeza física que melhor se relaciona com o custo operacional do veículo, conforto e segurança do usuário, velocidade do percurso e economia de viagem.

A irregularidade do perfil longitudinal de um pavimento aumenta o desgaste dos veículos, pois aumenta a ação de suas cargas dinâmicas sobre a superfície do pavimento acelerando a deterioração de sua estrutura. Tem efeitos diversos sobre a drenagem da superfície (ex: poças d'água que afetam a segurança e o desempenho da rodovia).

Segundo Ullidtz (1998), o método de projeto da AASHTO é baseado na irregularidade, e o modelo de Custo de Operação de Veículos do HDMIII do Banco Mundial também utiliza a irregularidade como função básica.

A irregularidade de um pavimento pode ter origem congênita, devido às imperfeições do processo executivo, ou resultar de problemas após a construção como resultado da atuação do tráfego ou clima.

Segundo Pinto e Preussler (1998), as medidas de irregularidade longitudinal são utilizadas para:

- Avaliar os pavimentos como subsídio ao diagnóstico da situação existente e à definição da solução de restauração/manutenção a ser aplicada.
- Subsídio ao cálculo de custos de operação de veículos;

- Controle da qualidade da execução;
- Atualização e realimentação de modelos de previsão de desempenho de pavimentos;
- Estimativa da serventia de pavimentos.

Segundo Ullidtz (1998), a irregularidade está intimamente ligada ao número estrutural uma vez que a deterioração estrutural (trincas) aumenta as tensões e deformações nas camadas. A irregularidade aumenta a carga dinâmica contribuindo com a deterioração estrutural.

c) Índice de Irregularidade (IRI) e Quociente de Irregularidade (QI)

Segundo DNER (1998), o Índice de Irregularidade – IRI - International Roughness Index é uma escala de referência. É a relação entre os movimentos acumulados da suspensão do veículo e a distância percorrida pelo veículo, medida em m/km, é um parâmetro indicativo objetivo da condição funcional de um pavimento.

O Quociente de Irregularidade – QI é um índice de quarto de roda medido em contagem / km.

Segundo DNER (1998) existe uma correlação entre o QI e o IRI.

$$QI = 13 IRI \quad (2.3)$$

As estradas pavimentadas são consideradas excelentes quando o IRI fica próximo a 1,0m/km e consideradas péssimas quando é superior a 6,0 m/km.

Estrada não pavimentada com IRI próximo a 3,0m/km é considerada muito boa. Quando possuem o IRI superior a 15m/km são muito ruins.

DNER (1998) condiciona os pavimentos quanto à irregularidade de acordo com o quadro 2.5.

Quadro 2.5 – Condição do pavimento quanto à irregularidade (rodovias pavimentadas)

CONDIÇÃO	IRI (m/km)	QI (contagem/km)
Boa	1,0 – 3,5	13 – 45
Regular	3,5 – 4,5	45 – 59
Ruim	>4,5	>60

Fonte: DNER (1998)

As rodovias pavimentadas possuem limites de aceitabilidade com QI de 60 contagens/km, as não pavimentadas aumentam este limite até 200 contagens/km.

O manual do DNER, DNER (1998) descreve correlações entre PSI ou VSA e o QI com limites toleráveis da qualidade ao rolamento.

$$\text{PSI} = 4,66 \times e^{-0,00534 \times \text{QI}} \quad (2.4)$$

$$\text{QI} = -\ln(\text{PSI}/4,66) / 0,00534 \quad (2.5)$$

O QI, juntamente com o IRI e o IGG, é um parâmetro objetivo da condição funcional e pode influenciar na condição estrutural de um pavimento.

d) Equipamentos ou Processos para medir a Irregularidade

Segundo Pinto e Preussler (1998) foram criados diversos equipamentos ou processos para medir a irregularidade.

- Sistemas de medidas diretas do perfil (medidas diretas da geometria vertical do pavimento) com equipamentos de topografia que fornecem valores estatísticos indicativos da irregularidade. Método de Nível e Mira e Abay Beam do TRRL

- Sistemas de medidas indiretas do perfil (medidas mecanizadas do perfil da via). Os dados fornecem valores como amplitude de onda e coeficiente de irregularidade. Os equipamentos usados para medir indiretamente o perfil são do tipo Perfilômetro dinâmico de superfície – GMR, Perfilômetro AASHTO, Analisador de perfil longitudinal – APL do LCPC, Perfilômetro CHLOE e Merlin do TRRL.

- Sistemas baseados na reação do veículo (medidores tipo resposta). Este tipo de sistema é o mais difundido no Brasil, seu funcionamento baseia-se na reação da suspensão do veículo às condições de superfície da via, irregularidades existentes, sob uma determinada velocidade de operação.

Determinam acumulativamente os movimentos relativos entre o eixo traseiro do veículo e sua carroceria – Estatisticamente a Irregularidade.

São utilizados veículos de passeio normal ou reboques e as medidas dependem da suspensão do veículo e de seus pneumáticos. Qualquer alteração na suspensão ou rodagem pode provocar alteração na leitura. Utilizam um sensor de deslocamento vertical e um quantificador de irregularidade em pavimentos e os veículos requerem uma calibração periódica para que se possa comparar os resultados obtidos.

Rugosímetro BPR, Maymaster, Bump Integrator, Integrador de deslocamentos lineares sul africano (LDI), PCA Road meter e Sistema integrador IPR/USP, são os medidores de irregularidade tipo resposta, disponíveis no mercado.

Segundo DNER (1998), no Brasil utiliza-se para a calibração o método de nível e mira. O DNER criou duas normas que tratam do assunto, especificação ES - 173/86 e o procedimento PRO – 164/89.

2.4 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

2.4.1 Considerações Gerais

A capacidade de suporte de um pavimento tem grande influência na deterioração de um pavimento. Os pavimentos sempre se deterioram devido às intempéries e às cargas de solicitação. Estas cargas são consideradas no projeto mas com o tempo, sempre tendem a ser excedidas.

A Avaliação Estrutural fornece informações quanto ao grau de deterioração que ocorre no pavimento e permite a seleção e o dimensionamento da mais adequada alternativa de reabilitação. É a resposta da estrutura aos efeitos do tráfego e aos efeitos climáticos.

Segundo Rocha Filho (1996), esta avaliação fornece a deformabilidade e a resistência à ruptura por cisalhamento do sistema em camadas através de provas de carga, coleta de amostras e ensaios de laboratório. Está relacionada ao estado de

tensões “in loco” produzido pelas rodas carregadas, em movimento transiente sobre a superfície do pavimento, por isto, é indispensável considerar as propriedades dos materiais constituintes do pavimento.

Segundo Marcon (1996)(b), a avaliação das características de resistência dos pavimentos pode ser feita através de parâmetros de espessura equivalente, deflexões de superfície e parâmetros mecânicos.

Marcon (1996) (b) concluiu que a espessura equivalente é obtida através da soma das espessuras das camadas, ponderadas pelos coeficientes de resistência dos materiais. Estes coeficientes de resistência são obtidos com base no princípio da capacidade de distribuição das cargas ou das tensões produzidas pelo tráfego, e são relacionadas ao desempenho quanto às tendências do crescimento da profundidade da trilha de roda e da rugosidade (irregularidade).

Os parâmetros mais conhecidos e utilizados para obtenção destes coeficientes de resistência são o número estrutural (SN) considerando o pavimento e o número estrutural corrigido pelas características do subleito (SNC).

As deflexões e a forma da superfície deformada variam com a carga e a velocidade do carregamento.

Os parâmetros mecânicos são obtidos com a análise teórica ou semiempírica das bacias de deformações deduzindo tensões e deformações provocadas no pavimento.

2.4.2 Pavimento e Mecânica dos Pavimentos

Pavimento Rodoviário é uma estrutura constituída por várias camadas de materiais diferentes, que têm por finalidade resistir estruturalmente ao tráfego e a ação do clima. Esta estrutura deve propiciar uma superfície de rolamento que atenda ao conforto e a segurança do usuário.

De acordo com a norma brasileira de pavimentação, NBR 7207/82 – ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas (1982), pavimento é definido como:

“Uma estrutura construída após a terraplenagem destina-se, em seu conjunto:

- a) A resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;

- b) A melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- c) A resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento”“.

Um pavimento flexível é constituído de Camada Asfáltica, Camada Granular (Base e Sub – Base) e Camada de Fundação (Subleito).

O revestimento asfáltico tem como principais funções impermeabilizar o pavimento mantendo a capacidade suporte das camadas subjacentes, fornecer uma superfície resistente à derrapagem e reduzir as tensões verticais que as cargas de roda aplicam na camada de base controlando o acúmulo de deformações plásticas.

A camada granular deve reduzir as tensões verticais que as cargas de roda aplicam na camada de fundação reduzir as deformações que as cargas de roda induzem no revestimento estendendo a sua vida de serviço quanto ao trincamento por fadiga e permitir drenagem de águas que se infiltrem no pavimento.

A sub-base é formada por um material de capacidade de suporte superior ao subleito compactado permitindo reduções na espessura da camada de base.

O estudo da Mecânica dos Pavimentos permite uma ampla revisão dos métodos de dimensionamento de pavimentos novos e de reforço de pavimentos antigos, uma vez que, desenvolve uma tecnologia baseada em deflexões sob a carga das rodas que permite corrigir o procedimento de dimensionamento de pavimentos flexíveis.

O pavimento deve ser tratado como qualquer outra estrutura da engenharia civil.

Pinto (1991) lembra que antigamente os projetos baseavam-se exclusivamente na resistência à ruptura por deformação plástica dos solos do subleito (CBR) – proteger o subleito quanto à ruptura por cisalhamento ou acúmulo de deformações permanentes que se refletem em trilhas de roda ou afundamentos na superfície do revestimento.

De acordo com Pinto (1991) a Mecânica de Pavimentos permitiu estabelecer procedimentos analíticos que levam em conta as características resilientes das camadas de pavimentos flexíveis e do subleito. É uma ferramenta básica para o dimensionamento estrutural dos pavimentos, pois devem ser consideradas as características elásticas das diferentes camadas que constituem o pavimento, o

estado de tensões e o estado de deformações a que os materiais estão submetidos devido a um carregamento conhecido.

O módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson de cada camada são as propriedades exigidas dos materiais no cálculo de tensões, deformações e deflexões no caso de desenvolvimento de um projeto analítico.

Pinto (1991), esclarece que para o dimensionamento de pavimentos novos e a serem restaurados, as tensões de tração que se desenvolvem na fibra inferior das camadas betuminosas e as tensões verticais de compressão no topo do subleito devem ser observadas criteriosamente, pois, as causas dos piores defeitos que ocorrem em estruturas flexíveis e que refletem no revestimento são as solicitações mecânicas devido, à flexão repetida, responsável pela fadiga do material e associada ao trincamento do revestimento ou de camadas cimentadas, e, a compressão, que conduz ao acúmulo de deformações permanentes.

De acordo com Pinto (1991), um projeto estrutural de pavimentos deve abordar o comportamento mecânico intrínseco considerando a fadiga e a deformação permanente, pois o conhecimento das características de ruptura dos materiais das camadas dos pavimentos revela o comportamento dos revestimentos sob solicitação de flexão e à compressão.

Segundo Ullidtz (1987), Boussinesq em 1885 criou equações matemáticas para calcular as tensões, deformações e as deflexões em uma certa profundidade (z), causadas por uma carga puntual em um meio linear elástico semi - infinito, isotrópico e homogêneo.

Inicialmente, essa teoria era aplicada na determinação de módulos de elasticidade de solos de fundações, através do ensaio de placa (rígida ou flexível).

As equações foram modificadas através de integração matemática para aproximar ao efeito de uma carga circular distribuída aplicada na superfície de um pavimento.

Segundo Ullidtz (1987), estas equações revelaram que as tensões verticais independem dos parâmetros elásticos e que as tensões e deformações decrescem proporcionalmente com o quadrado da profundidade, enquanto que as deflexões somente decrescem linearmente com a profundidade.

Este conceito tem importância uma vez que se utilizam deflexões para conhecer as condições estruturais de um pavimento e nos faz entender que a deformação em uma certa profundidade é igual à deflexão nesta profundidade dividido pela profundidade.

Ullidtz (1987) escreve que Burminster, em 1943 apresentou um método para determinar as tensões e os deslocamentos para um sistema de duas camadas. Baseado nisso surgiram outras equações para três camadas e um grande número de programas de computador para resolver estas equações.

Um princípio básico da teoria da elasticidade é que os materiais são elásticos e lineares, mas os materiais que constituem o pavimento não são elásticos lineares, pois quando expostos a tensões apresentam inúmeras deformações .

A teoria da elasticidade assume que os materiais são homogêneos, o que não ocorre com os materiais que constituem um pavimento. Na avaliação “in situ” das condições estruturais de um pavimento é importante considerar a não linearidade dos materiais, pois influencia no módulo dos materiais.

Em 1949, Odemark de acordo com Ullidtz (1987) apresentou um método transformando um sistema que consistia de camadas com rigidez diferentes para um sistema equivalente onde todas as camadas têm a mesma rigidez.

Este método conhecido como método da espessura equivalente (MET-Method of Equivalent Thickness) permitiu que as equações de Boussinesq para um meio elástico e material homogêneo fossem usadas para prever tensões, deformações e deflexões em sistemas de camadas como nos pavimentos rodoviários.

2.4.3 Módulo de Resiliência e Deformabilidade Resiliente

a) Conceito

Módulo de Resiliência é o módulo elástico baseado nas deformações recuperáveis sob cargas repetidas e é definido no ensaio triaxial de cargas repetidas.

O termo resiliente expressa a resposta dinâmica dos materiais submetidos a carregamentos repetidos na sua componente elástica.

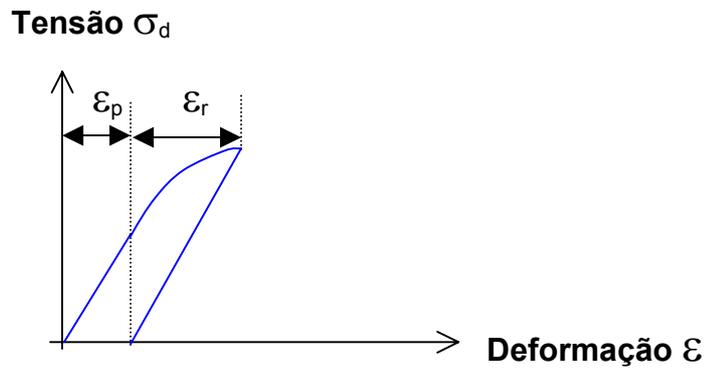
$$M_r = \sigma_d / \varepsilon_r \quad (2.6)$$

Onde:

σ_d = Tensão desvio cíclica ($\sigma_1 - \sigma_3$)

ε_r = Deformação recuperável (elástica ou reversível)

As figuras 2.1 e 2.2 apresentam as deformações elásticas e plásticas para um ciclo de carga e descarga de um solo num ensaio triaxial e de um corpo de prova respectivamente.



ε_p = deformação permanente ou plástica.

ε_r = deformação recuperável, elástica ou reversível.

Figura 2.1 - Deformação elástica e permanente num ciclo de carga e descarga de um solo num ensaio triaxial de carga repetida. Yoder & Witczak (1975)

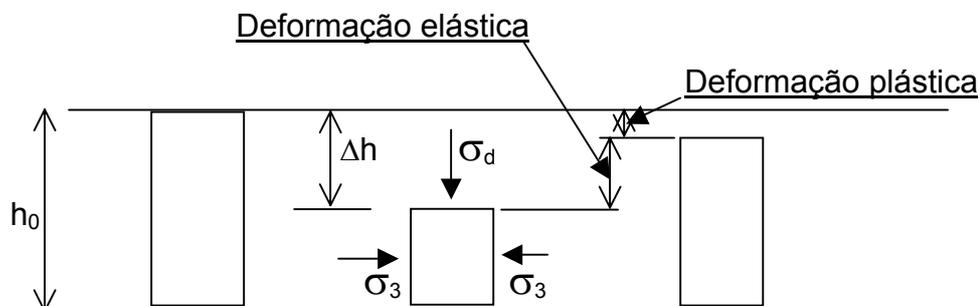


Figura 2.2 - Deformação plástica e elástica de um corpo de prova

De acordo com as figuras 2.1 e 2.2 verifica-se que a cada aplicação de tensão desvio, a deformação axial tem uma parcela pequena de natureza plástica ou permanente, ε_p então:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_r + \varepsilon_p \quad (2.7)$$

A deformação total (ε_t) tem um componente resiliente (recuperável) elástico (ε_r) e outro permanente (irrecuperável) ou plástico (ε_p).

Somente a parcela ε_r é considerada na determinação do módulo de resiliência.

b) Módulo de Resiliência de Materiais granulares

A base dos pavimentos rodoviários normalmente é constituída de material granular, bem graduado, com partículas resistentes à abrasão e com elevado índice de suporte CBR.

Para materiais granulares não se pode aplicar a lei de Hooke generalizada, pois estes materiais não são elásticos lineares. Esta não linearidade obriga a busca de relações empíricas entre o Módulo Resiliente e o estado de tensões.

Os ensaios triaxiais procuram determinar, em laboratório, uma relação entre o Módulo de Resiliência e tensões; confinantes(σ_3) e verticais(σ_1) ou desvio($\sigma_1 - \sigma_3$); nas condições de umidade e grau de saturação em que o material se apresenta "in situ".

De acordo com Medina (1997) realizaram-se ensaios com equipamento triaxial de cargas repetidas, em laboratório, cujos resultados mostraram que a pressão confinante, em camadas granulares, tem muito maior influência no Módulo de resiliência do que a tensão desvio. Em materiais granulares o módulo de resiliência depende principalmente da tensão confinante, σ_3 , ou da soma das tensões principais θ ($\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$).

De um modo geral, neste caso, utiliza-se a seguinte equação:

$$M_r = K_1 \sigma_3^{K_2} \quad \text{ou} \quad M_r = K'_1 \theta^{K'_2} \quad (2.8)$$

Onde k_1 e k_2 são parâmetros de resiliência do solo ensaiado.

Quanto menor a tensão confinante, solo mais solto, menos travado, menor será o módulo resiliente, pois a deformação elástica é maior.

Medina (1997) descreve que, Vicente Pérez em 1987 verificou que a brita I ($\varnothing_{\text{máx}} = 3/4$ "ou 19mm) forneceu módulos maiores que a brita II ($\varnothing_{\text{máx}} = 3/8$ " ou 9,5mm).

Como os materiais granulares graúdos se deformam, as expressões que calculam o M_r têm sido completadas levando-se em conta tensões normais e tensões cisalhantes.

Segundo Medina (1997), por outro lado, realizando-se ensaios triaxial de carga repetida com diferentes tensões confinantes, verificou-se que aumentando os valores da tensão desvio, as deformações específicas axiais também crescem. Neste caso melhor utilizar o modelo sugerido por Rada & Witczak (1980):

$$M_r = K_3 \theta^{K_4} \varepsilon_a^c \quad (2.9)$$

(sendo $\varepsilon_a > 10^{-5}$)

Onde c , K_4 e K_3 são parâmetros determinados experimentalmente e ε_a é a deformação específica axial.

Em solos granulares bem graduados o comportamento resiliente é melhorado devido ao intertravamento dos grãos. Quanto maior a tensão confinante maior o módulo resiliente.

d) Influência da Densidade e da Umidade nos valores de Módulo de Resiliência

Medina (1997) explica que os módulos resilientes dependem da densidade e da umidade dos solos (fatores de estado). O modo como se arrumam e se aglomeram as partículas de solo, assim como, o teor de umidade da compactação é determinante da deformabilidade.

Ainda Medina (1997) explica que quanto maior o tempo de cura, sem variação de umidade (enrijecimento por tixotropia), menor a deformação na solicitação dinâmica (quando estas solicitações, tensões, forem espaçadas). Isto é o que ocorre nos subleitos das rodovias uma vez que as solicitações são espaçadas.

Verificou-se que a velocidade do veículo influencia no tempo de duração do pulso de tensão vertical. Quanto menor a velocidade de um veículo, maior é o tempo de duração do pulso de tensão vertical.

Para uma compactação a 100% do Proctor Normal, o aumento da frequência dos pulsos aumenta o Módulo de Resiliência do material e o aumento da duração do carregamento diminui o Módulo de Resiliência.

É necessário proceder-se uma correta compactação das camadas do pavimento para obter-se um peso específico aparente seco mais elevado e conseqüentemente um módulo de resiliência maior.

Preussler (1978) constatou que em ensaios triaxiais de carga repetida as amostras ensaiadas no ramo seco da curva de compactação apresentaram pequenas deformações permanentes e recuperáveis. Em amostras compactadas a umidades maiores que a umidade ótima, as deformações permanentes cresceram consideravelmente, atingindo valores até 10 vezes maiores que os obtidos para o ramo seco.

Segundo Preussler (1978), para uma mesma tensão confinante, o módulo de resiliência é maior, quanto menor for o nível de saturação.

Segundo Rodrigues (1991), os módulos encontrados em laboratório não refletem necessariamente o comportamento do material no campo, devido à dificuldade de se reproduzir em laboratório as condições de umidade, compactação, temperatura, estado de tensões e modo de solicitação a que os materiais estão sujeitos no pavimento.

A drenagem é importante para se obter um módulo de resiliência elevado, pois para um mesmo peso específico aparente seco, o módulo de resiliência diminui com o aumento do teor de umidade.

A responsabilidade da compactação e do seu controle no campo é importante, pois, em alguns casos, um pequeno acréscimo de densidade quando se compacta o material granular ocasiona um aumento considerável no módulo de resiliência.

2.4.4 Deflexões

Entende-se por deflexão como o deslocamento superficial vertical que o pavimento sofre ao ser solicitado por uma carga e que desaparece tão logo cesse a aplicação desta carga. Estes deslocamentos, também chamados de deformações, podem ser permanentes ou recuperáveis.

As deformações permanentes têm efeito residual, pois permanecem mesmo após cessar o efeito da atuação da carga, como exemplo tem-se as deformações geradas nas trilhas de roda pela consolidação adicional do tráfego.

As deformações recuperáveis representam um indicativo de comportamento elástico da estrutura, deixando de existir alguns momentos após a retirada da carga. Provocam o arqueamento das camadas do pavimento, e a sua repetição é a responsável pelo fenômeno da fadiga das camadas betuminosas e cimentadas.

Deve haver compatibilidade entre o nível de carregamento aplicado nos ensaios e o que será aplicado pelo tráfego previsto.

As cargas de roda aplicam nas estruturas de pavimento uma distribuição de tensões que são transmitidas para as camadas de baixo, cônica, e cuja inclinação em cada camada é função da sua rigidez e de sua espessura. Sabe-se que aumentando a rigidez do material, as tensões se distribuem em uma área maior.

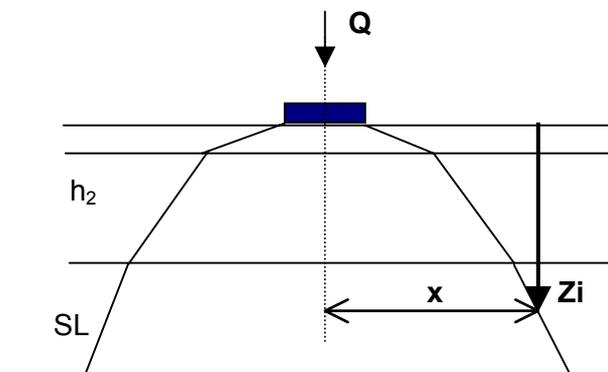


Figura 2.3 - Distribuição de Tensões no Pavimento

De acordo com a figura 2.3, as deflexões ou deslocamentos verticais, registradas na distância “ x ” devem-se essencialmente ao subleito, visto que as

camadas superiores estão fora do cone de tensões. Esta distância deve ser tal que a deflexão correspondente não seja influenciada pelas camadas superiores.

A deflexão superficial sob o ponto de aplicação da carga é dependente das características do conjunto de todas as camadas que constituem o pavimento.

A deflexão mais distante do centro de aplicação da carga será influenciada somente pelas características do subleito.

As deflexões intermediárias serão influenciadas principalmente pelas características das camadas de base e sub-base.

Os Deslocamentos elásticos, deflexões, sofridos pelo pavimento devido à passagem de uma carga podem ser previstos pela Teoria da Elasticidade, utilizando parâmetros de resiliência dos materiais que constituem as camadas do pavimento.

De acordo com Pinto (1991), inversamente, conhecendo-se as deflexões do pavimento podemos conhecer os Módulos das Camadas.

a) Bacia de Deflexão

Segundo Moreira (1977), a deflexão recuperável de um pavimento sob ação de uma determinada carga, em muitos casos, não consegue explicar por si só, o comportamento estrutural e o processo de distribuição de cargas no interior do pavimento. Observa-se que em alguns casos, encontramos deflexões altas em locais avaliados com conceito Bom (funcionalmente), e em locais considerados Ruins (avaliação funcional), apresenta deflexões baixas.

Sendo assim torna-se importante estabelecer a linha elástica das deflexões ou deformada elástica do pavimento podendo, então verificar a influência da carga em diversos pontos do pavimento.

Bacia de deflexão é a linha de influência longitudinal ocasionada por uma carga aplicada à superfície do pavimento.

Fabício et al (1988) esclarecem que a forma da bacia de deflexão é conseqüência não só do carregamento imposto na superfície do pavimento como também das Espessuras e dos Módulos de Elasticidade das diversas camadas existentes no pavimento e do Módulo de Elasticidade do subleito.

Segundo DNER (1998), considerando-se a aplicação de uma carga de roda dupla estática, a área anexa à carga que sofrerá deformação recuperável assume a forma aproximada de uma elipse, cujo eixo maior coincide com a direção do deslocamento do tráfego. À superfície assim formada dá-se o nome de bacia de deflexão conforme demonstra a figura 2.4.

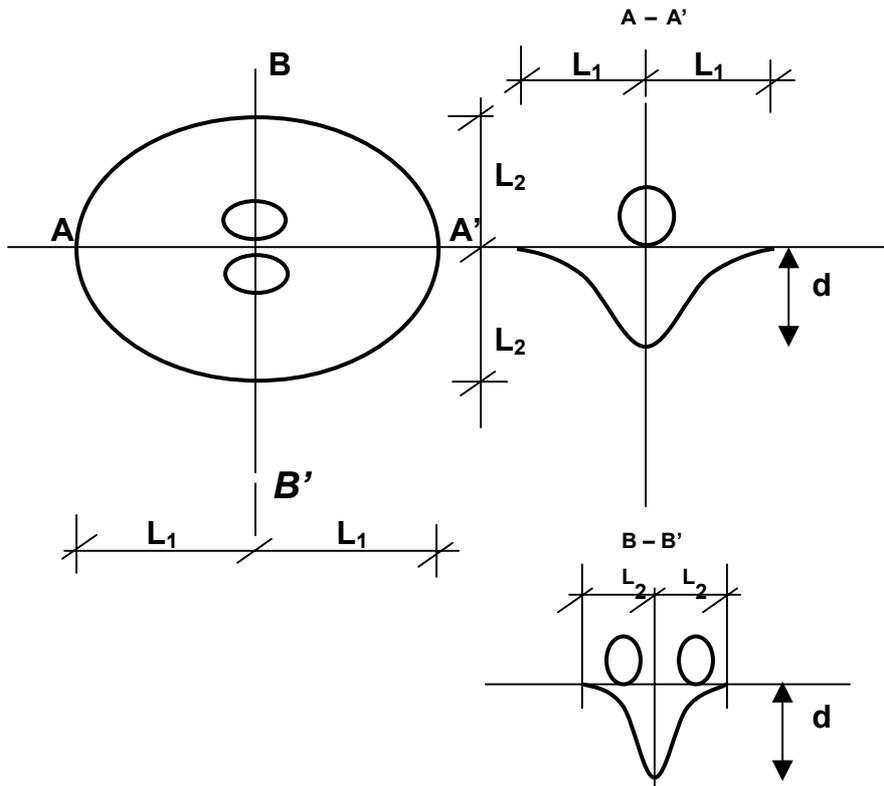


Figura 2.4 - Esquema da bacia de deflexão

A seção longitudinal da bacia de deflexão (A - A' da figura 2.4) mostra que a máxima deflexão ocorre sobre o centro de carga, e que seus raios horizontais são iguais. Deformada é a linha correspondente a esta seção longitudinal.

A seção transversal da bacia de deflexão (B - B' da figura 2.4) permite verificar que seus raios também são simétricos, porém de valor inferior ao dos raios horizontais verificados na seção longitudinal. A severidade do arqueamento transversal é maior, o que explica o fato de que as trincas de fadiga têm inicialmente sentido longitudinal.

A forma da bacia de deflexão indica a aptidão da estrutura em receber e distribuir as tensões para as camadas subjacentes.

Durante o carregamento, a zona submetida aos esforços no interior do pavimento vai se alargando em função da profundidade e das características de cada camada.

Conforme mostra a figura 2.5, a deflexão superficial no centro de aplicação da carga depende das características de toda a estrutura do pavimento, ao passo que a deflexão situada a uma distância mais afastada deste ponto dependerá somente do Módulo de Elasticidade do subleito. As deflexões situadas a uma distância intermediária dependerão das características das camadas inferiores como base, sub-base ou subleito.

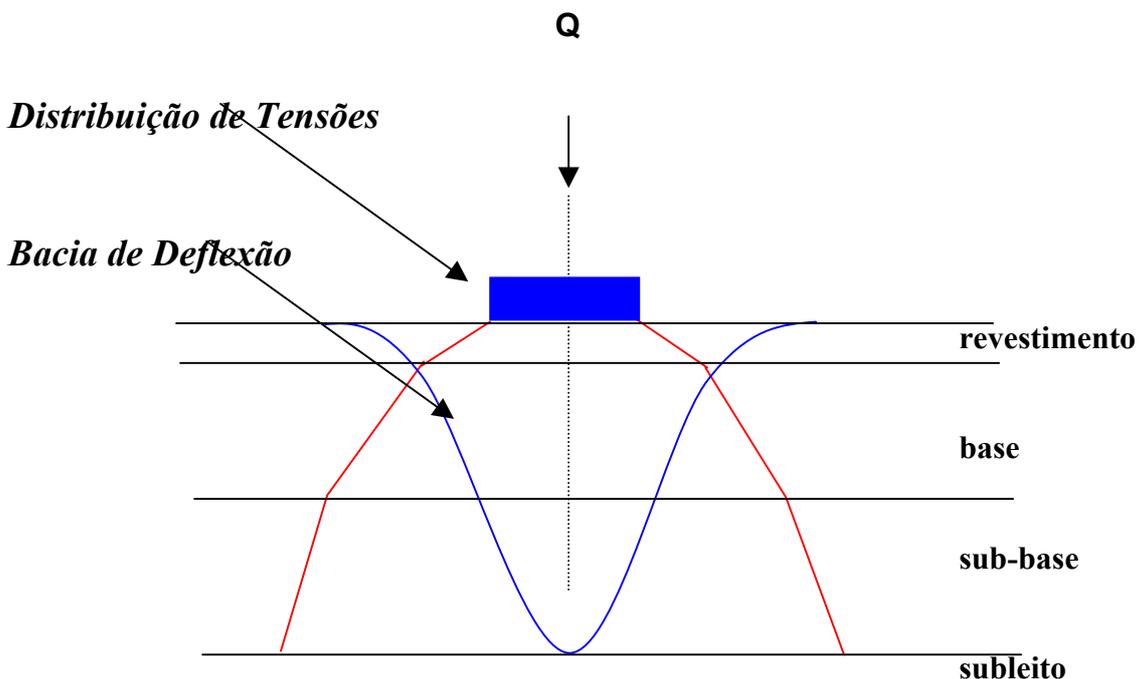


Figura 2.5 - Esquema da distribuição de tensões e da bacia de deflexão

b) Deflexão Máxima (D_0)

As leituras de Deflexão Máxima (D_0) são um importante indicativo do comportamento futuro do pavimento, pois o trincamento, por fadiga das camadas asfálticas e cimentadas é função da Deformação Máxima de Tração (ϵ_t) na sua fibra inferior, a qual está ligada à magnitude das deflexões dos pavimentos.

Quanto maior o valor da deflexão recuperável máxima, mais elástico ou resiliente é a estrutura de um pavimento e maior o seu comprometimento estrutural.

A deflexão máxima D_0 , como já foi mencionado, não consegue por si só explicar o comportamento estrutural e a distribuição de tensões no interior do pavimento.

c) Raio de Curvatura (R_c)

O grau de curvatura da linha elástica está estritamente associado às intensidades das tensões de tração desenvolvidas na interface das camadas de um pavimento, quando este é solicitado por uma carga.

As intensidades das tensões de tração estão ligadas ainda ao próprio valor da deflexão, e provocam, a partir de certos valores, o aparecimento de fissuras e posteriormente a ruptura do pavimento por fadiga.

Segundo Moreira (1977), figura 2.6, o índice que melhor expressa a severidade das tensões oriundas da flexão do pavimento, que encontra suporte na teoria matemática da elasticidade é o raio do círculo que melhor se ajusta à curva no ponto correspondente à deflexão máxima, simplesmente designado “Raio de Curvatura”.

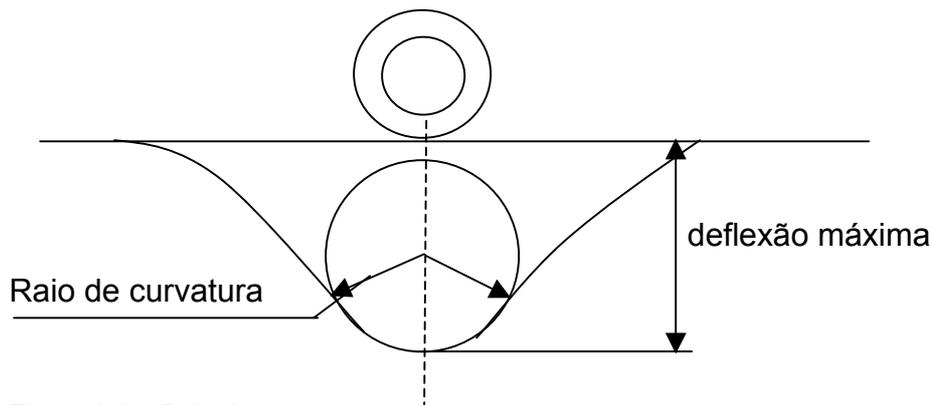


Figura 2.6 – Raio de curvatura

O Raio de Curvatura indica a capacidade do pavimento em distribuir as tensões das cargas do tráfego. Quanto maior for o raio de curvatura melhor será a qualidade do pavimento.

Segundo Marcon (1996), o Raio de Curvatura é o raio do círculo que melhor se ajusta à curvatura da bacia de deflexão no ponto de maior deflexão e é utilizado para verificar a capacidade de destruição das cargas dos pavimentos.

Quanto menor for o Raio de Curvatura, mais fechada é a bacia, mais fácil a deterioração do pavimento pois a área do pavimento solicitada pela carga é menor.

De acordo com a figura 2.7, apesar de duas estruturas apresentarem a mesma Deflexão máxima, se os raios de curvatura forem diferentes, indicam condições estruturais bem distintas.

O método mais utilizado para determinar o Raio de Curvatura é o clássico da parábola de 2º grau, adotado pelo DNER e introduzido no Método PRO-11-79, DNER (1979), como sendo um dos indicadores para avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

$$R_c = 6250 / 2(D_0 - D_{25}) \quad (2.10)$$

onde:

R_c = Raio de curvatura, (m);

$D_0 = d_0$ = Deflexão máxima sob o ponto de aplicação da carga, (10^{-2} mm);

$D_{25} = d_x$ = Deflexão a 25 cm do ponto de aplicação da carga, (10^{-2} mm).

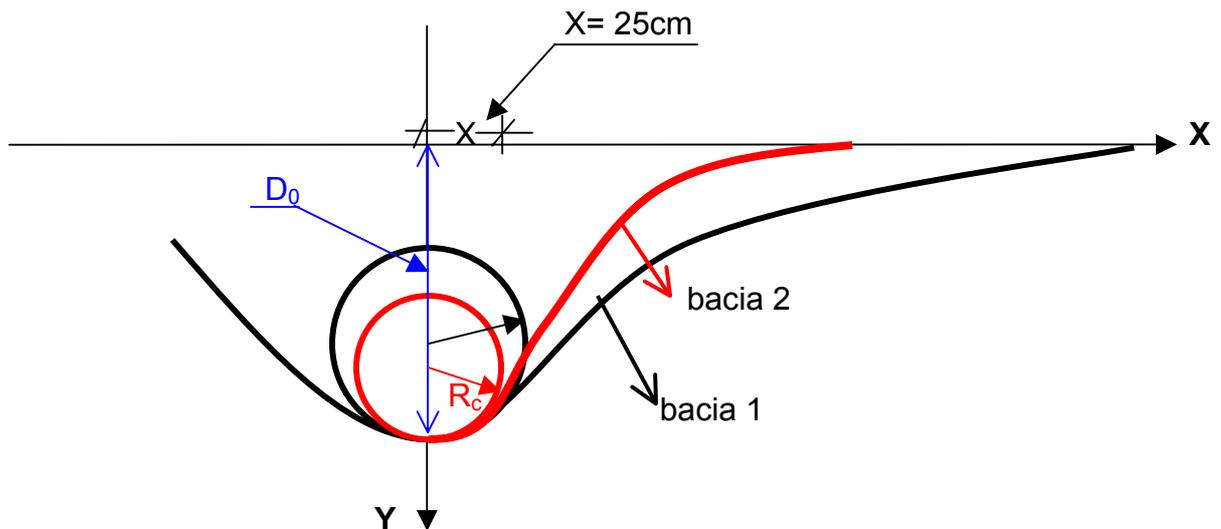


Figura 2.7 - Esquema de duas deformadas com a mesma Deflexão máxima D_0 e Raio de curvatura Diversos

Segundo Fabrício et al (1988), valores de R_c menores do que 100m são correspondentes a pavimentos com problemas estruturais nas camadas superiores ao passo que valores maiores são representativos de estruturas com boa qualidade.

De acordo com Fabrício et al (1988), estudos realizados na França e apresentados por P. Autret et al em 1972 mostraram que a relação E_1/E_2 , quando E_1 representa o Módulo de Elasticidade da camada do pavimento (revestimento betuminoso + Base granular + sub-base granular) e E_2 representa o módulo de Elasticidade do subleito é expressa pelo produto $R_c \times D_0$. Estes estudos mostraram a

dependência dos módulos de elasticidade das camadas do pavimento em relação ao subleito.

Segundo Marcon (1996), com base nas experiências francesas, valores de $R_c \times D_0$ maiores que 5.500 indicariam pavimentos bons, sendo R_c em metros e D_0 em centésimos de milímetro. Esta avaliação é válida para pavimentos com base estabilizada granulométricamente e sua eficiência foi comprovada em dois trechos do Brasil.

Valores de $R_c \times D_0$ abaixo de 5.500 indicariam problemas estruturais causados pelo pavimento ou pelo subleito.

De acordo com Fabrício et al (1988), valores médios de $R_c \times D_0$ menores que 5.500 estão associados a pavimentos pouco espessos ou pouco resistentes e em mau estado, ao passo que valores médios de $R_c \times D_0$ maiores que 10.000 são indicativos de pavimentos espessos com camadas de pré-misturados betuminosos ou camadas estabilizadas com ligantes hidráulicos.

2.4.5 Número Estrutural

a) Considerações Gerais

Segundo Paiva e Causim (2000), uma vez que o processo de degradação de um pavimento flexível pode ser acompanhado pelo aumento das deformações recuperáveis, pode-se avaliar estas deformações e fazer um planejamento prévio dos reparos necessários ou manutenções antes que o pavimento entre em estágio final de vida útil.

Segundo Ullidtz (1998), o número estrutural está intimamente ligado ao processo de degradação de um pavimento flexível uma vez que no início da sua vida útil, pavimentos com número estrutural igual a 2,5 (considerados fracos) a taxa de deterioração é baixa, mas quando este pavimento envelhece, a taxa de deterioração se acelera. Pavimentos considerados fortes (número estrutural igual a 5,0), ocorre o contrário.

O número estrutural (SN) é um número indicativo da espessura total de um pavimento para resistir um número total de eixos padrões equivalentes, com determinadas combinações de capacidade de suporte do solo, serventia final e clima. Este número foi criado a partir da pista da AASHTO sendo determinado através de coeficientes de camadas (característica de cada material), espessura das camadas e coeficientes de drenagem.

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3\dots a_iD_im_i \quad (2.11)$$

Onde:

a_i = coeficiente da i -ésima camada do pavimento

D_i = espessura (em polegadas) da i -ésima camada do pavimento

m_i = coeficiente de drenagem da i -ésima camada do pavimento.

b) Coeficiente estrutural das camadas (a_i)

O coeficiente estrutural AASHTO das camadas é exigido para o projeto estrutural de pavimentos flexíveis.

Segundo a AASHTO (1993) existe um valor de a_i para cada camada (material) do pavimento que transforma a espessura da camada em número estrutural. Este coeficiente expressa uma relação empírica entre o SN e a espessura da camada, e é uma medida da capacidade relativa do material para funcionar como componente estrutural do pavimento.

Senço (1997) explica que coeficiente de camada (a_i) é o relacionamento empírico entre número estrutural (SN) e a espessura de cada camada do pavimento (D_i).

$$SN = a_i \cdot D_i \quad (2.12)$$

Segundo Huang (1993), coeficiente da camada é uma medida da capacidade relativa do material para funcionar como componente estrutural do pavimento.

Segundo a AASHTO (1993) embora o módulo de resiliência tenha sido adotado como medida padrão da qualidade do material de uma camada do pavimento é ainda necessário identificar o coeficiente desta camada. Este

coeficiente pode variar com a espessura da camada, camada de suporte, posição na estrutura do pavimento, etc.

O coeficiente da camada pode ser determinado em pistas experimentais, como foi feito pela AASHTO ou através de correlações com a propriedade dos materiais. É recomendável que o coeficiente das camadas seja baseado nos Módulos de Resiliência dos materiais que é a propriedade fundamental do material.

Segundo Ullidtz (1998), o coeficiente das camadas reflete não só a habilidade do material de distribuir as tensões, mas também a resistência do material.

No caso de revestimentos de concretos asfálticos, a AASHTO (1993), apresenta um gráfico que pode ser usado para estimar o coeficiente desta camada estrutural (a_1), baseado no módulo de resiliência para uma temperatura de 68°F ou 20°C.

Seguindo o mesmo guia de projeto da AASHTO (1993), os coeficientes das camadas de base granular (a_2) e de sub-base granular (a_3) podem ser determinados através de equações, quando os módulos de resiliência destas camadas são conhecidos.

$$a_2 = 0,249(\log E_2) - 0,977 \quad (2.13)$$

$$a_3 = 0,227(\log E_3) - 0,839 \quad (2.14)$$

onde:

E_2 = Módulo de Resiliência da base

E_3 = Módulo de Resiliência da sub-base

Ullidtz (1998) apresenta equações que utilizam, para concreto asfáltico, um módulo de referência igual a 3000 Mpa e para a base e a sub-base de materiais granulares, um módulo de referência igual a 160 Mpa. Apresenta também, baseado no guia da AASHTO, intervalos de valores aceitáveis para os coeficientes das camadas.

Para concretos asfálticos:

$$a_1 = 0,40 \times \log\left(\frac{E_1}{3000\text{MPa}}\right) + 0,44 \quad \text{com: } 0,20 < a_1 < 0,44 \quad (2.15)$$

Para bases granulares:

$$a_2 = 0,25 \times \log\left(\frac{E_2}{160\text{MPa}}\right) + 0,11 \quad \text{com: } 0,06 < a_2 < 0,20 \quad (2.16)$$

Para sub-bases granulares:

$$a_3 = 0,23 \times \log\left(\frac{E_3}{160\text{MPa}}\right) + 0,15 \quad \text{com: } 0,06 < a_3 < 0,20 \quad (2.17)$$

Para bases tratadas com betume:

$$a_2 = 0,30 \times \log\left(\frac{E_2}{3000\text{MPa}}\right) + 0,33 \quad \text{com: } 0,10 < a_2 < 0,30 \quad (2.18)$$

Para bases tratadas com cimento:

$$a_2 = 0,52 \times \log\left(\frac{E_2}{3000\text{MPa}}\right) + 0,08 \quad \text{com: } 0,10 < a_2 < 0,28 \quad (2.19)$$

O Módulo de resiliência deve ser conhecido para todas as camadas assegurando o efeito que o tempo causa quanto à capacidade estrutural dos materiais que a constituem.

Rada et al (1989) utiliza a relação sugerida nos trabalhos da AASHTO (1986) e comenta que o valor do coeficiente estrutural depende do valor do módulo da camada. Esta relação possibilita o cálculo do coeficiente de equivalência estrutural de uma camada qualquer, tendo-se o valor do módulo de uma camada padrão, no caso a brita, o valor do coeficiente de Poisson e o valor do coeficiente de equivalência estrutural da camada padrão.

d) Influência da Temperatura no Número Estrutural

Como o asfalto é um material viscoso, suas propriedades são altamente dependentes da temperatura. Quando varia a temperatura de frio para quente, o módulo do revestimento asfáltico apresenta variação. Em temperaturas frias o módulo das misturas asfálticas aproxima-se dos valores de rigidez do concreto de cimento portland, enquanto que em temperaturas aquecidas, a mistura terá um valor de módulo menor.

O módulo dos materiais asfálticos é um dos fatores que influencia a deflexão no pavimento carregado. O outro fator de grande importância é a espessura da camada asfáltica. Assim, a variação na deflexão de um pavimento devido à temperatura é mínima quando se trata de uma fina camada betuminosa, mas pode ser extremamente alta em grandes espessuras de pavimentos asfálticos.

Os procedimentos de projetos para avaliar os coeficientes das camadas de misturas betuminosas em pavimento flexíveis apresentados no guia da AASHTO são baseados em temperaturas padronizadas (68°F ou por volta de 20°C). Assim, para qualquer estudo de reabilitação, as medidas de deflexão em qualquer ponto da superfície do pavimento asfáltico devem ser referenciadas a este padrão de temperatura, pois, assim pode-se comparar as propriedades dos materiais e/ou a capacidade estrutural de todos os pavimentos.

Quando são utilizados equipamentos NDT(ensaios não destrutíveis) para se obter as medidas de deflexão e conseqüentemente determinar-se os módulos “in situ” através de retroanálise, o módulo encontrado, para qualquer camada asfáltica, reflete a temperatura no momento do ensaio. Estes módulos devem primeiro ser corrigidos para a condição de temperatura comum igual a 68°F, para depois serem utilizados na correlação da AASHTO para determinar o correto coeficiente estrutural “in situ” (a_i).

Segundo Rada, et al (1989), o módulo obtido pode ser corrigido pela expressão:

$$E_{20} = \frac{E_T}{10^{3,245 \times 10^{-4} \times (2079,446 - T_p^{1,798})}} \quad (2.20)$$

onde:

E_{20} = Módulo corrigido pela temperatura

E_T = Módulo retroanalisado da bacia de deflexão (ELMOD)

T_p = Temperatura do pavimento no momento do ensaio não destrutivo

e) Efeitos da drenagem (m_i)

Segundo a AASHTO (1993), a drenagem exerce efeitos na previsão de desempenho de um pavimento. O quadro 2.6. apresenta os diferentes níveis de drenagem para uma estrutura de um pavimento.

Quadro 2.6 - Qualidade da drenagem

Qualidade da Drenagem	Tempo de Remoção da Água
Excelente	2 horas
Boa	1 dia
Regular	1 semana
Ruim	1 mês
Péssima	A água não é drenada

Fonte: AASHTO (1993)

A AASHTO Road Test considera as condições de drenagem como Regular ou seja uma semana para a remoção da água.

Segundo a AASHTO (1993), para considerar algum nível de drenagem em pavimentos flexíveis modifica-se o coeficiente das camadas com um valor de m_i que é integrado à equação do número estrutural (SN) junto com o coeficiente da camada e a espessura da mesma. Não se considera o efeito da drenagem na camada de revestimento de concreto asfáltico.

O Quadro 2.7 apresenta os valores recomendados de m_i em função da qualidade da drenagem e da porcentagem do ano em que o pavimento estará submetido a níveis de umidade próximo à saturação.

Para as condições da AASHTO Road Test, dependendo do tipo de material, como base de comparação, m_i é considerado igual a um.

O guia da AASHTO (1993), informa como nota importante, que estes valores para efeito de drenagem, são aplicados somente para camadas de sub-base e bases não tratadas. Diz ainda que, o efeito deste incremento no desempenho de pavimentos flexíveis não são tão representativos quanto aqueles apresentados no quadro 2.7.

Quadro 2.7 - Valores de m_i recomendados para modificar os coeficientes das camadas estruturais para bases e sub-base não tratadas em pavimentos flexíveis

% do tempo de exposição do pavimento a níveis de umidade próximos à saturação				
Qualidade da drenagem	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	> 25%
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Boa	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Ruim	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Péssima	1,05 – 0,95	0,98 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fonte: AASHTO (1993)

2.4.6 Obtenção de dados de Deflexão

Os dados de deflexão dos pavimentos flexíveis podem ser obtidos por ensaios não destrutivos com equipamentos tipo vigas de deflexão, dinâmicos de vibração e dinâmicos de impacto.

Segundo Rodrigues (2000), a utilização de equipamento tipo Viga Benkelmann é uma prática sem qualquer embasamento, pois, a bacia não pode ser lida de forma confiável (não há repetibilidade das leituras), a solicitação aplicada ao pavimento é quase estática, diferente, portanto, daquela aplicada pelas cargas dos veículos em movimento.

Para o presente trabalho os dados de deflexão foram obtidos por Avaliação Não Destrutiva (NDT) através do equipamento Falling Weight Deflectometer Dynatest 8000 (FWD).

Neste caso, quanto maior for a acurácia e a confiabilidade das leituras de deflexão efetuadas que um NDT puder fornecer, bem como as informações sobre o pavimento, melhores serão os resultados da retroanálise.

Os dados fornecidos pela bacia de deflexões devem ser confiáveis para que se consiga, através da retroanálise, os módulos de resiliência reais existentes no campo e conseqüentemente a condição estrutural real de um pavimento.

O FWD permite a aplicação de vários níveis de carga em uma mesma estação de ensaio com registro automático das deflexões, temperaturas do ar e da superfície do pavimento eliminando a necessidade de coleta de amostras para ensaios de laboratório.

O pico das Deflexões apresenta uma defasagem em relação à carga, e que é tanto maior quanto mais afastado se encontra o geofone. – Comportamento viscoelástico dos materiais da estrutura.

a) Falling Weight Deflectometer Dynatest 8000 – FWD

O FWD é um deflectômetro de impacto desenvolvido na Dinamarca e aperfeiçoado nos Estados Unidos. Foi projetado para simular o efeito da passagem de carga como se um veículo estivesse passado pelo local que está sendo objeto do ensaio. Este efeito é obtido pela queda de um conjunto de massas, a partir de uma altura pré-fixada, sobre um sistema de amortecedores de borracha que transmite a força aplicada a uma placa circular apoiada no pavimento.

A carga do impulso pode ser variada, pela modificação da altura de queda ou da configuração de massas utilizada.

Na placa circular existe uma célula de carga que mede a carga do impacto proveniente da queda do conjunto de massas. A duração do pulso de carga varia de 0,25 a 0,30s, o que equivale aproximadamente a um veículo em movimento a 70 Km/h.

Os deslocamentos recuperáveis gerados na superfície do pavimento (bacia de deflexões) são medidos por 7 geofones (transdutores de velocidade) instalados na placa de carga e ao longo de uma barra metálica (Figura 2.8, 2.9, 2.10 e 2.11).

Em cada estação de ensaio é possível obter a variação ao longo do tempo das deflexões lidas em cada geofone, a forma do pulso de carga aplicado na placa e as temperaturas ambientes e na superfície do pavimento.

O aparelho é montado sob um trailer que é conduzido durante a realização dos ensaios por um automóvel com capacidade média de carga, este veículo deve ser equipado com opcionais, tais como, ar condicionado e alternador de maior capacidade.



Figura 2.8 - Geofones do FWD



Figura 2.9 – Deflectômetro de impacto Falling Weight Deflectometer – no campo

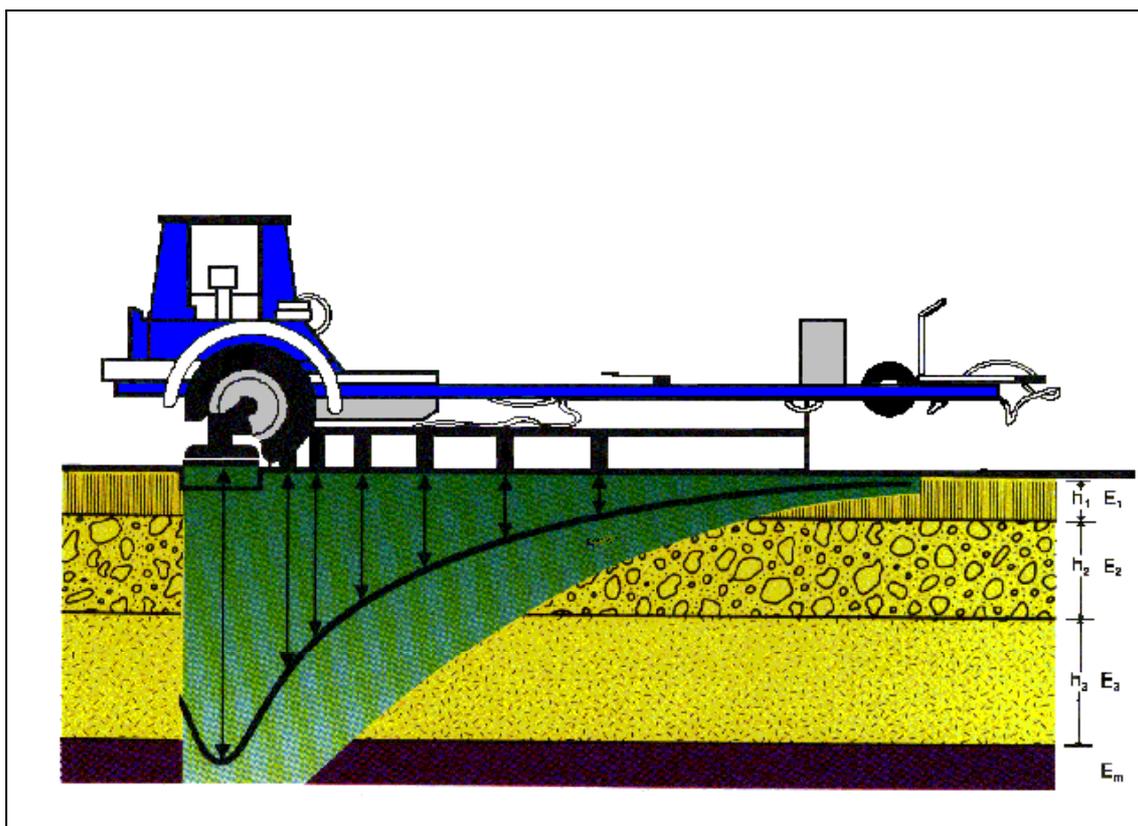


Figura 2.10 – Deflectômetro de impacto Falling Weight Deflectometer

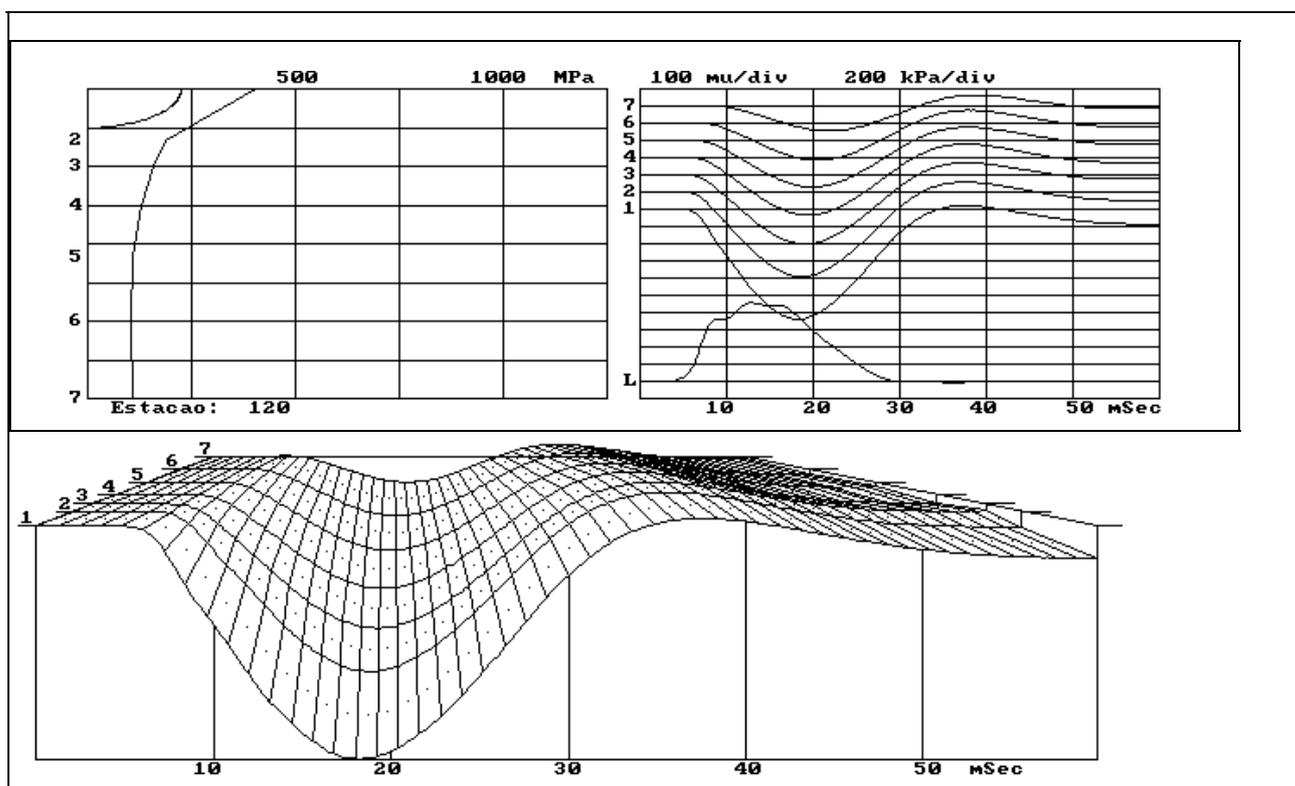


Figura 2.11 – Bacias de deflexões medidas com o FWD

Inicialmente a interpretação das bacias de deflexões era empírica, os dados de deflexão máxima e da bacia de deflexão eram utilizados para comparar a capacidade estrutural de um pavimento em relação a outro de comportamento conhecido, não considerando informações fundamentais sobre as propriedades mecânicas dos materiais de cada camada.

Atualmente os métodos mecanísticos empíricos são bastante utilizados em projetos, pois procuramos estruturas mais racionais, de modo que todo o sistema Pavimento e Subleito trabalhem em níveis de tensão e deformação compatíveis com a resistência e característica de cada material componente do sistema.

Para a utilização desta tecnologia é essencial o conhecimento das características mecânicas dos materiais das camadas.

O Falling Weight Deflectometer fornece a elevada acurácia de leituras exigida por esta nova linha metodológica.

Os dados obtidos com o FWD associados a modernos programas de computador para cálculo de tensões, deformações e deslocamentos nas estruturas dos pavimentos, são capazes de permitir a determinação das propriedades elásticas por meio de procedimentos de retroanálise das bacias de campo.

Sendo assim, para que o Módulo de Resiliência de uma camada seja determinado de forma confiável a partir das bacias de deflexão, é essencial que o equipamento deflectométrico apresente confiabilidade adequada de leitura em todos os sensores, a fim de que se possa analisar a influência de cada camada na deformada de superfície.

Apesar do FWD ser bastante aplicado para fornecimento de dados na concepção de projetos para restauração de pavimentos rodoviários, urbanos e aeroportuários, podem ser viabilizados estudos de controle de qualidade e implantação de um sistema de gerência de pavimentos.

No caso de controle de qualidade é possível verificar se as condições estruturais de uma determinada obra de pavimentação estão perfeitas antes do seu recebimento, procedendo a uma campanha de ensaios com o FWD ao longo do trecho e comparando-se os módulos obtidos para as camadas com os valores requeridos em projeto e daí avaliar o grau de atendimento da estrutura aos valores especificados.

Em relação a um programa de gerenciamento os ensaios com o FWD podem compor um sistema que permita identificar as condições do pavimento no que diz respeito a sua vida útil, ou seja, pode-se saber quanto tempo uma estrutura pode durar levando-se em conta a carga e o tráfego no local. Desta forma se viabiliza um programa de gerenciamento em nível de rede, que processa a otimização técnica e econômica das alternativas de restauração quando confrontadas com os benefícios delas decorrentes e com as restrições orçamentárias.

A partir da bacia de deflexão obtida com o FWD e a espessura das camadas, obtem-se por retroanálise os módulos de elasticidade in situ das camadas nas condições de solicitação impostas pelas cargas de tráfego, no estado de tensão e de temperatura existentes no campo.

2.4.7 Processo de Retroanálise Estrutural

a) Definição e Considerações Gerais

É um procedimento que possibilita a determinação dos parâmetros de deformabilidade elástica do pavimento quando se tem uma correta interpretação do conjunto de informações da deformada da superfície, carregamento aplicado e estrutura do pavimento.

Segundo Ullidtz (1987), os métodos de dimensionamento de pavimento flexível utilizam os Módulos de Resiliência dos materiais como os principais parâmetros de dimensionamento das espessuras das camadas do pavimento, de tal forma que todo o sistema pavimento / subleito trabalhe em níveis de tensão e deformação compatíveis com a resistência característica de cada material componente do sistema.

Rodrigues (2000), explica que, a determinação dos módulos de elasticidade das camadas é feita através de um processo de retroanálise das bacias de campo do FWD, que utiliza um modelo estrutural representativo do pavimento, como a Teoria de Camadas Elásticas ou Método de Elementos Finitos, a fim de encontrar a combinação de módulos que faz com que o modelo reproduza, da melhor forma possível, a bacia de deformação obtida nas leituras de campo.

A retroanálise é feita por meio de ajustes iterativos, para tentar minimizar a diferença entre as deflexões das bacias medida e calculada, avaliada através de uma função erro.

Os módulos de elasticidade das camadas obtidos através dos procedimentos de retroanálise tendem a ser representativos da condição efetiva dos materiais das camadas em termos de umidade, densidade e compactação, além de levarem em consideração o estado de tensões a que a camada está submetida.

A retroanálise verifica se as condições estruturais de uma determinada obra de pavimentação estão perfeitas antes do seu recebimento, pois com os dados de deflexão obtidos ao longo do trecho encontram-se os módulos “in situ” e comparando-se estes módulos obtidos para as camadas com os valores especificados em projeto, avalia-se o grau de atendimento da estrutura aos valores especificados em projeto.

A determinação dos módulos é função da obtenção do melhor ajuste entre a bacia de deflexões de campo e a bacia calculada.

Conforme Witczak (1989), sempre existe um erro residual, nos sensores, que deve ser minimizado para a correta determinação dos módulos. Este mesmo autor nos diz que a premissa fundamental das técnicas de retroanálise pela teoria da elasticidade é a de que existe apenas um único conjunto de módulos de elasticidade das camadas que teoricamente reproduzirá a bacia de deflexão devido à forma como as tensões se distribuem na estrutura do pavimento (Fig. 2.12).

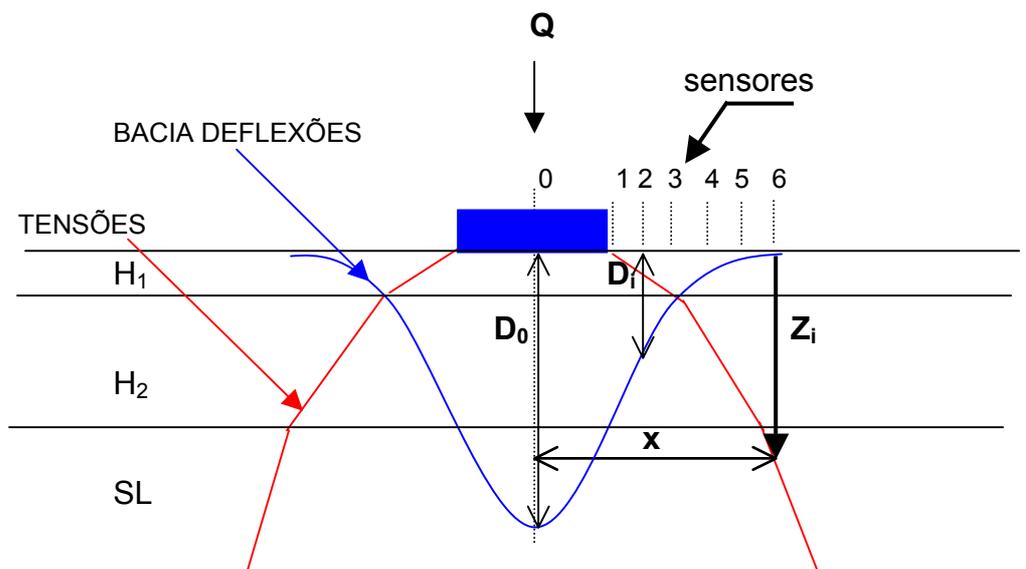


Figura 2.12 – Distribuição de Tensões no Pavimento e Bacia de deflexão medida com o FWD

Nos procedimentos de retroanálise para determinação do conjunto de módulos de elasticidade, a deflexão registrada por um sensor pode ser expressa por:

$$D_i = \int_0^{\infty} \varepsilon_{vi}(z) dz \quad (2.21)$$

$\varepsilon_{vi}(z)$ representa o campo de deformações verticais ao longo da vertical que passa pelo sensor “i” .

A região que está fora do bulbo de tensões tem deformações quase nulas então:

$$D_i = \int_{z_i}^{\infty} \varepsilon_{vi}(z) dz \quad (2.22)$$

Onde z_i é a profundidade a partir da qual as camadas começam a influir na deflexão do sensor “i”.

b) Hipóteses sobre a Retroanálise apresentadas por Rocha Filho (1996)

- Todas as camadas situadas acima da profundidade Z_i não contribuem para a deflexão D_i sofrendo apenas deslocamento do corpo rígido ao longo desta vertical.

- Apenas os módulos de elasticidade das camadas abaixo da profundidade Z_i têm influência em D_i .

- Quanto mais afastado do ponto de aplicação da carga estiver o sensor, mais profundas estarão as camadas que influenciarão na sua deflexão.

- A leitura do sensor mais afastado determina o módulo de elasticidade do Sub leito, e assim sucessivamente para determinar os módulos da Sub-Base, Base e Revestimento.

- O processo de Retroanálise deve sempre ser iniciado pela determinação dos módulos das camadas mais profundas prosseguindo de baixo para cima, ou seja, do subleito até o revestimento, ajustando-se primeiro as deflexões dos sensores mais afastados em direção ao sensor do centro da placa de carga, seqüencialmente.

c) Técnica de Retroanálise utilizada – ELMOD 4

Diversos programas de computador foram desenvolvidos para o cálculo dos módulos de elasticidade das camadas de pavimentos através da retroanálise das bacias de campo.

Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design, ELMOD é um software que utiliza as bacias de deflexão medidas pelo FWD.

O programa calcula os módulos de cada camada para um pavimento com duas, três ou quatro camadas utilizando tanto a aproximação do Raio de Curvatura como o ajuste da curva. Para realizar a retroanálise, em qualquer um dos casos, utiliza o método das espessuras equivalentes numa combinação do método de Odemark, com as equações de Boussinesq. Em todos os casos considera o coeficiente de Poisson igual a 0,35 uma vez que este coeficiente tem pouca influência no cálculo das deflexões, tensões e deformações.

Todos os materiais exceto os do subleito são considerados homogêneos, isotrópicos e elástico lineares.

As variações de umidade, ou as variações dos módulos do subleito com a profundidade são tratadas como não linearidades e admitidas como constantes C_0 e n que entram na fórmula que calcula o módulo do subleito (E_m).

$$E_m = C_0 \times (\sigma_1 / p)^n \quad (2.23)$$

Onde:

p = tensão de referência (pressão atmosférica = 0.1Mpa)

Este ajuste da não linearidade resulta numa boa concordância entre a bacia medida e a calculada.

ELMOD 4 utiliza um método de análise empírico – analítico. Calcula as tensões críticas e as deformações ou deflexões causadas pelas rodas ou por efeitos ambientais através da teoria Elástica.

O programa ELMOD versão 4 foi desenvolvido para estimar módulos “in situ” das camadas do pavimento através de dados obtidos da bacia de deflexão medida pelo FWD. A análise técnica é baseada no conceito da teoria elástica linear de multicamadas e o uso do código de computador Chevron N-Layer como uma sub-rotina entre os procedimentos de retroanálise. Em geral os módulos das camadas são estimados da combinação de valores de E_i que resultam de, no mínimo, erro residual cumulativo em todas as leituras de deflexão. Assim, para utilizar este programa, a espessura das camadas e o coeficiente de Poisson de cada camada devem ser conhecidos ou assumidos.

LEVANTAMENTO DE DADOS

3.1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa desenvolveu-se através de um estudo das rodovias pertencentes aos lotes 02 e 07 do Programa Restauração, criado pelo DAER – RS de conservação e manutenção das rodovias. Para este programa, em primeira fase, a região norte do estado foi dividida em 7 lotes. A Figura 3.1 apresenta a distribuição dos lotes.

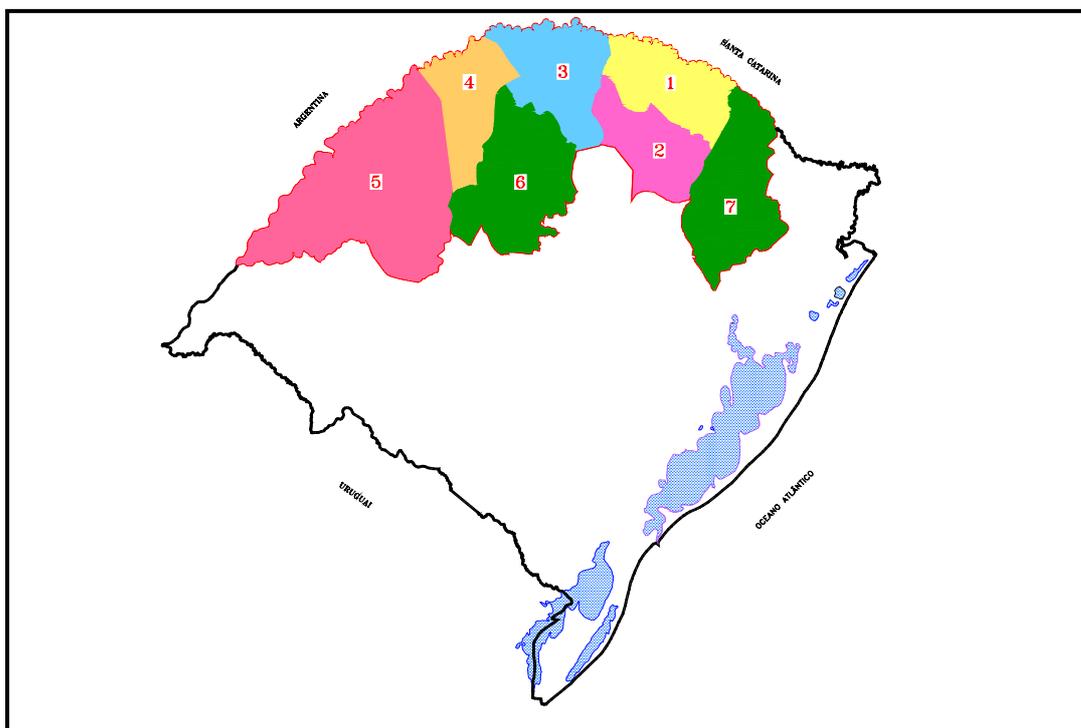


Figura 3.1 – Distribuição dos lotes no estado do Rio Grande do Sul

Foram estudados os dados das bacias de deformações detectados pelo equipamento de deflexão por impacto Falling Weight Deflectometer (FWD) pertencente à empresa Dynatest – SP.

O histórico dos trechos indicando as espessuras das camadas dos pavimentos e os materiais utilizados nestas camadas foram fornecidos pelo DAER.

A pesquisa mostrou que, dentro de um mesmo lote existem trechos com diferentes estruturas. Para facilitar o estudo, as rodovias foram, então, classificadas de acordo com os tipos de estrutura.

O presente trabalho considerou o pavimento constituído de duas, três e até quatro camadas dependendo da estrutura encontrada.

A análise dos dados de deflexão medidos pelo FWD para obtenção dos Módulos de Resiliência, através de retroanálise foi realizada através do programa de computador ELMOD versão quatro desenvolvido pela DYNATEST.

O estudo utiliza as medidas de deflexões para acessar os módulos “in situ” de cada camada. Os resultados dos módulos são então utilizados em correlações de ULLIDTZ (1998), para determinar os coeficientes das camadas que incorporados às espessuras existentes calcula a capacidade estrutural dos pavimentos.

Por outro lado, foram estudadas as bacias de deformação obtidas com os dados do FWD e encontrados seus Raios de curvatura através da parábola do 2º grau, adotado pelo DNER.

De posse destes números estruturais reais e dos Raios de Curvatura chegou-se a uma correlação $R_c \times SN$ para cada tipo de estrutura.

3.2 – CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DAS REGIÕES ESTUDADAS

Os trechos utilizados para análise situam-se em regiões com a mesma formação de solos residuais resultantes da decomposição de rochas submetidas à ação dos processos físicos, químico e físico químicos, que atuam na superfície da crosta terrestre apresentando características semelhantes.

3.3 – COLETA DE DADOS DAS ESPESSURAS DOS PAVIMENTOS

O histórico dos trechos indicando as espessuras das camadas dos pavimentos e os materiais utilizados nestas camadas foram fornecidos pelo DAER.

O Departamento Autônomo de Estradas e Rodagens do Rio Grande do Sul (DAER-RS) forneceu as espessuras e as estruturas dos pavimentos dos trechos estudados. Estes dados foram obtidos, através de consultas a antigos e novos projetos; consultas a engenheiros residentes, que acompanharam as conservações dos trechos; e, levantamentos visuais realizados através da abertura de trincheiras em pontos estrategicamente locados pelos engenheiros da divisão de planejamento do Departamento para o conhecimento real dos tipos e espessuras dos pavimentos.

Estas espessuras e as estruturas dos pavimentos foram compiladas e estão apresentados no Quadro 3.3 (lote 2) e Quadro 3.4 (lote 7).

3.4 - ESTRUTURAS DOS PAVIMENTOS

A pesquisa mostrou que, dentro de um mesmo lote existem trechos com diferentes estruturas. Para facilitar o estudo, as rodovias foram, então, classificadas de acordo com os tipos de estrutura.

Os tipos de estruturas estão apresentadas no Quadro 3.5 (lote 2) e Quadro 3.6 (lote 7) com os respectivos trechos.

A presente pesquisa considerou o pavimento constituído de duas, três e até quatro camadas dependendo da estrutura encontrada.

Quadro 3.1 - Rodovias Pertencentes ao LOTE 2

NÚMERO RODOVIA	TRECHO DAER	TRECHO PESQUISA	DESCRIÇÃO TRECHO	EXTENÇÃO TRECHO(m)	AVALIAÇÃO RESIDENTE		DATA LEVANTAMENTO
126	0007	201	IBIRAIARAS - ENTR. BR/285(A)(CASEIROS)	13.730		R	04/06/00
129	0150	202	ENTR. RS/441(GUAPORÉ) - ENTR. VRS/351(SERAFINA CORRÊA)	20.010		B	04/06/00
129	0170	203	ENTR. VR/351(SERAFINA CORRÊA) - ENTR. RS/447(EVANGELISTA)	2.990		B	04/06/00
129	0180	204	ENTR. RS/447(EVANGELISTA) - ENTR. RS/324(A) (P/NOVA ARAÇA)	13.540		B	04/06/00
324	0070	205	ENTR. RS/211/404(RONDA ALTA) - NATALINO	19.040			06/06/00
324	0090	206	NATALINO - PONTÃO	18.570			06/06/00
324	0100	207	PONTÃO - LAGOA BONITA	17.740		B	06/06/00
324	0110	208	LAGOA BONITA - ENTR. BR/153(A)/285(P/CARAZINHO)	14.070		B	06/06/00
324	0130	209	ENTR. BR/153(A)/285(P/CARAZINHO) - ENTR. BR/153(B)(P/PASSO FUNDO)	6.380		B	06/06/00
324	0150	210	ENTR. BR/153(B)(P/PASSO FUNDO) - ENTR. RS/135 (P/PASSO FUNDO)	8.590		R	06/06/00
324	0170	211	ENTR. RS/135 (P/PASSO FUNDO) - MARAU (ACESSO NORTE)	23.870	P		08/06/00
324	0190	212	MARAU (ACESSO NORTE) - MARAU (ACESSO SUL)	5.830	P		03/06/00
324	0210	213	MARAU (ACESSO SUL) - ENTR. RS/132(P/CAMARGO)	6.960			03/06/00
324	0215	214	ENTR. RS/132(P/CAMARGO) - ENTR. RS/129(A) (P/CASCA)	21.620			03/06/00
324	0220	215	ENTR. RS/129(A)(P/CASCA) - ENTR. RS/129(B) (P/GUAPORÉ)	2.440		R	03/06/00
324	0230	216	ENTR. RS/129(B) (P/GUAPORÉ) - ENTR. RS/438 (P/PARAI)	16.800		B	03/06/00
324	0250	217	ENTR. RS/438 (P/PARAI) - NOVA ARAÇA	8.100		B	03/06/00
434	0010	218	ENTR. RS/129(DAVID CANABARRO) - CIRIACO	8.660	P		04/06/00
434	0030	219	CIRIACO - ENTR. BR/285(P/PASSO FUNDO)	10.070	P		04/06/00
438	0010	220	PARAI - ENTR. RS/324 (P/CASCA)	4.350	P		04/06/00
463	0030	221	ENTR. RS/135(COXILHA) - TAPEJARA(ACESSO)	30.910	P		07/06/00
351	0010	222	ENTR. RS/129(SERAFINA CORREA) - RIO CARRERO	9.720	P		04/06/00
TOTAL				283.990			

Quadro 3.2 - Rodovias Pertencentes ao LOTE 7

NÚMERO RODOVIA	NÚMERO TRECHO	TRECHO PESQUISA	DESCRIÇÃO TRECHO	EXTENÇÃO TRECHO(m)	AVALIAÇÃO RESIDENTE			DATA LEVANTAMENTO
453	9145	701	ENTR. BR/453(FARROUPILHA) - CARAVAGGIO	6.160			B	29/05/00
122	9050	704	ENTR. RS/122 - OTAVIO ROCHA	8.640			B	02/06/00
122	0070	709	ENTR. RS/446(P/SÃO VENDELINO) - ENTR.BR 453(A) (P/FARROUPILHA)	15.400				27/05/00
122	0190	711	ENTR. RS/437(B)(IPE) - ENTR. BR/116(P/SAMUEL)	39.930				30/05/00
431	0020	716	SANTA BARBARA(RIO DAS ANTAS) - SÃO VALENTIM DO SUL	9.970			B	02/06/00
431	0030	717	SÃO VALENTIM DO SUL - ENTR. RS/129(DOIS LAJEADOS)	10.100			B	02/06/00
444	0020	719	BARRAÇÃO - ENTR. BR/470(A)(BENTO GONÇALVES)	6.210		R		27/05/00
444	0030	720	ENTR. BR/470(B)(P/VERANÓPOLIS) - * SUVALAN(ACESSO)	7.150			B	26/05/00
446	0020	722	SÃO VENDELINO (ACESSO) - ENTR. BR/470(CARLOS BARBOSA)	13.680			B	25/05/00
452	0010	724	ENTR RS/122(P/BOM PRINCÍPIO) - FELIZ	5.470			B	24/05/00
452	0020	725	FELIZ - ENTR. VRS/326(P/ALTO FELIZ)	3.890			B	24/05/00
452	0030	726	ENTR. VRS/326(P/ALTO FELIZ) - ENTR. BR/116(NOVA PALMEIRA)	17.680			B	24/05/00
315	0010	730	ENTR. BR/116(SÃO MARCOS) - CRIUVA	16.940		R		29/05/00
453	0150	735	ENTR. BR/470(B)(P/BENTO GONÇALVES) - ENTR. RS/444 (P/FARROUPILHA)	5.840		R		27/05/00
453	0170	737	ENTR. RS/448(P/VILA SÃO MARCOS) - CARAVAGGIO (ACESSO)	5.480		R		27/05/00
453	0290	740	EBERLE - ENTR. RS/476(LAJEADO GRANDE)	51.550			B	29/05/00
470	0475	752	SÃO PEDRO DA SERRA - SALVADOR DO SUL	1.460		R		25/05/00
470	0480	753	SALVADOR DO SUL - ENTR. BR/287(A)/RS/124(A)/240(MONTENEGRO)	31.830		R		25/05/00
TOTAL				257.380				

Quadro 3.3 - HISTÓRICO LOTE 2

Rodovia	Trecho DAER	Trecho Pesquisa	VDM	Extensão Trecho (km)	n° Furo	Localização Furo (km)	REVESTIMENTO (cm)						CAMADA GRANULAR (cm)						
							CBUQ	BINDER	PMF	TSS	TSD	TSD + CS	PMUQ	BG	BGA	MS	MH	SC	
126	0007	201	542	13,73	1'-1	07+000 LE					2,50				14,5+14,0				
129	0150	202	1065	20,01	1'-1	13+700 LD	7,00								20,0+20,0				
129	0170	203	891	2,99	1'-1	01+090 LD	7,00								20,0+20,0				
129	0180	204	891	13,54	1'-1	07+600 LE	7,00								20,0+20,0				
324	0070	205	718	19,04	1'-3	0+000 até 3+060					2,50				17,00		16,00		
					2'-3	3+060 até 15+236				2,50				14,00		21,00			
					3'-3	15+236 até 2+845				2,50				21,00		20,00			
324	0090	206	394	18,57	1'-2	0+000 até 18+200					2,50				17,00		16,00		
					2'-2	18+200 até 18+570	7,50							12,00		16,00			
324	0100	207	394	17,74	1'-1						2,50				17,00		16,00		
324	0110	208	394	14,07	1'-3	0+271 até 1+320	7,50								12,00		16,00		
					2'-3	1+320 até 12+300					2,50			17,00		16,00			
					3'-3	12+300 até 14+880	7,50							12,00		16,00			
324	0130	209	2454	6,38	1'-1	01+590 LD	5,00	16,50										26,00	
324	0150	210	3223	8,59	1'-1	03+990 LD	3,00												
324	0170	211	3223	23,87	1'-2	10+670	2,50												
							5,50												
324	0170	211	3223	23,87	2'-2	18+070	2,50												
							3,00												
324	0190	212	3223	5,83		3+230	5,00								17,5+10,0				
324	0210	213	2662	6,96	*	*	4,00												
							5,00									17,50		35,00	
324	0215	214	1545	21,62	1'-1	17+000 LE	4,00												
							5,00								17,50		35,00		
324	0220	215	1545	2,44	1'-1	1+140	5,00												
324	230	216	1303	16,8	1'-1	14+000	5,00												
							5,00												
324	250	217	1303	8,1	1'-1	4+200 LE	5,00												
434	0010	218	541	8,66	1'-1	3+560 LE									16,0+16,0				
434	0030	219	372	10,07	1'-1	3+870 LD									20,00				
438	0010	220	1800	4,35	1'-1	2+200 LE									20,00				
463	0030	221	365	30,91	1'-1	8+100 LD									13,0+12,0				
463	0030	221	365	30,91	1'-1	8+100 LD									12,00		18,00		
351	0010	222	351	9,72	1'-1	4+200 LD											20,00		

Quadro 3.5 - TIPOS DE ESTRUTURAS LOTE 2

REVESTIMENTO		BASE	SUBBASE	TRECHO
<i>FLEXÍVEL</i>	GRANULAR	GRANULAR	GRANULAR	
CBUQ		BG	BG	202; 203; 204; 212
	TSD	BG	BG	201
	TSD	BG	MS	207
	TSD + CS	BG	MS	205
CBUQ	TSD	BG	MS	206;208
CBUQ	TSD	BN+SC		209
CBUQ + PMF		BG	BG	210
CBUQ + PMF	TSS	BG		211
CBUQ + PMF	TSS	BG	MH	211
CBUQ	TSD	BG	BGA	213;214
CBUQ	TSD	BG	MH	215
CBUQ	TSD	BG	BG	216; 217
CBUQ + PMQ	TSD	BG		218; 219;220
PMF		BG	MS	221
PMF		MS		222

Quadro 3.6 - TIPOS DE ESTRUTURAS LOTE

7

REVESTIMENTO		BASE	SUBBASE	TRECHO
<i>FLEXÍVEL</i>	GRANULAR	GRANULAR	GRANULAR	
CBUQ		BG	BG	707;708;709;718;734;735;736; 737;739;740;746;747;749
CBUQ		BG		701;741
CBUQ		BG	MS	706;711;720;748
CBUQ		BG	RC	704;710
CBUQ		RC		729
CBUQ		RC	BD	712
CBUQ		BG	BD	714
CBUQ		MH	MH	743
CBUQ		SB		731
CBUQ	TSD	BG	RC	705;715
	TSD	BG	MS	716;717;750;751
	TSD	BG	RC	703
	TSD	BG	BG	719;752;753;729
	TSD	BG	SEB	723
	TSD	MS		730;733
	TSD	SR	SR	732
CBUQ + PMF		MH	MH	744
CBUQ	TSD	BG	BG	713;721;722;724;725;726; 742;744;745
CBUQ + PMUQ		BG		702;738
PMF		MS		727;728

3.5 - COLETA DE DADOS DAS DEFLEXÕES DOS PAVIMENTOS

Foram estudados os dados das bacias de deflexões detectados pelo equipamento de deflexão por impacto Falling Weight Deflectometer Dynatest 8000 (FWD) pertencente à empresa Dynatest – SP, que realizou o trabalho para o Departamento Autônomo de Estradas e Rodagens do Rio Grande do Sul.

Os levantamentos deflectométricos foram realizados com espaçamento variáveis em função da condição de cada trecho, definidas pela avaliação funcional expedita realizado por funcionários dos distritos do DAER (demonstrados nos quadros 3.1 e 3.2). Esse procedimento foi adotado para se obter uma amostragem mais significativa nos trechos críticos. O espaçamento entre as estações de ensaio foi definido em conformidade com o critério mostrado no quadro 3.7.

Quadro 3.7 – Espaçamento entre as estações de ensaio

Avaliação Funcional Expedita	Espaçamento entre as Estações de ensaio (m)
BOM	1000
REGULAR	500
RUIM	200

O trabalho foi realizado em conformidade com a norma DNER PRO – 273/96 e empregou uma carga de 40kN, equivalente a um semi-eixo padrão rodoviário.

Os sensores do equipamento foram posicionados à 0cm, 20cm, 30cm, 45cm, 65cm, 90cm e 120cm do ponto de aplicação da carga. Cada sensor mediu a deflexão recuperável em 1/100mm. Sendo assim, conseguimos as bacias de deflexão em todos os pontos medidos.

Estes dados foram compilados e estão apresentados no Anexo - Planilhas.

3.6 – INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE

O inventário da condição de superfície dos pavimentos dos trechos consistiu na avaliação das freqüências de cada tipo de defeito em um determinado segmento. As freqüências foram ditas altas (A), médias (M) ou baixas (B).

O quadro 3.8 mostra os defeitos analisados:

Quadro 3.8 – Defeitos Analisados

Tipos de Defeitos	
Trincas Classe 1	FC-1
Trincas Classe 2	FC-2
Trincas Classe 3	FC-3
Afundamento Plástico	AP
Ondulação e Panelas	O e P
Exsudação	EX
Desgaste	D
Remendos	R

De acordo com o quadro 2.4 do capítulo 2 Foi determinado o VSA, e, para cada segmento de um quilômetro foi também determinado o IGG utilizando os quadros 3.9 e 3.10 para determinar as freqüências relativas de cada defeito e seus fatores de ponderação.

Quadro 3.9 – Freqüência relativa x Nível de Freqüência de defeitos

Nível de freqüência de defeitos	Freqüência Relativa
B	30
M	50
A	80

Quadro 3.10 – Fatores de ponderação dos defeitos

Tipo	Defeito	Fator de Ponderação
1	FC-1	0.2
2	FC-2	0.5
3	FC-3	0.8
4	AP	0.9
5	O e P	1.0
6	EX	0.5
7	D	0.0
8	R	0.6

Foi determinado o IES para cada trecho das rodovias. O IES é um valor que cresce de 0 a 10 (quadro 2.2 e 2.3 do capítulo 2) à medida que aumentam as incidências e a severidade dos defeitos de superfície.

Estes dados foram compilados e estão apresentados no Anexo - Planilhas.

3.7 – IRREGULARIDADE LONGITUDINAL

As medidas de Irregularidades foram realizadas com um sistema de medidores de irregularidade do tipo resposta denominado Bump Integrator, totalmente informatizado e com grande precisão e repetibilidade.

O equipamento ROMDAS Bump Integrator permite a obtenção de resultados bastante precisos, especialmente em rodovias de baixo nível de irregularidade, pois o número de leituras por seção é dez vezes maior que os demais.

Estes dados foram compilados e estão apresentados no Anexo - Planilhas.

METODOLOGIA DO TRABALHO

4.1 RETROANÁLISE

Os módulos de resiliência de cada camada dos pavimentos estudados foram encontrados através de retroanálise dos dados de deflexões. Foi utilizada a técnica da análise dos módulos das camadas do pavimento da AASHTO que é baseada na suposição de que existe um único ponto de módulo de camada, tal que, a bacia de deflexão prevista teoricamente seja equivalente à bacia de deflexão medida.

O equipamento Falling Weight Deflectometer (FWD), ensaio não destrutivo, forneceu os dados da bacia de deflexão medida em cada ponto, de cada trecho, de cada um dos lotes estudados. As espessuras das camadas dos pavimentos utilizadas como dados de entrada para a retroanálise foram fornecidas pelo DAER.

Os Módulos assim obtidos eliminam as coletas de amostras na pista, que, além de serem perigosas são onerosas e consomem muito tempo em sua execução. Estes módulos conduzem a resultados mais confiáveis, pois o equipamento FWD, simula a passagem de um veículo e os dados de deflexões são obtidos em camadas de pavimento já executadas, ou seja, condição efetiva da camada em termos de umidade, densidade, temperatura e estado de tensões, sob um pulso de carga.

O software ELMOD 4, conforme descrito no capítulo 2, foi utilizado para retroanalisar os dados de deflexão e acessar o Módulo de Resiliência “in situ” de cada camada.

De acordo com este software as retroanálises foram realizadas através de ajustes iterativos, para tentar minimizar a diferença entre as deflexões das bacias medidas e calculadas. Esta diferença foi avaliada por um critério de convergência estabelecida através de uma função erro denominada Raiz Quadrática Média (RMS).

$$\text{RMS} = \frac{\sum_{i=1,n} [(\frac{\text{dm}_i - \text{dc}_i}{\text{dm}_i}) \times 100]}{n}$$

(4.1)

Onde:

dm_i = deflexão medida no sensor i

dc_i = deflexão calculada no sensor i ;

n = Número de deflexões (sensores) utilizadas na bacia analisada.

No presente estudo o RMS foi considerado menor do que 1.

Inicialmente o programa foi abastecido com a estrutura dos pavimentos. O programa também foi informado quando um trecho possuía espessuras de pavimentos variadas pois o mesmo foi subdividido em subtrechos.

Os trechos constituídos de CBUQ foram divididos em 4 camadas, Revestimento, Base, Sub-base e Subleito. Com as espessuras de cada camada que constituía o pavimento, foi encontrado os Módulos de Resiliência para cada camada. O subleito, no presente estudo, foi considerado infinito.

Nos trechos onde foi encontrado Tratamento Superficial, na camada de revestimento, este foi incorporado à base. Neste caso, foram encontrados os Módulos de Resiliência da Base, Sub-base e Subleito.

Em alguns casos foi necessário utilizar faixas de variação de módulos com a finalidade de orientar o processo iterativo a partir do estabelecimento de uma faixa de valores aceitáveis para os módulos, estabelecida com base na natureza e no comportamento dos materiais das camadas do pavimento analisado.

Para realizar a retroanálise foi solicitado ao programa que fizesse o ajuste das curvas inicialmente pela aproximação do Raio de curvatura onde somente a leitura de deflexão de dois sensores são utilizados, depois, foi solicitada a opção do ajuste da curva que utiliza todos os sensores, ou, toda a bacia de deflexão, para determinar os módulos que melhor se ajustam. Neste caso, todas as medidas de deflexão e espessura das camadas foram utilizadas.

Os valores dos Módulos de Resiliência encontrados estão apresentados nas mesmas planilhas onde foram calculados os Números Estruturais, mostrados no capítulo 5 deste trabalho.

4.1.1 Correção do Módulo do Concreto Asfáltico (Temperatura)

Uma vez calculado o módulo de resiliência de cada camada através da retroanálise, o módulo de resiliência do concreto asfáltico obtido de deflexões medidas na superfície de pavimentos com grande variação de temperaturas, foi corrigido para uma temperatura de 20°C conforme recomendação do guia da AASHTO.

Rada et al, (1989) mostra uma equação que corrige as temperaturas de acordo com a exigência da AASHTO e que foi utilizada no presente trabalho.

$$E_{20} = \frac{E_T}{10^{3,245 \times 10^{-4} \times (2079,446 - T_p^{1,798})}} \quad (4.2)$$

onde:

$E_{(20)}$ = Módulo corrigido pela temperatura

$E_{(T)}$ = Módulo retroanalisado da bacia de deflexão (ELMOD)

T_p = Temperatura do pavimento no momento do ensaio não destrutivo.

4.2 DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DAS CAMADAS (a_i)

Com o Módulo de resiliência de cada camada do pavimento conhecido (retroanálise), para cada ponto ensaiado, assegurando o efeito que o tempo causa quanto à capacidade estrutural dos materiais que a constituem, determinou-se o coeficiente estrutural (a_i) empírico da AASHTO através de equações publicadas no livro Pavement Analysis, Per Ullidtz (1987).

Para Concretos asfálticos:

$$a_1 = 0,40 \times \log\left(\frac{E_1}{3000\text{MPa}}\right) + 0,44 \text{ com: } 0,20 < a_1 < 0,44 \quad (4.3)$$

Para Bases granulares:

$$a_2 = 0,25 \times \log\left(\frac{E_2}{160\text{MPa}}\right) + 0,11 \quad \text{com: } 0,06 < a_2 < 0,20 \quad (4.4)$$

Para sub-bases granulares:

$$a_3 = 0,23 \times \log\left(\frac{E_3}{160\text{MPa}}\right) + 0,15 \quad \text{com: } 0,06 < a_3 < 0,20 \quad (4.5)$$

De acordo com Ullidtz (1987), a posição em que o material se encontra na estrutura e o modo como distribui as tensões influencia a relação entre os módulos elásticos e os coeficientes das camadas, mas, os coeficientes das camadas não refletem apenas a habilidade que a camada tem de distribuir tensões, e sim, são uma medida da resistência do material que a constitui.

4.3 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO ESTRUTURAL (SN)

Considerando a importância do método de dimensionamento da AASHTO o presente trabalho teve como primeiro objetivo encontrar os coeficientes das camadas através dos módulos de resiliência destas camadas, em cada um dos pontos levantados defletométricamente pelo equipamento FWD e como consequência seu número estrutural.

Conhecendo a espessura das camadas dos pavimentos e seus coeficientes de camada, conseguimos conhecer o SN destes pavimentos através da fórmula descrita a seguir e referenciada no capítulo 2 deste trabalho.

$$\text{SN} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots a_i D_i m_i \quad (4.6)$$

Onde:

D = espessura das camadas existentes no pavimento

m_i = coeficiente de drenagem (1)

O presente trabalho considera os valores de m_i como igual a 1 onde as condições de drenagem são consideradas como Regular, ou seja, uma semana para a remoção da água, com percentagem de tempo de exposição do pavimento à níveis de umidade próximos à saturação variando de 5 a 25%.

Sendo assim,

$$SN_i = a_i h_i \quad (4.7)$$

Onde:

a_i = coeficiente das camadas

h_i = espessura das camadas

Realizando-se o somatório dos números estruturais de cada camada obteve-se o número estrutural do pavimento de cada ponto ensaiado.

4.4 RAIOS DE CURVATURA (R_c)

De posse das deformações elásticas obtidas com o FWD, foi possível verificar através do Raio de curvatura se os pavimentos ainda possuem função estrutural adequada.

No presente estudo, para cada trecho, em cada estaca, foram calculados os Raios de Curvatura das bacias de deformação determinadas através dos dados obtidos com o FWD.

O Raio de curvatura foi calculado através da parábola de segundo grau adotada pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (DNER). No caso, a linha elástica criada pelas deflexões passa a ser uma parábola de 2º grau até uma distância de 25cm do ponto de aplicação da carga (figura 2.8).

O equipamento não destrutível FWD, no presente estudo, mediu as deflexões recuperáveis em 1/100mm com os sensores posicionados à 0cm, 20cm, 30cm, 45cm, 65cm, 90cm e 120cm do ponto de aplicação da carga. Como a equação adotada utiliza a linha elástica criada pelas deflexões até uma distância de 25cm do ponto de aplicação da carga utilizou-se a média das deflexões medidas no ponto 20cm e no ponto 30cm obtendo-se assim a deflexão no ponto 25cm.

Os valores de Módulo de Resiliência para cada camada obtidos pelas Retroanálises, o cálculo dos coeficientes das camadas (a_i) e o cálculo do Número Estrutural e do Raio de Curvatura para o lote 2 estão demonstrados nos quadros A1.1 até A1.21 e para o lote 7 nos quadros A2.1 até A2.17 no Anexo planilhas deste trabalho.

4.5 VOLUME DIÁRIO MÉDIO (VDM)

Todos os trechos estudados foram classificados segundo seu Volume Diário Médio de tráfego de acordo com o DAER. O quadro 4.1 demonstra a classificação.

Quadro 4.1 – Classificação do tráfego quanto ao VDM

CLASSIFICAÇÃO	VDM
Baixo	0 A 500
Médio	500 A 1000
Alto	> 1000

ANÁLISE FUNCIONAL E ESTRUTURAL DOS TRECHOS ESTUDADOS

5.1 INTRODUÇÃO

Funcionalmente, os trechos foram analisados levando-se em consideração uma avaliação da superfície dos pavimentos através do índice do estado de superfície (IES) e uma avaliação quanto ao conforto ao rolamento considerando-se o índice de irregularidade (IRI), sem considerar que os mesmos possam ter sofrido alguma restauração antes dos levantamentos. Os quadros 5.1 e 5.2 indicam os valores de IES e IRI utilizados no presente trabalho.

Quadro 5.1 – Conceito de deterioração utilizando IES.

ESTADO DE SUPERFÍCIE DO SEGMENTO	IES
Muito bom (MB)	0
Bom (B)	1 ou 2
Regular (R)	3 ou 4
Mau (M)	5 ou 7
Péssimo (P)	>7

Fonte: DNER (1978)(a)

Quadro 5.2 - Classificação das rodovias pavimentadas através do IRI.

CONDIÇÃO	IRI (m/km)
Baixo	1,0 – 3,5
Médio	3,5 – 4,5
Alto	>4,5

Fonte: DNER (1998)

Estruturalmente, os trechos estudados foram analisados quanto aos Coeficientes Estruturais das Camadas, Raio de Curvatura, e o Número Estrutural.

Foram considerados os coeficientes das camadas, que transformam a espessura da camada em um número estrutural, porque são medidas de capacidade relativa do material para funcionar como componente estrutural do pavimento. Atendendo o guia da AASHTO os coeficientes das camadas foram divididos em três situações, considerando seus intervalos de aceitação. Valores de coeficientes abaixo do intervalo indicam camadas com baixa capacidade estrutural, valores dentro do intervalo e valores acima do intervalo indicam camadas com boa capacidade estrutural.

O Raio de Curvatura, que indica a capacidade do pavimento em distribuir tensões das cargas do tráfego, foi analisado utilizando como referência o valor 100, uma vez que é usual considerar com baixa capacidade estrutural as camadas de pavimento cujos valores do Raio de Curvatura são menores que 100, conforme descrito no capítulo 2. Valores maiores do que 100 demonstram boa capacidade de suporte da camada estudada.

O Número Estrutural, que indica a espessura para resistir as solicitações de cargas, também foi analisado utilizando como referência o valor 3 considerando que valores maiores que 3 demonstram boa capacidade de suporte da camada estudada e menor que 3 baixa capacidade estrutural.

Os quadros 5.3 e 5.4, apresentados a seguir demonstram o resultado da análise funcional e estrutural para os trechos estudados pertencentes ao lote 2 e ao lote 7 respectivamente. Estes quadros foram segmentados em três partes e demonstram um resumo das características funcionais e estruturais de cada trecho, identificados com sua estrutura de pavimento. O primeiro segmento localiza os valores do índice de irregularidade longitudinal (IRI) e os valores do índice de estado da superfície (IES); o segundo segmento localiza os coeficientes das camadas de Revestimento (a1), Base (a2) e Sub-base (a3) considerando os intervalos preconizados pela AASHTO e o terceiro segmento localiza os valores mínimos e máximos de Raio de Curvatura e Número Estrutural para cada trecho analisado.

No segundo segmento podem aparecer colunas onde não constam as localizações em quilômetros (km). Neste caso não existe a camada que está sendo analisada por se tratar de revestimento com TSD, ou o coeficiente da camada não se enquadra na situação de análise preconizada pela AASHTO.

Quadro 5.3 - ANÁLISE FUNCIONAL E ESTRUTURAL - Lote 2

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			km	Rc		SN											
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$,	$a_2 > 0,20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$		valor mínimo	valor máximo	valor mínimo	valor máximo										
		localização no trecho			localização no trecho			localização no trecho			Rc		SN																
201	TSD+BG+BG	km0+500	médio	km0+000 até	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	km0+000 até	71	82	1,38	1,71										
		km1+000	alto																										
		km1+500 até	baixo																										
		km2+500																											
		km3+000	médio																										
		km3+500 até	baixo																										
		km4+000																											
		km4+500	médio																										
		km5+000 até	baixo																										
		km5+500																											
		km6+000 até	médio																										
		km7+500																											
		km8+000 até	baixo																										
		km11+000																											
		km11+500	alto																										
km12+000	médio																												
km13+000	baixo	km13+000																											

ANÁLISE:

O IRI apresenta-se variado entre Alto, Médio e Baixo.

A condição superficial é péssima apresentando desgastes, trincas, ondulações e panelas.

O coeficiente da camada a_3 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando sub-base com baixa capacidade estrutural.

O Raio de Curvatura apresenta valores maiores que 100 em alguns pontos apesar da sub-base apresentar baixa capacidade de suporte.

O Número estrutural é sempre menor que 3,0.

202	CBUQ+BG+BG	km0+000 até	baixo	km0+000 até	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	km0+000 até	154	353	2,98	5,67									

ANÁLISE:

O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.

A condição superficial é variada. Em alguns pontos não apresenta defeitos, em outros apresenta vários tipos de defeitos mas com pouca incidência.

O trecho não apresenta problemas com a capacidade estrutural.

Os valores do Raio de Curvatura são maiores que 100.

O Número Estrutural é sempre maior que 2,98, semelhante a 3,0.

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			Rc		SN													
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$	$a_2 > 0.20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$	valor mínimo	valor máximo	valor mínimo	valor máximo													
						localização no trecho			localização no trecho			localização no trecho																		
203	CBUQ+EG	km0+000 até	baixo	km0+000	P	-	-	km0+000 até	-	km0+000 até	-	km0+000 até	-	km0+000 até	161	351	3,57	5,11												
				km1+000	B																									
				km2+000	P																									
		km3+000		km3+000	MB					km3+000				km3+000						km3+000										
ANÁLISE:																														
O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.																														
A condição superficial é variada. Em alguns pontos apresenta todos os tipos de defeitos.																														
O trecho não apresenta problemas com a capacidade estrutural.																														
Os valores do Raio de Curvatura são maiores que 100 e os valores do Número Estrutural maiores que 3,0.																														
204	CBUQ+BG+BG	km0+000 até	baixo	km0+000	P	-	-	km0+000 até	-	km0+000 até	-	km0+000 até	-	km0+000 até	118	293	2,18	4,77												
				km1+000	B																									
				km2+000 até	P							km3+000		km4+000 até					km3+000	km4+000										
														km5+000					km6+000											
				km6+000	R									km7+000						km7+000 até										
				km7+000								km8+000		km9+000						km9+000										
				km8+000 até	P							km10+000							km10+000											
				km10+000								km11+000							km11+000											
				km11+000	B									km12+000						km12+000										
				km12+000 até	P									km13+000						km13+000										
		km13+000		km13+000						km13+000				km13+000						km13+000										
		ANÁLISE:																												
		O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.																												
		A condição superficial é variada. Em alguns pontos apresenta várias trincas incipientes, poucos afundamentos plásticos, algumas painéis e muitos remendos.																												
O coeficiente da camada a_3 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando sub-base com baixa capacidade estrutural.																														
Os valores do Raio de Curvatura são maiores que 100.																														
Os valores do Número Estrutural, nos pontos onde a sub-base apresenta baixa capacidade estrutural variam entre 2,18 e 4,77.																														
206	CBUQ+BG+BG	km0+000 até	baixo	km0+000	MB	-	-	km0+000 até	-	km0+000 até	-	km0+000	-	km0+000 até	117	251	2,45	4,65												
				km1+000	B																									
				km2+000	MB							km2+000		km3+000																
				km3+000 até								km4+000		km6+000																
				km9+000	B							km5+000		km7+000 até																
				km10+000																										
				km11+000 até	MB																									
												km13+000		km14+000																
										km15+000 até																				
		km18+000		km18+000				km18+000				km18+000							km18+000											
		ANÁLISE:																												
		O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.																												
		A superfície apresenta-se em Boas condições.																												
		O trecho não apresenta problemas de capacidade estrutural.																												
Os valores do Raio de Curvatura são maiores que 100.																														
O Número Estrutural varia entre 2,45 e 4,65.																														

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			Rc		SN				
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$	$a_2 > 0.20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$	km	valor	valor	valor	valor			
															mínimo	máximo	mínimo	máximo			
207	TSD+BG+MS	km0+000 até	baixo	km0+000 até	MB	-	-	-	-	-	-	-	-	km0+000 até	116	242	3,04	4,02			
																			km6+000	km7+000 até	km0+000 até
																				km11+000	
																			km12+000	km14+000	
																			km13+000	km15+000	
																			km17+000	km17+000	km17+000

ANÁLISE:

O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.
A superfície apresenta-se em Muito Boas condições.
O trecho não apresenta problemas de capacidade estrutural.
Os valores do Raio de Curvatura são maiores que 100.
O Número Estrutural é maior que 3,0.

208	CBUQ ou TSD+BG+MS	km0+000 até	baixo	km0+000	MB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122	257	2,34	4,94		
				km1+000 até															km0+000	km0+000 até
																			km1+000	
				km7+000																km2+000 até
				km8+000 até																
																				km12+000
	km14+000	km14+000	km13+000 até	km13+000 até	km13+000	km14+000	km14+000	km14+000												

ANÁLISE:

O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.
A superfície apresenta-se em Boas condições.
O início e o final do trecho são revestidos com CBUQ e o restante é revestido com TSD.
O trecho com CBUQ apresenta baixa capacidade estrutural na base e o trecho em TSD apresenta boa capacidade estrutural.
Locais com revestimento de CBUQ, apresentam Raio de curvatura maior que 100 e número estrutural maior que 3,69.
No restante do trecho onde o revestimento é de TSD, o Raio de curvatura é maior do que 100 mas os valores de número estrutural variam entre 2,34 e 4,94

210	CBUQ+PMF+BG+BG	km0+000 até	baixo	km0+000 até	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	135	481	2,59	4,58					
				km0+500																km0+500	km0+000 até		
				km1+000 até																			
																					km1+500 até	km1+000	
				km3+500																	km3+000	km3+500 até	
				km4+000 até																			
				km4+500																		km4+500	
				km5+000 até																	km5+000		
				km5+500																		km5+500	km6+000
				km6+000 até																		km6+500 até	km7+500
	km6+500				km7+500	km8+000																	
	km7+000 até				km8+500		km8+500																
	km8+500			km8+500	km8+500																		

ANÁLISE:

O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.
Nos locais onde a superfície apresenta-se deteriorada, os defeitos são do tipo Trincas, Afundamentos Plásticos, Ondulações, Exudações, Desgastes e Escorregamentos de massa.
Este trecho não apresenta problemas estruturais.
Os valores do Raio de Curvatura são maiores que 100.
O Número Estrutural varia entre 2,59 e 4,58.

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a ₁			Coeficiente Estrutural Base a ₂			Coeficiente Estrutural Sub-Base a ₃			km	Rc		SN						
		localização	IRI	localização	IES	a ₁ <0.20	0.20<a ₁ <0.44	a ₁ >0.44	a ₂ <0.06	a ₂ >0.20	a ₃ <0.06	0.06<a ₃ <0.20	a ₃ >0.20	valor mínimo		valor máximo	valor mínimo	valor máximo						
		localização no trecho			localização no trecho			localização no trecho																
211 (km14+000 até km24+000)	CBUQ+PMF+MH	km14+000 até	baixo	km14+000 até	P			km14+000	km14+000	km14+200			km14+000	km14+000	km14+000	km14+000								
		km15+000	médio																					
		km15+200 até																						
		km15+400	baixo																					
		km15+600 até																						
		km16+200	alto																					
		km16+400																						
		km16+600 até	médio																					
		km17+200																						
		km17+400 até	alto																					
		km17+600																						
		km17+800 até	médio																					
		km18+000																						
		km18+200 até	alto																					
		km19+000																						
		km19+200	médio																					
		km19+400 até																						
			alto																					
		km21+600																						
		km21+800 até	médio																					
		km22+000																						
		km22+200 até	baixo																					
		km22+400																						
		km22+600 até	alto																					
		km23+000																						
km23+200 até	médio																							
km24+000																								

ANÁLISE:
 O IRI apresenta-se variado em todo o trecho.
 A superfície apresenta-se em Péssimas condições. Aparecem todos os tipos de defeitos.
 Os coeficientes das camadas a₂ e a₃ apresentam valores menores que o intervalo da AASHTO indicando base e sub-base com baixa capacidade estrutural.
 Os locais que apresentam problemas estruturais na Base apresentam Número Estrutural menor que 3,29 semelhante a 3.
 Alguns pontos com problemas estruturais na Base apresentam Raio de Curvatura maior que 100.
 Nos locais com problemas estruturais na sub-base, o Número Estrutural é menor que 2,73.
 Alguns pontos com problemas estruturais na sub-base apresentam Raio de Curvatura maior que 100.
 Os locais que apresentam problemas na base não coincidem com os locais com problemas na sub-base.

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			Rc		SN																							
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$	$a_2 > 0,20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$	km	valor	valor	valor	valor																						
															valor	valor	valor	valor																						
		localização no trecho					localização no trecho					localização no trecho					valor	valor	valor	valor																				
km					km					km					mínimo	máximo	mínimo	máximo																						
212	CBUC+EG+BG	km0+000 até	médio	km0+000 até	P	-														km0+000 até	109	166	2,03	3,43																
		km0+800																																						
		km1+000 até																																						
			baixo																																					
		km2+000	médio																																					
		km2+200 até																																						
		km2+800	alto																																					
		km3+000 até																																						
		km4+800	baixo																																					
		km5+000 até																																						
		km5+800																																						

ANÁLISE:

O IRI apresenta-se variado em todo o trecho.

A superfície apresenta-se em Péssimas condições. Aparecem todos os tipos de defeitos principalmente trincas FC-3.

O coeficiente da camada a_3 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando sub-base com baixa capacidade estrutural.

Em alguns pontos do trecho onde aparecem problemas estruturais na sub-base o Raio de curvatura é maior que 100.

Os locais que apresentam problemas na sub-base apresentam Número Estrutural menor que 2,48.

213	CBUC+EG+HH	km0+000	alto	km0+000	P			km0+000 até	km0+000 até				km0+000 até	km0+000 até									
		km1+000 até	baixo	km1+000 até	MB								km2+000	km3+000 até									
		km6+000		km6+000											km5+000	km5+000							

ANÁLISE:

O IRI apresenta-se alto apenas no primeiro ponto, no restante apresenta-se Baixo.

A superfície apresenta-se em Péssimas condições apenas no primeiro ponto (início do trecho). A partir do km 1+000 até o final apresenta-se Muito Boa.

O coeficiente da camada a_2 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando base com baixa capacidade estrutural.

Em todo o trecho os valores do Raio de Curvatura são maiores que 100.

O Número Estrutural varia entre 4,91 e 6,73.

214	CBUC+EG+BCA	km0+000 até	baixo	km0+000 até	MB			km0+000 até				km0+000 até	km0+000 até											
		km21+000		km21+000											km17+000									

ANÁLISE:

O IRI apresenta-se Baixo em todo o trecho

A superfície apresenta-se em Muito Boas condições.

Trecho com problemas estruturais em um ponto na sub-base

No ponto onde possui problemas estruturais na sub-base, o Número Estrutural é 4,65 .

Em todo o trecho os valores do Raio de Curvatura são maiores que 100.

O Número Estrutural varia entre 4,50 e 6,86 em todo o trecho.

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			km	Rc		SN																		
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$	$a_2 > 0,20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$	valor mínimo		valor máximo	valor mínimo	valor máximo																		
		localização no trecho				localização no trecho			localização no trecho			valor mínimo	valor máximo	valor mínimo		valor máximo																				
216	CBUC+BC+TSD+BG	km0+000 até	baixo	km0+000	P	-	-	-	km0+000 até	-	-	-	km0+000 até	-	-	-	109	679	1,60	6,19																
				km1+000 até					km1+000												km2+000		km1+000	km2+000												
				km2+000	B				km3+000												km4+000		km3+000	km4+000												
				km3+000	R				km4+000 até												km5+000		km5+000													
				km4+000 até					km6+000												km7+000 até		km6+000	km7+000												
				km9+000	MB																		km8+000	km9+000												
				km10+000																			km10+000	km11+000												
				km11+000	B																															
				km12+000 até																			km12+000													
				km13+000	P																		km13+000	km14+000												
				km14+000	MB																															
				km15+000	R																															
				km16+000	MB								km16+000									km16+000		km15+000	km16+000											
		ANALISE:																																		
		O IRI apresenta-se Baixo em todo o trecho																																		
A superfície apresenta condições variadas. Apresenta vários tipos de defeitos mas em pouca quantidade.																																				
O coeficiente da camada a_3 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando sub-base com baixa capacidade estrutural.																																				
Nos pontos onde possui problemas na sub-base, o Número Estrutural é menor que 2,87.																																				
Os valores do Raio de Curvatura são maiores que 100.																																				
O Número Estrutural varia entre 1,60 e 6,19 em toda a extensão do trecho.																																				
217	CBU+BC+BG	km0+000 até	baixo	km0+000	R	-	-	-	km0+000 até	-	-	-	km0+000 até	-	-	-	109	269	3,05	4,75																
				km1+000 até	MB								km2+000								km3+000															
				km4+000									km4+000																							
				km5+000 até									km5+000								km6+000															
				km8+000	P								km8+000								km7+000															
																					km8+000															
ANALISE:																																				
O IRI apresenta-se Baixo em todo o trecho																																				
A superfície encontra-se com defeitos no início e no final do trecho.																																				
O coeficiente da camada a_2 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando base com baixa capacidade estrutural.																																				
Nos pontos onde possui problemas na base, o Número Estrutural é maior que 3,0.																																				
Os valores do Raio de Curvatura são maiores que 100.																																				
Em todo o trecho o Número Estrutural varia entre 3,05 e 4,75.																																				

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			km	Rc		SN	
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$,	$a_2 > 0.20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$		valor	valor	valor	valor
		localização no trecho			localização no trecho			localização no trecho			mínimo		máximo						
218	TSD+BG			km0+000 até										km0+000 até	100	170	2,01	2,85	
															km0+800	90		2,13	
		km1+000 até													km1+000				
															km1+200 até	106	163	1,99	2,77
			médio												km2+000				
		km2+200													km2+200	92		1,75	
															km2+400 até				
		km2+400	baixo																
		km2+600	alto																
		km2+800	médio																
		km3+000 até	baixo																
		km3+600																	
		km3+800 até					-	-	-	-	-	-	-	-					
		km4+800	alto																
		km5+000 até	médio																
		km5+600																	
		km5+800 até	alto												km5+200				
		km6+800													km5+400 até	80	99	1,75	2,07
		km7+000 até													km5+800				
															km6+000 até	109	170	2,01	2,72
															km7+600				
													km7+800						
	baixo												km8+000	84	87	1,81	4,08		
													km8+200	110		2,55			
													km8+400						
													km8+500	88	76	1,81	2,16		
				km8+500									km8+500						

ANÁLISE:

O IRI apresenta-se variado em todo o trecho.

A condição superficial é péssima em todo o trecho.

Os coeficientes estruturais não indicam problemas com as camadas isoladamente, mas em vários pontos o Raio de Curvatura é menor que 100 e o Número Estrutural menor que 3,0 indicando problema em toda a espessura do pavimento.

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			km	Rc		SN	
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$,	$a_2 > 0.20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$		valor	valor	valor	valor
																localização no trecho	localização no trecho	localização no trecho	mínimo
220	TSD+BG+BG			km0+000 até	P									km0+000	93		2,47		
															km0+200	122		2,24	
															km0+400	94		1,77	
															km0+600	118	157	2,33	2,56
				km0+600 até		alto									km0+800				
				km1+600											km1+000 até				
				km1+800 até											km1+800	72	96	2,12	2,56
															km2+000				
				km2+000		médio									km2+200	141	157	2,16	2,86
				km2+200 até		alto									km2+400				
															km2+600 até				
															km2+800				
															km3+000	134	137	1,96	2,13
															km3+200	97		1,37	
															km3+400				
															km3+600	144	146	1,94	1,96
															km3+800				
												km3+800 até	70	91	2,02	2,49			
		km4+200		km4+200								km4+200							

ANÁLISE:

O IRI apresenta-se alto em todo o trecho.

A condição superficial é péssima em todo o trecho.

O coeficiente da camada a_3 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando sub-base com baixa capacidade estrutural.

Em alguns pontos onde aparecem problemas estruturais na sub-base, o Raio de curvatura é maior que 100.

Nos pontos com problemas estruturais na sub-base, o Número Estrutural é menor que 2.56.

221	PMF+BG+MS	km0+080 até	P	km0+080 até			km0+000			km0+000		km0+000	km0+000	263	1096	3,51	5,47			
								km0+200			km0+200		km0+200 até	km0+200						
								km0+400 até			km0+400		km0+600		km0+400	91		1,63		
															km0+600	100		1,59		
															km0+800					
															km1+000					
					km1+400					km2+000		km1+200	km1+000		km1+200					
					km1+600 até	médio				km2+200		km1+400 até			km1+400					
					km2+000										km1+600	km1+800 até				
					km2+200 até	alto														
					km2+400															
					km2+600 até	médio										km2+000				
																km2+200	148		2,63	
																km2+400	96		1,59	
																km2+600				
					km2+800										km2+800	102	103	1,67	1,79	
					km3+000 até					km3+200	km3+400		km3+000	km3+200		km3+000	86		1,63	
													km3+200 até							
													km3+400	115	145	1,83	2,79			
													km3+600 até							
													km4+200	77	99	1,18	1,67			
													km4+400							
													km4+600	108	110	1,89	2,01			
													km4+800 até							
													km5+400	74	89	1,12	1,34			
													km5+600	170		3,19				
													km5+800							
													km6+000	72	78	1,22	1,62			
													km6+200	401		4,24				

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			km	Rc		SN						
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$,	$a_2 > 0,20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$		valor mínimo	valor máximo	valor mínimo	valor máximo					
		localização no trecho			localização no trecho			localização no trecho			valor mínimo		valor máximo											
221	PMF+BG+MS		alto		P	km22+200 até				km22+400 até			km23+000		km22+400	99		1,95						
						km22+600		km22+800		km23+800	km24+000	km23+200	km23+400 até		km22+600	113	124	1,93	2,57					
						km23+000 até					km24+200				km22+800									
																km23+000 até	66	99	0,89	2,00				
																km23+800								
																km24+000	109	129	1,59	1,96				
															km24+400 até	km24+400	82			1,51				
												km24+800	km25+000			km25+000				km24+600 até				
													km25+200			km25+200								
													km25+400			km25+400	101	146	1,78	2,76				
													km25+600											
												km25+800	km26+000							km26+000				
												km26+200	km26+400			km26+600	75			km26+200			0,55	
															km26+800	101			km26+400			2,09		
												km26+600	km26+800		km27+000 até	94			km26+600			1,37		
													km27+000	km27+200		km26+800 até								
													km27+400		km27+600	100	153	1,95	3,05					
													km27+600		km27+800									
													km27+800	km28+000		km28+000 até								
													km28+000	km28+200										
													km28+400							km28+400				
													km28+600							km28+600 até	41	91	0,60	2,16
						km28+800			km29+000	150			km29+000											
									km29+200				km29+200											
						km29+000	km29+200		km29+400 até	86	99	1,31	1,84	km29+400 até										
						km29+400							km29+600 até											
						km29+600	km29+800							km29+800										
														km30+000										
							km30+000							km30+200 até										
						km30+400 até								km30+600 até										
						km31+000				km30+400				km31+000										
							km31+000			km31+000				km31+000										

ANÁLISE:
 O IRI apresenta-se variado em toda a extensão do trecho, foram encontrados pontos altos, médios e baixos.
 A condição superficial é péssima em todo o trecho.
 Os coeficientes das camadas a_1 e a_3 apresentam valores menores que o intervalo da AASHTO indicando revestimento e base com baixa capacidade estrutural.
 Em alguns pontos com problemas estruturais no revestimento, o Raio de curvatura é maior que 100.
 Nos locais com problemas estruturais no revestimento o Número Estrutural é menor que 2,30.
 Nos pontos com problemas estruturais na sub-base, o Raio de curvatura é menor que 100.
 Os locais que possuem problemas estruturais na sub-base apresentam o Número Estrutural menor que 2,09.
 Sempre que o Raio de curvatura é menor que 100 aparecem problemas estruturais no revestimento ou na base.

Quadro 5.4 - ANÁLISE FUNCIONAL E ESTRUTURAL Lote 7

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			Rc		SN			
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$	$0.06 < a_2 < 0.20$	$a_2 > 0,20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$	km	valor	valor	valor	valor	
																mínimo	máximo	mínimo	máximo	
701	CBUQ+BG	km0+000 até	baixo	km0+000	B	-	-	km0+000 até		km0+000 até		-	-	-	km0+000 até	120	665	2,61	5,0	
				km1+000 até																km2+000
				km 3+000																km3+000
				km4+000 até																km4+000
																				km5+000
		km6+000		km6+000											km6+000					km6+000
ANÁLISE																				
O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.																				
A condição superficial é variada. No início aparecem trincas FC-2. O trecho encontra-se desgastado em toda a sua extensão.																				
O coeficiente da camada a_2 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando base com baixa capacidade estrutural. Nestes locais o Raio de curvatura é menor que 100 e o SN é menor que 1,0.																				
Os locais onde a condição superficial é péssima não coincidem com os locais onde aparecem problemas estruturais na Base.																				
704	CBUQ+BG+BG	km0+000 até	baixo	km0+000 até	MB	-		km0+000		km0+000		-	-	km0+000 até		130	241	1,90	2,87	
				km1+000 até				km1+000 até		km2+000										
				km3+000				km3+000		km4+000										
				km5+000 até				km6+000		km7+000										
								km8+000		km8+000										
		km8+000		km8+000				km 8+000		km8+000										
ANÁLISE																				
O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.																				
A condição superficial é Muito Boa em todo o trecho.																				
O coeficiente da camada a_2 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando base com baixa capacidade estrutural.																				
O Raio de Curvatura é maior que 100 em toda a sua extensão.																				
O Número Estrutural é sempre menor que 3,0.																				
709	CBUQ+BG+BG	km0+000	baixo	km0+000 até	P	-		km0+000		km0+000 até		-		km0+000 até		121	517	1,92	5,54	
		km0+500 até						km0+500		km1+500										
		km2+000						km2+000		km2+000										
		km2+500						km3+000 até		km2+500										
		km3+000						km3+500 até		km2+500										
		km3+500 até								km3+000 até										
										km4+000										
										km5+000 até										
								km6+500		km7+000										
								km7+000 até		km7+500										
								km8+500		km8+000 até										
								km9+000 até		km10+000										
										km10+500										
		km11+500								km11+000										
		km12+000								km11+500										
km12+500 até			km12+000																	
km14+000		km13+500	km12+500																	
14+500		km14+000	km13+000																	
		km14+500	km13+500 até																	
15+000		km15+000	km14+500																	
			km15+000																	
		km15+580	km15+580																	
ANÁLISE																				
O IRI apresenta-se variando entre médio e baixo.																				
As condições da superfície alternam-se de Péssimo a Regular apresentando ondulações, remendos, exudações e escorregamentos de massa.																				
Os coeficientes das camadas a_2 e a_3 apresentam valores menores que o intervalo da AASHTO indicando base e sub-base com baixa capacidade estrutural.																				
O Raio de Curvatura é maior que 100 em toda a sua extensão.																				
Alguns pontos com problemas estruturais na Base ou na sub-base apresentam Número Estrutural maior que 3,0.																				
Locais onde aparecem problemas estruturais na base nem sempre coincidem com locais onde aparecem problemas estruturais na sub-base.																				

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			km	Rc		SN												
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$	$0.06 < a_2 < 0.20$	$a_2 > 0,20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$		valor mínimo	valor máximo	valor mínimo	valor máximo											
						localização no trecho			localização no trecho			localização no trecho				valor mínimo	valor máximo	valor mínimo	valor máximo											
717	TSD+BG+MS	km0+000	alto	km0+000 até	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	km0+000	97		1,43												
		km1+000 até	médio	km2+000											MB	km1+000 até	km2+000	158		2,37										
		km3+000		km3+000 até												km3+000 até	km3+000 até	70		1,64										
		km4+000	alto	km4+000 até											B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	km5+000	141	247	2,15	2,75	
		km5+000	médio																						km6+000	km5+000				
		km6+000 até	baixo																						km7+000 até					
		km10+000		km10+000																					km9+000	km8+000	127	187	2,25	2,49
																km10+000	km10+000	92		1,93										
																		130		2,19										

ANÁLISE

Todo o trecho apresenta valores de IRI variando entre Alto, Médio e Baixo.

As condições da superfície alternam-se de Muito Bom a Bom.

O coeficiente da camada a_3 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando sub-base com baixa capacidade estrutural.

O Número Estrutural é menor que 3 em toda sua extensão.

Locais com problemas estruturais na sub-base apresentam condições de superfície Boas.

719	TSD+BG+BG	km0+000	alto	km0+000	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	km0+000 até	km0+000	-	km0+000 até	145	525	2,50	3,95
		km0+500 até	baixo	km0+500											km0+500	km1+000						
															km2+000	km1+500						
																km2+500		km3+000				
																km3+500		km3+500				

ANÁLISE

O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.

As condições da superfície encontram-se regulares.

O coeficiente da camada a_3 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando sub-base com baixa capacidade estrutural.

O Raio de Curvatura é maior que 100 em toda a sua extensão.

O Número Estrutural é menor que 3,0 em toda a sua extensão.

720	CBUQ+BG+MS	km0+000 até	baixo	km0+000	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	135	219	3,09	4,23
				km1+000	P																	
				km2+000	R																	
				km3+000	B																	
				km4+000	MB																	
				km5+000	P																	
				km6+000	MB																	
	km7+000																					

ANÁLISE

O trecho apresenta valores de IRI variando entre Baixo, Médio e Alto.

A superfície apresenta-se desgastada, com algumas painelas e muitas ondulações.

O trecho não apresenta problemas estruturais.

O Raio de Curvatura é maior que 100 em toda a sua extensão.

O Número Estrutural é maior que 3,0 em toda a sua extensão.

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a ₁			Coeficiente Estrutural Base a ₂			Coeficiente Estrutural Sub-Base a ₃			km	Rc		SN				
		localização	IRI	localização	IES	a ₁ <0.20	0.20<a ₁ <0.44	a ₁ >0.44	a ₂ <0.06	0.06<a ₂ <0.20	a ₂ >0,20	a ₃ <0.06	0.06<a ₃ <0.20	a ₃ >0.20		valor mínimo	valor máximo	valor mínimo	valor máximo			
						localização no trecho			localização no trecho			localização no trecho				valor mínimo	valor máximo	valor mínimo	valor máximo			
722	CBUC+BG+TSD+BG	km0+005 até	baixo	km0+050 até	MB	-	-	km0+050 até	km0+050 até	-	km0+050 até	-	km0+050 até	km0+050 até	117	309	3,39	4,69				
								km3+000					km5+000									
								km4+000					km5+000 até							km6+000	km7+000 até	
													km10+000									km11+000
													km11+000									km12+000
								km14+000					km14+000								km13+000	km14+000

ANÁLISE
 O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.
 As condições da superfície apresentam-se Muito Boas.
 Os coeficientes das camadas a₂ e a₃ apresentam valores menores que o intervalo da AASHTO indicando base e sub-base com baixa capacidade estrutural.
 O Raio de Curvatura é maior que 100 em toda a sua extensão.
 Os locais com problemas estruturais na sub-base não coincidem com os locais com problemas estruturais na base.
 O Número Estrutural é maior que 3,0 em toda a sua extensão.

724	CBUC+TSD+BG+BG	km0+000 até	baixo	km0+000 até	MB	-	-	km0+000 até	km0+000 até	-	km0+000 até	-	km0+000 até	km0+000 até	132	381	3,68	4,96
											km3+000		km2+000					
											km3+000		km4+000					
								km5+000			km5+000		km5+000					

ANÁLISE
 O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.
 As condições da superfície do trecho apresentam-se Muito Boas.
 O trecho não apresenta problemas estruturais.
 O Raio de Curvatura é maior que 100 em toda a sua extensão.
 O Número Estrutural é maior que 3,0 em toda a sua extensão.

725	CBUC+BG+BG	km0+000 até	baixo	km0+000 até	MB	-	-	km0+000 até	km0+000 até	-	km0+000 até	-	km0+000 até	km0+000 até	157	228	2,72	4,59
											km2+000		km3+000					
								km3+800			km3+800		km3+800					

ANÁLISE
 O IRI apresenta-se Baixo em toda a extensão.
 As condições da superfície apresentam-se Muito Boas.
 O coeficiente da camada a₃ apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando sub-base com baixa capacidade estrutural.
 O Raio de Curvatura é maior que 100 em toda a sua extensão.
 Alguns pontos do trecho onde aparece problemas estruturais na sub-base apresentam valores do Número Estrutural maior que 3.

726	CBUC+TSD+BG+BG	km0+000 até	baixo	km0+000 até	MB			km0+000 até	km0+000 até		km0+000 até		km0+000 até	km0+000 até	166	324	3,14	4,13	
											km8+000		km9+000						
													km10+000						
											km11+000		km11+000						km12+000
											km12+000		km13+000						km13+000
											km14+000		km14+000						km15+000
								km17+000			km17+000		km16+000						km16+000

ANÁLISE
 Todo o trecho apresenta valores de IRI Baixo e condições da superfície Muito Boas.
 O coeficiente da camada a₃ apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando sub-base com baixa capacidade estrutural.
 O Raio de Curvatura é maior que 100 em toda a sua extensão.
 O Número Estrutural é maior que 3,0 em toda a sua extensão.

TRECHO	Estrutura	IRI		IES		Coeficiente Estrutural Revestimento a_1			Coeficiente Estrutural Base a_2			Coeficiente Estrutural Sub-Base a_3			km	Rc		SN						
		localização	IRI	localização	IES	$a_1 < 0.20$	$0.20 < a_1 < 0.44$	$a_1 > 0.44$	$a_2 < 0.06$	$0.06 < a_2 < 0.20$	$a_2 > 0,20$	$a_3 < 0.06$	$0.06 < a_3 < 0.20$	$a_3 > 0.20$		valor	valor	valor	valor					
						localização no trecho			localização no trecho			localização no trecho				mínimo	máximo	mínimo	máximo					
753	TSD+BG+BG	km27+000 até	alto		P	-	-	-	-					-	km28+500	94	98	2,09	2,18					
															km29+000					km29+500				
																					km30+000	km30+000		
															km30+500					km31+000 até	km30+500	km31+000 até		
																						km32+000		
																					km32+500	km32+500		
		km32+500		km32+500																				

ANÁLISE

O trecho apresenta valores de IRI variado, alternando-se entre médio, baixo e alto.

As condições da superfície de todo o trecho também são variadas destacando-se a condição Péssima, uma vez que predomina a existência de painéis, remendos e ondulações.

O coeficiente da camada a_3 apresenta valores menores que o intervalo da AASHTO indicando sub-base com baixa capacidade estrutural.

Apesar de aparecer problemas nas sub-base em toda a extensão, alguns pontos apresentam Raio de Curvatura maior que 100.

Aparecem valores de Número Estruturais maiores que 3,0 em alguns pontos do trecho.

5.2 METODOLOGIA DA ANÁLISE

O lote 2 e o Lote 7 analisados, apresentam situações funcionais bem distintas pois alguns trechos rodoviários apresentam-se bem deteriorados, ocorrendo diversos tipos de defeitos; outros trechos, apresentam incidências baixas ou nulas, caracterizando uma condição de superfície e segurança adequada aos seus usuários.

Para o presente estudo os trechos analisados foram divididos em três tipos de estado de superfície, **Sem defeitos**, com **Poucos defeitos** e com **Muitos defeitos**. Para cada estado de superfície foram analisadas as condições funcionais e a estrutural.

5.2.1 Estado da Superfície Sem Defeitos.

Foram considerados trechos com a superfície sem defeitos quando o IES apresentou-se Muito Bom ou variando entre Muito Bom a Bom em toda a sua extensão. Foram considerados quatorze (14) trechos nesta situação.

Funcionalmente os pavimentos foram analisados através do índice de irregularidade longitudinal (IRI). A figura 5.1 mostra, a porcentagem de IRI Baixo, IRI Variado, quando o IRI varia entre Baixo, Médio e Alto em toda a extensão do trecho, e IRI Alto.

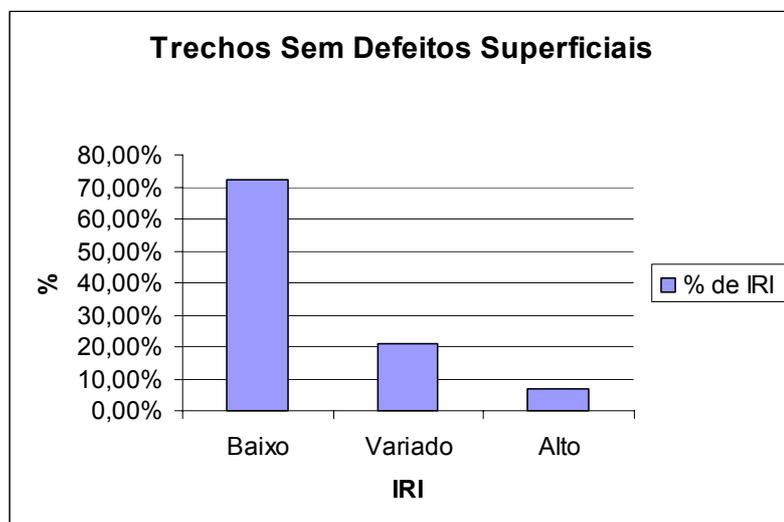


Figura 5.1 - % IRI para os trechos Sem Defeitos Superficiais

Nesta situação, 72% dos trechos apresentaram IRI Baixo, 21% apresentaram IRI variando entre Baixo, Médio a Alto e 7% apresentaram IRI Alto.

O quadro 5.5 apresenta as porcentagens de IRI baixo, variado e alto relacionado com a condição estrutural das camadas dos pavimentos.

Quadro 5.5 - % do IRI relacionado com a condição da estrutura do pavimento para trechos sem defeitos superficiais

Camadas dos Pavimentos	% de IRI baixo	% de IRI variado	% de IRI alto
Problemas na Base	21,43	-	-
Problemas na Sub-base	7,14	21,43	-
Problemas na Base+Sub-base	21,43	-	7,14
Sem Problemas	21,43	-	-
Totais	71,43	21,43	7,14

Analisando o quadro 5.5 verifica-se que para trechos sem defeitos superficiais o IRI apresenta-se baixo mesmo existindo problemas estruturais nas camadas do pavimento.

Estruturalmente os trechos foram analisados considerando o coeficiente das camadas, o Número Estrutural e o Raio de curvatura.

O quadro 5.6 apresenta as porcentagens das camadas dos pavimentos com baixa capacidade estrutural e sem problemas estruturais encontradas nos trechos sem defeitos superficiais, apresenta também as porcentagens de Número Estruturais maiores e menores que 3 e as porcentagens de Raios de Curvatura maiores e menores que 100, das camadas com baixa capacidade estrutural e sem problemas estruturais encontradas nos trechos sem defeitos superficiais.

A figura 5.2 apresenta, em porcentagens, a condição estrutural das camadas do pavimento para trechos sem defeitos superficiais.

De posse destas condições estruturais foi analisado para cada camada a incidência de valores de Número Estrutural maiores que 3 e menores que 3, da

mesma forma, foi analisado para cada camada a incidência de valores de Raio de Curvatura maiores e menores que 100. Os resultados estão representados nas figuras 5.3 e 5.4 respectivamente.

Quadro 5.6 – Resumo da análise estrutural para trechos sem defeitos Superficiais.

Camadas dos Pavimentos	% Baixa Capacidade Estrutural	% SN		% Rc	
		SN<3	SN>3	Rc<100	Rc>100
Base	27%	17%	10%	-	27%
Sub-base	27%	7%	20%	7%	20%
Base + Sub-base	27%	13,5%	13,5%	10%	17%
Totais Parciais	81%	37,5%	43,5%	17%	64%
Sem Problemas (19%)			19%		19%
TOTALS		100%		100%	

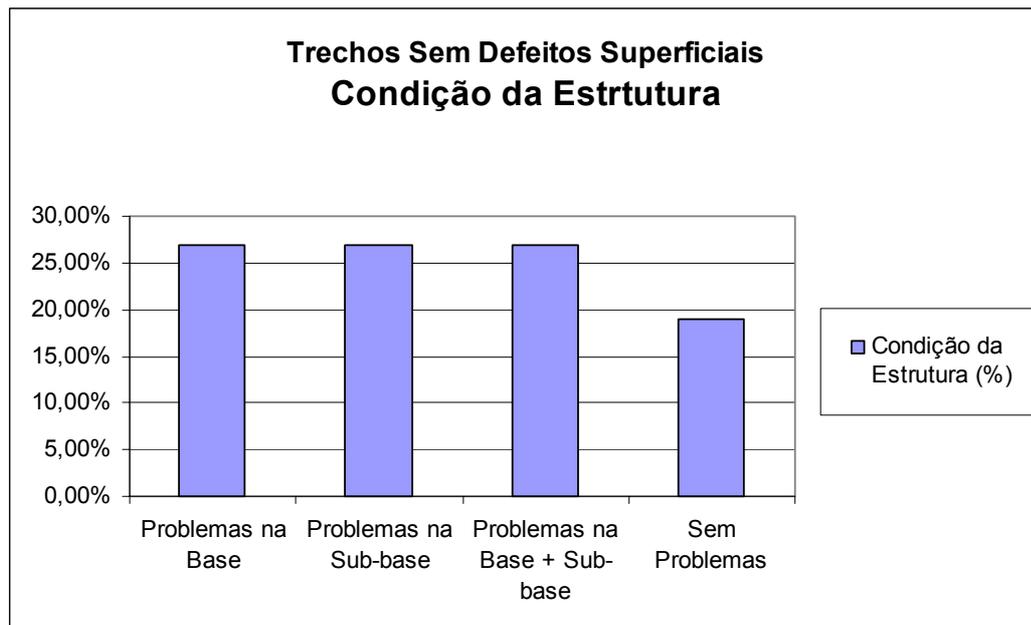


Figura 5.2 – Condições da estrutura dos pavimentos para os trechos Sem Defeitos Superficiais.

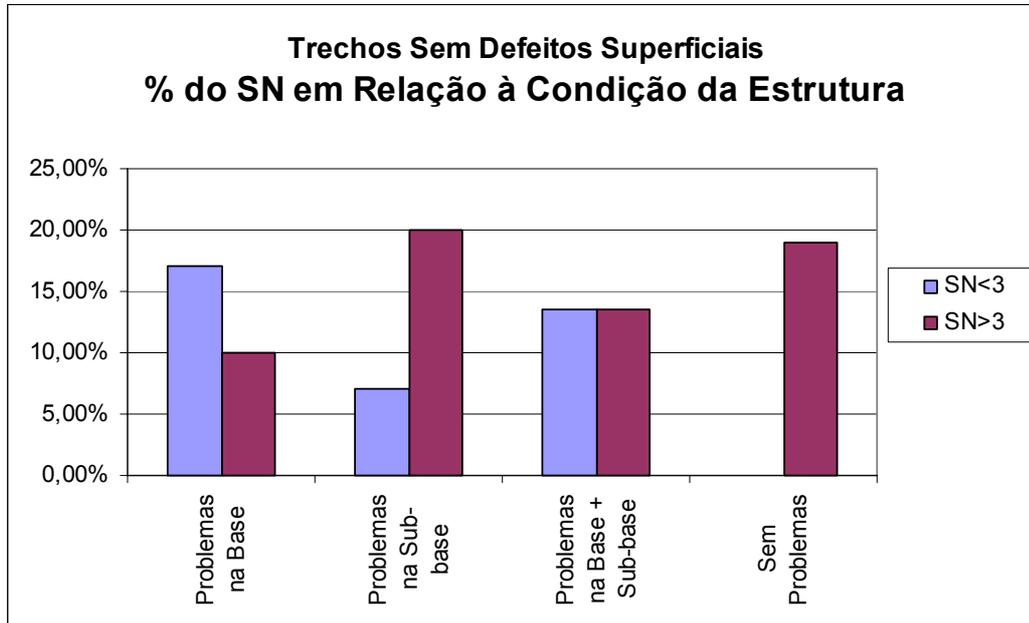


Figura 5.3 - % do Número Estrutural em relação à condição da estrutura em pavimentos Sem Defeitos Superficiais.

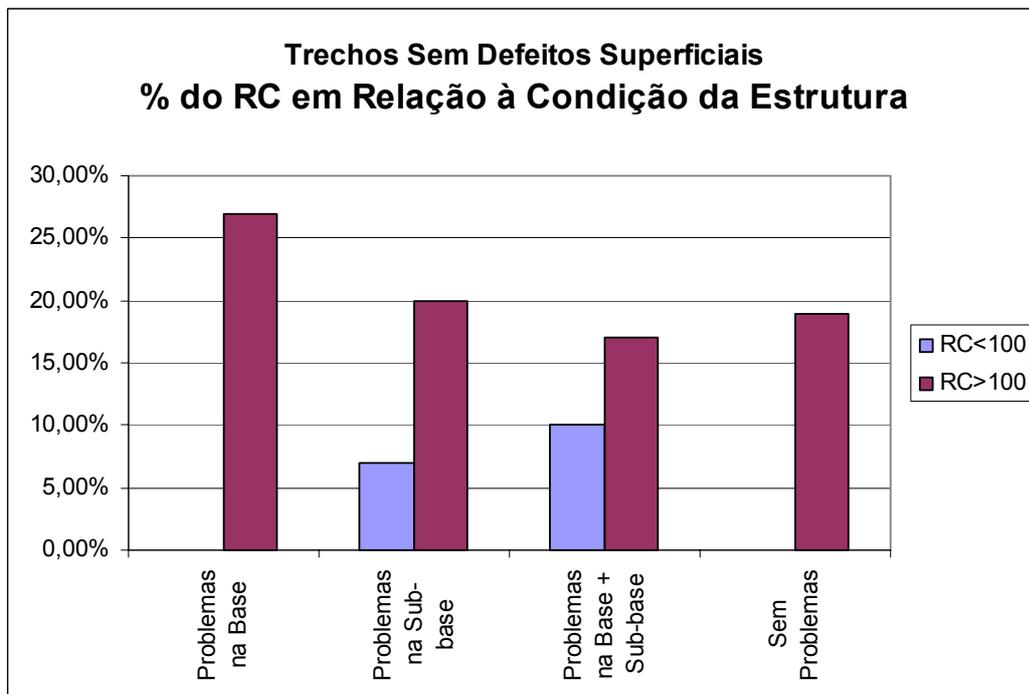


Figura 5.4 - % do Raio de Curvatura em relação à condição da estrutura em pavimentos Sem Defeitos Superficiais.

Analisando o quadro 5.6 e as figuras 5.2, 5.3 e 5.4, verificou-se que trechos sem defeitos superficiais podem apresentar:

- problemas estruturais em qualquer uma das camadas da estrutura do pavimento.

- Número estrutural maior ou menor que o valor 3 em pavimentos com problemas estruturais em qualquer uma das camadas.

- Número estrutural sempre maior que o valor 3 em pavimentos sem problemas estruturais.

- Raio de Curvatura maior que o valor 100 em pavimentos com problemas estruturais na base.

- Raio de Curvatura maior que o valor 100 em pavimentos sem problemas estruturais.

- Raio de Curvatura maior ou menor que o valor 100 em pavimentos com problemas estruturais na sub-base ou na base+sub-base.

5.2.2 Estado da Superfície com Poucos Defeitos.

Foram considerados trechos com Poucos defeitos na superfície quando o IES apresentou-se variando entre Muito Bom, Bom e Regular em toda a sua extensão. Foram considerados nove (9) trechos nesta situação.

Funcionalmente os pavimentos foram analisados através do índice de irregularidade longitudinal (IRI). A figura 5.5 mostra, a porcentagem de IRI Baixo e Variado (Baixo, Médio e Alto) encontrado nos trechos com poucos defeitos superficiais.

Nesta situação, 90% dos trechos apresentaram IRI Baixo, 10% dos trechos apresentaram IRI Variando entre Baixo, Médio e Alto.

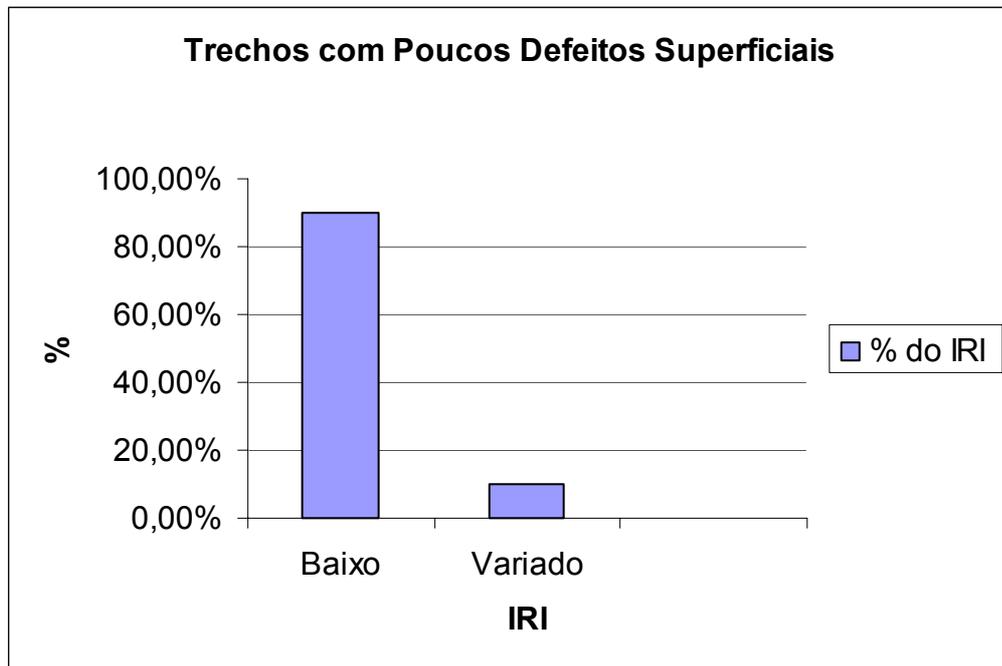


Figura 5.5 - % do IRI para os trechos com Poucos Defeitos Superficiais

O quadro 5.7 apresenta as porcentagens de IRI baixo e variado relacionado com a condição estrutural das camadas dos pavimentos.

Quadro 5.7 - % do IRI relacionado com a condição da estrutura do pavimento para trechos com poucos defeitos superficiais

Camadas dos Pavimentos	% de IRI baixo	% de IRI variado
Problemas na Base	22,22	-
Problemas na Sub-base	33,33	-
Problemas na Base+Sub-base	11,11	-
Sem Problemas	22,22	11,11
Totais	88,89	11,11

Analisando o quadro 5.7 verifica-se que para trechos com poucos defeitos superficiais o IRI apresenta-se baixo mesmo existindo problemas estruturais nas camadas do pavimento.

O quadro 5.8 apresenta as porcentagens das camadas dos pavimentos com baixa capacidade estrutural e sem problemas estruturais, encontradas nos trechos com Poucos defeitos superficiais, apresenta também as porcentagens de Número Estruturais maiores e menores que 3 e as porcentagens de Raios de Curvatura maiores e menores que 100 das camadas com baixa capacidade estrutural e sem problemas estruturais encontradas nos trechos com Poucos defeitos superficiais.

A figura 5.6 apresenta, em porcentagens, a condição estrutural das camadas do pavimento para trechos com Poucos defeitos superficiais.

Quadro 5.8 – Resumo da análise estrutural para trechos com Poucos defeitos Superficiais.

Camadas dos Pavimentos	% Baixa Capacidade Estrutural	% Número Estrutural		% Raio de Curvatura	
		SN<3	SN>3	Rc<100	Rc>100
Base	22%	-	22%	-	22%
Sub-base	33%	22%	11%	-	33%
Base + Sub-base	12%	12%	-	-	12%
Totais Parciais	67%	34%	33%	-	67%
Sem Problemas (33%)			33%		33%
TOTAIS		100%		100%	

De posse destas condições estruturais foi analisado para cada camada a incidência de valores de Número Estrutural maior que 3 e menor que 3. Da mesma forma, foi analisada para cada camada a incidência de valores de Raio de Curvatura

maiores e menores que 100. Os resultados destas análises estão representados nas figuras 5.7 e 5.8 respectivamente.

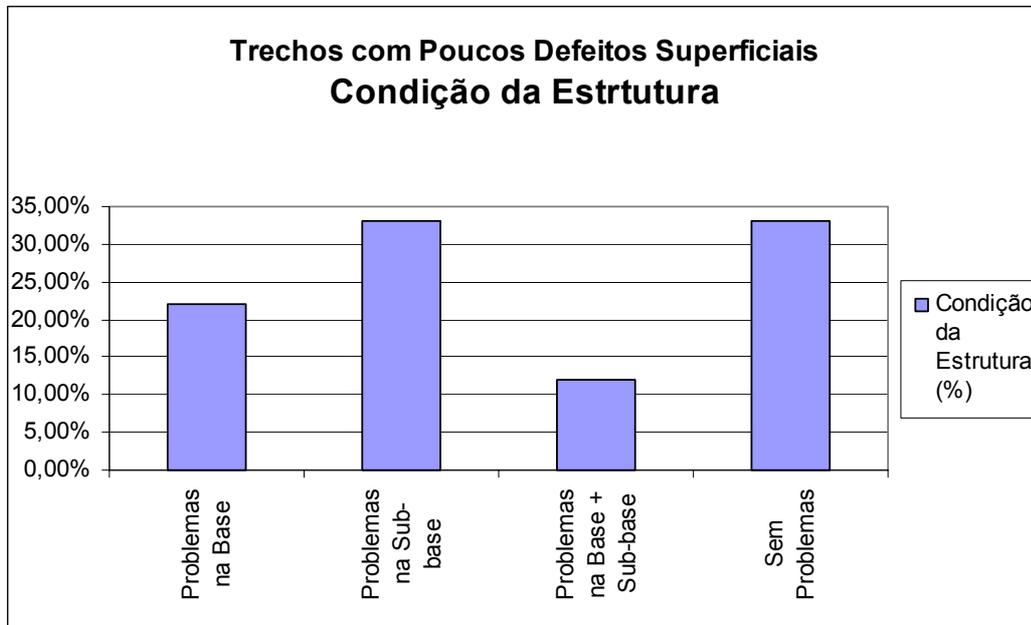


Figura 5.6 – Condições da estrutura dos pavimentos para os trechos com Poucos Defeitos Superficiais.

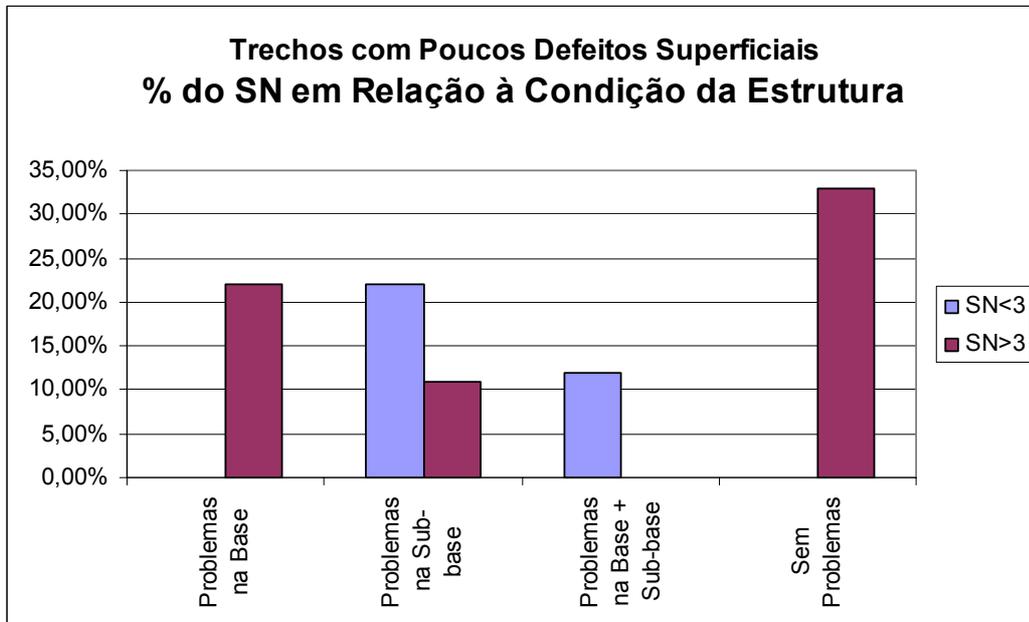


Figura 5.7 - % do Número Estrutural em relação à condição da estrutura em pavimentos com Poucos Defeitos Superficiais.

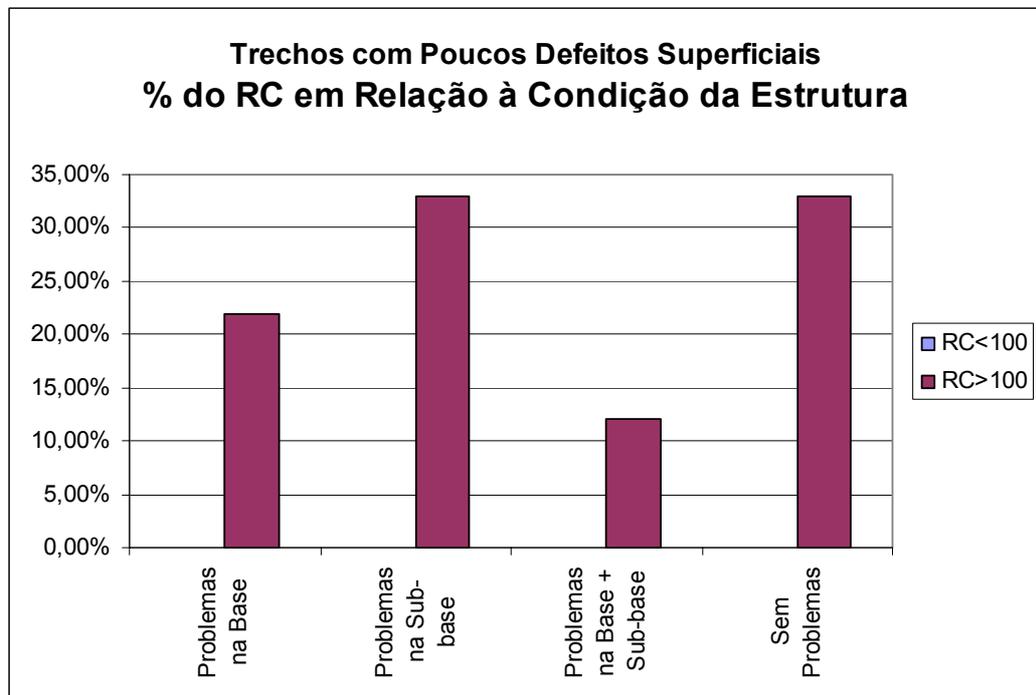


Figura 5.8 - % do Raio de Curvatura em relação à condição da estrutura em pavimentos com Poucos Defeitos Superficiais.

Observando a figura 5.8 verifica-se que para trechos com Poucos defeitos superficiais, o Raio de Curvatura apresenta-se sempre maior que 100.

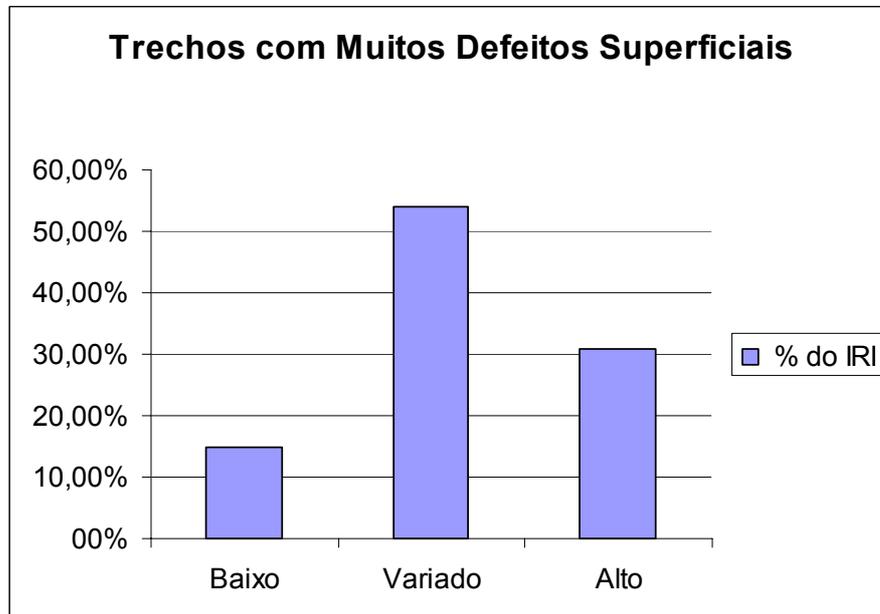
Analisando o quadro 5.8 e as figuras 5.6, 5.7 e 5.8, verificou-se que trechos com Poucos defeitos superficiais podem apresentar:

- problemas estruturais em qualquer uma das camadas da estrutura do pavimento.
- Número estrutural maior ou menor que o valor 3 em pavimentos com problemas estruturais na sub-base.
- Número estrutural maior que o valor 3 em pavimentos sem problemas estruturais ou com problemas estruturais na base.
- Número estrutural menor que o valor 3 em pavimentos com problemas estruturais na base+sub-base.
- Raio de Curvatura maior que o valor 100 em pavimentos com problemas estruturais em qualquer camada ou mesmo quando não apresentam problemas estruturais.

5.2.3 Estado da Superfície com Muitos Defeitos.

Foram considerados trechos com Muitos defeitos na superfície quando o IES apresentou-se Péssimo em toda a sua extensão. Foi considerado um total de treze (13) trechos nesta situação.

Funcionalmente os pavimentos foram analisados através do índice de irregularidade longitudinal (IRI). A figura 5.9 mostra, a porcentagem de IRI baixo, variado (Baixo, Médio e Alto) e alto para os trechos com Muitos defeitos superficiais.



Nesta situação, 15% dos trechos apresentaram IRI Baixo, 54% dos trechos apresentaram IRI Variando entre Baixo, Médio e Alto e 31% apresentaram IRI Alto.

O quadro 5.9 apresenta as porcentagens de IRI baixo, variado e alto relacionado com a condição estrutural das camadas dos pavimentos.

Quadro 5.9 - % do IRI relacionado com a condição da estrutura do pavimento para trechos com muitos defeitos superficiais

Camadas dos Pavimentos	% de IRI baixo	% de IRI variado	% de IRI alto
Problemas na Base	-	7,69	7,69
Problemas na Sub-base	-	15,38	15,38
Problemas na Base+Sub-base	-	15,38	7,69
Problemas no Revestimento+Sub-base	7,69	7,69	-
Sem Problemas	7,69	7,69	-
Totais	15,38	53,85	30,77

Analisando o quadro 5.9 verifica-se que para trechos com muitos defeitos superficiais o IRI apresenta-se variado e alto quando existem problemas estruturais com as camadas.

O quadro 5.10 apresenta as porcentagens das camadas dos pavimentos com baixa capacidade estrutural e sem problemas estruturais encontradas nos trechos com Muitos defeitos superficiais, apresenta também as porcentagens de Número Estruturais maiores e menores que 3 e as porcentagens de Raios de Curvatura maiores e menores que 100 das camadas com baixa capacidade estrutural e sem problemas estruturais encontradas nos trechos com Muitos defeitos superficiais.

A figura 5.10 apresenta, em porcentagens, a condição estrutural das camadas do pavimento para trechos com Muitos defeitos superficiais.

De posse destas condições estruturais foi analisado para cada camada a incidência de valores de Número Estrutural maior que 3 e menor que 3. Da mesma forma, foi analisada para cada camada a incidência de valores de Raio de Curvatura maior e menor que 100. Os resultados destas análises estão representados nas figuras 5.11 e 5.12 respectivamente.

Quadro 5.10 – Resumo da análise estrutural para trechos com Muitos defeitos Superficiais.

Camadas dos Pavimentos	%	%	%	%	%
	Baixa Capacidade Estrutural	SN<3	SN>3	Rc<100	Rc>100
Base	15%	15%	-	3%	12%
Sub-base	31%	31%	-	8%	23%
Base + Sub-base	24%	10%	14%	10%	14%
Revestimento + Sub-Base	15%	10%	5%	10%	5%
Totais Parciais	85%	66%	19%	31%	54%
Sem Problemas (15%)		7,5%	7,5%	7,5%	7,5%
TOTALIS		100%		100%	



Figura 5.10 – Condições da estrutura dos pavimentos para os trechos com Muitos Defeitos Superficiais

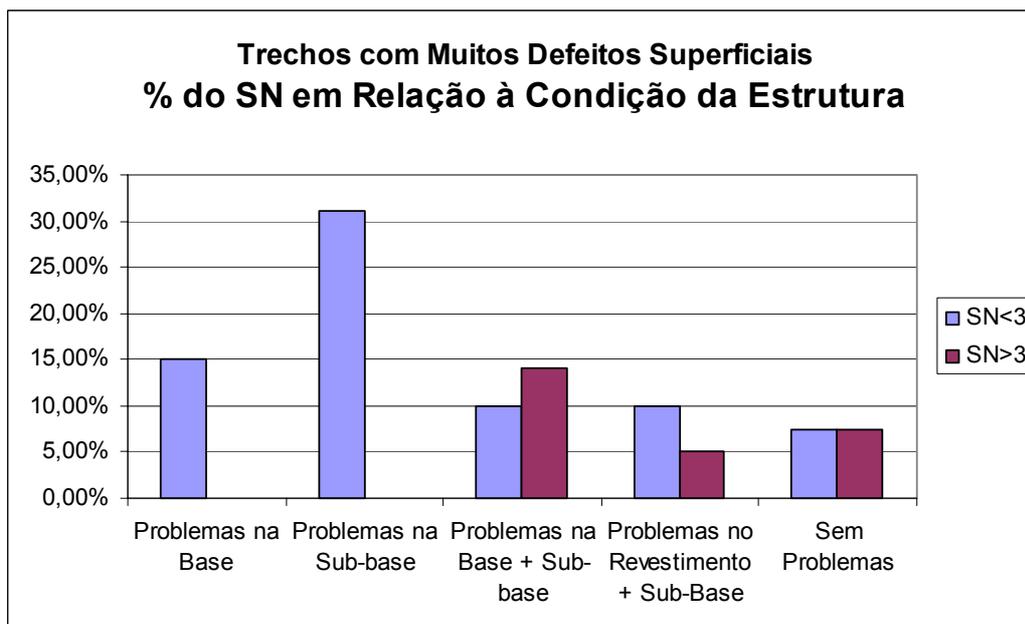


Figura 5.11 - % do Número Estrutural em relação à condição da estrutura em pavimentos com Muitos Defeitos Superficiais.

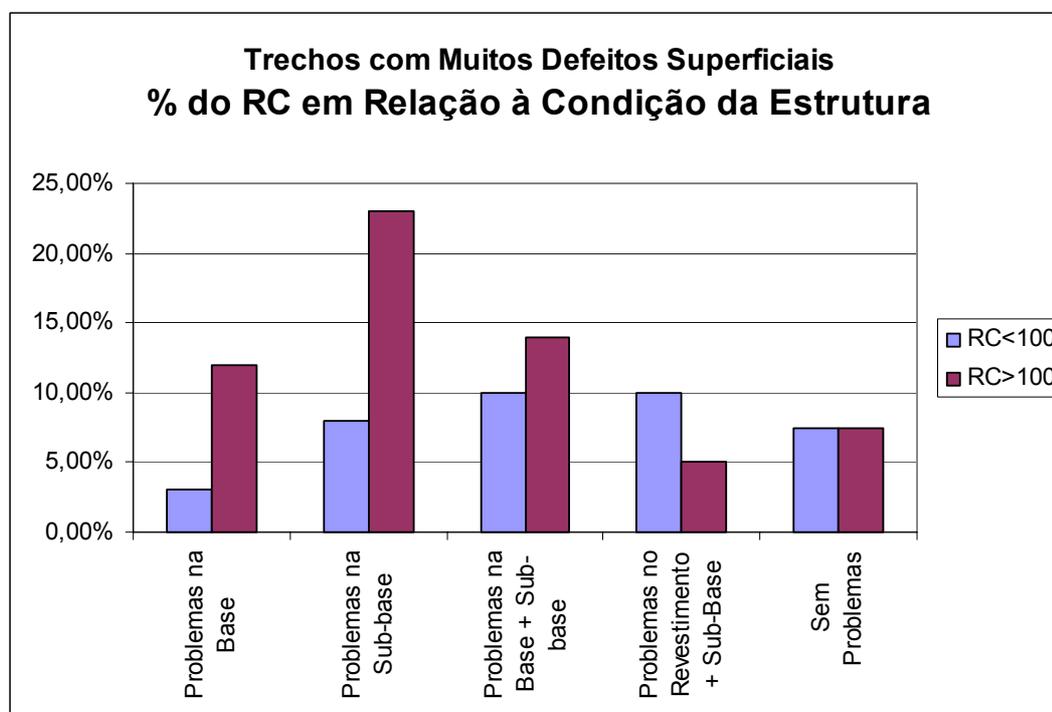


Figura 5.12 - % do Raio de Curvatura em relação à condição da estrutura em pavimentos com Muitos Defeitos Superficiais.

Analisando o quadro 5.10 e as figuras 5.10, 5.11 e 5.12, verificou-se que trechos com Muitos defeitos superficiais podem apresentar:

- Problemas estruturais em qualquer uma das camadas da estrutura do pavimento.

- Número estrutural menor que o valor 3 em pavimentos com problemas estruturais na sub-base ou na base.

- Número estrutural maior ou menor que o valor 3 em pavimentos sem problemas estruturais ou com problemas estruturais na base+sub-base ou no revestimento+sub-base.

- Raio de Curvatura maior ou menor que o valor 100 em pavimentos com problemas estruturais em qualquer uma das camadas ou mesmo quando não apresentam problemas estruturais.

CORRELAÇÕES

6.1 INTRODUÇÃO

Através de retroanálise e utilizando-se os valores encontrados para o raio de curvatura nas bacias de deflexão verificou-se que existia uma relação entre os valores do número estrutural (SN) e os valores dos raios de curvatura (R_c) das camadas dos pavimentos, permitindo então, a busca de correlações entre os mesmos.

As correlações entre raio de curvatura e número estrutural apresentadas neste trabalho permitem a obtenção direta do número estrutural, sem a necessidade da utilização de retroanálises.

6.2 CORRELAÇÕES R_c X SN

6.2.1 Metodologia da análise estatística

A partir dos dados obtidos de Raio de Curvatura e de Número Estrutural, procedeu-se a um tratamento estatístico, procurando encontrar as relações existentes entre eles.

Segundo Martins e Donaire (1991), correlação é a busca de uma relação funcional entre as variáveis observadas que descrevem o fato.

No caso, buscamos a relação funcional entre o Número Estrutural e o Raio de Curvatura.

Foi utilizado o programa INFER em sua versão 3 que foi exaustivamente testado e seus resultados foram conferidos para que se pudesse ter segurança quanto à confiabilidade de operação dos resultados.

O módulo de estatística do INFER versão 3 é o ambiente responsável pela pesquisa do modelo matemático que melhor representa a amostra a ser avaliada, através de regressão linear por mínimos quadrados e da análise da regressão.

O Número Estrutural (SN) foi considerado como variável dependente ou variável explicada, ou seja, o que procuramos. O Raio de Curvatura (R_c) foi considerado a variável independente ou explicativa.

Utilizando a estatística inferencial, ou modelo científico (regressão linear), foram pesquisados modelos matemáticos de ajuste de curvas que melhor se adequaram aos dados fornecidos. Os modelos escolhidos foram aqueles que tiveram melhor coeficiente de correlação e os que tiveram maior valor para o coeficiente de determinação ajustado r^2 .

Os coeficientes de correlação R e de determinação R^2 são bons indicadores da qualidade da regressão pois mostram a aderência e a proximidade entre a variável dependente e as variáveis independentes no modelo, variando de +1 a -1.

6.2.2 Estudo das Correlações

Foram criadas basicamente duas correlações. A primeira, a partir do Raio de Curvatura, com o intuito de encontrar o Número Estrutural (SN) para pavimentos constituídos de base e/ou sub-base granular e revestimento de CBUQ. A segunda, a partir do Raio de Curvatura, encontrar o Número Estrutural, para pavimentos constituídos de base e/ou sub-base granular e revestimento de TSD.

Os quadros 6.1 e 6.2 apresentam os trechos estudados para encontrar as correlações quando os pavimentos são revestidos com CBUQ e TSD respectivamente.

Quadro 6.1 – Trechos revestidos com CBUQ e suas respectivas Estruturas e Espessuras

TRECHO	ESTRUTURA	ESPESSURAS (cm)
202	CBUQ+BG+BG	7,0+20,0+20,0
203	CBUQ+BG+BG	7,0+20,0+20,0
204	CBUQ+BG+BG	7,0+20,0+20,0
212	CBUQ+BG+BG	5,0+17,5+10,0
217	CBUQ+BG+BG	8,0+18,5+16,0
704	CBUQ+BG+BG	9,0+13,0+13,0
725	CBUQ+BG+BG	8,0+12,5+21,5
735	CBUQ+BG+BG	8,0+15,0+15,0
737	CBUQ+BG+BG	10,0+16,0+16,0
740	CBUQ+BG+BG	5,0+15,0+15,0
701	CBUQ+BG	6,0+20,0
216	CBUQ+TSD+BG+BG	10,0+2,5+20,0+20,0
206	CBUQ+BG+MS	7,5+17,0+16,0
213	CBUQ+BG+MS	9,0+17,5+35,5
720	CBUQ+BG+MS	5,0+17,0+18,0

Quadro 6.2 – Trechos revestidos com TSD e suas respectivas estruturas e espessuras.

TRECHO	ESTRUTURA	ESPESSURAS (cm)
201	TSD+BG+BG	2,5+14,5+14,5
719	TSD+BG+BG	2,5+18,0+18,0
753	TSD+BG+BG	2,5+20,0+22,0
218	TSD+BG	2,5+20,0
207	TSD+BG+MS	2,5+17,0+16,0
717	TSD+BG+MS	2,5+15,0+15,0

Inicialmente foram feitas as inferências estatísticas para cada um dos trechos individualmente. Os quadros 6.3 e 6.4 apresentam os resultados destes estudos.

Quadro 6.3 - Inferência estatística para pavimentos revestidos com CBUQ

TRECHO	NÚMERO ELEMENTOS	DESVIO PADRÃO	MODELO REGRESSÃO	COEFICIENTES	
				CORRELAÇÃO - R	DETERMINAÇÃO - R ²
202	21	2.964	$SN = (7,4595 + 1,5855 \times 10^{-4} \times R_c^2)^{1/2}$	0,8500	0,7225
203	4	4.588	$SN = \ln(-2,9094 + 1,3678 \times 10^{-3} \times R_c^2)$	0,9982	0,9964
204	14	0,052	$SN = \exp(1/(0,6273 + 981925/R_c^3))$	0,9512	0,9047
212	30	0,129	$SN = 1/(0,12587 + 9,2298 \times 10^{24} \times \exp(-R_c))^{1/3}$	0,9192	0,8449
217	9	7.872	$SN = \ln(-48,569 + 0,6145 \times R_c)$	0,9732	0,9470
704	9	0,02154	$SN = 1/(0,15562 - 7,1802 \times 10^{-9} \times R_c^3)^{1/3}$	0,8440	0,7123
725	5	2.304	$SN = (4,2982 + 1,2719 \times 10^{-6} \times R_c^3)^{1/2}$	0,9230	0,8520
735	12	0,01359	$SN = \ln(1/(1,5336 \times 10^{-2} + 1058,8/R_c^2))$	0,84	0,7056
737	12	0,241	$SN = \exp(1/(0,6179 + 1891875/R_c^3))$	0,8904	0,7928
740	54	0,122	$SN = 1/(23,324 - 2,3209 \times 10^{-37} \times \exp(R_c))^{1/3}$	0,9993	0,9985
701	6	0,01808	$SN = 1/(2,7940 - 2,7595 \times 10^{-38} \times \exp(R_c))^{1/3}$	0,9999	0,9998
216	17	15.857	$SN = (20,479 + 1,4955 \times 10^{-6} \times R_c^3)$	0,9905	0,9812
206	19	0,02946	$SN = 1/(0,4528 + 1944,4/R_c^2)^2$	0,7668	0,5880
213	7	147.192	$SN = (185,87 + 2,6048 \times 10^{-6} \times R_c^3)$	0,8389	0,7038
720	8	$3,136 \times 10^{-3}$	$SN = 1/(1,9000 \times 10^{-3} + 570,99/R_c^2)^{1/3}$	0,9090	0,8262

Quadro 6.4 - Inferência estatística para pavimentos revestidos com TSD

TRECHO	NÚMERO ELEMENTOS	DESVIO PADRÃO	MODELO REGRESSÃO	COEFICIENTES	
				CORRELAÇÃO - R	DETERMINAÇÃO - R ²
201	27	0,106	$SN = 0,4868 + 1,4249 \times 10^{-2} \times R_c$	0,9263	0,8581
719	8	$6,565 \times 10^{-2}$	$SN = -3,6601 + 1,2419 \times \ln(R_c)$	0,9952	0,9905
753	58	$5,420 \times 10^{-3}$	$SN = 1/(0,21935 + 23,927 / R_c)$	0,9962	0,9925
218	41	$3,770 \times 10^{-2}$	$SN = 1/(0,23449 + 23,051 / R_c)$	0,8152	0,6645
207	16	0,144	$SN = 2,3463 + 6,9079 \times 10^{-3} \times R_c$	0,8962	0,8033
717	10	$9,471 \times 10^{-2}$	$SN = -2,6009 + 0,9806 \times \ln(R_c)$	0,9786	0,9577

Posteriormente foram encontradas correlações, uma para pavimentos com revestimentos de CBUQ, base e sub-base de materiais granulares (Brita ou Macadame seco) e uma para pavimentos com revestimento de TSD, base e sub-base com materiais granulares (Brita ou Macadame seco).

A seguir são apresentados os resultados, para cada uma destas correlações, obtidas por inferência estatística.

a) Correlação de R_c x SN para pavimentos com revestimento de CBUQ.

Estatísticas Básicas

Nº de elementos da amostra: 207

Nº de variáveis independentes: 01

Nº de graus de liberdade: 205

Desvio padrão da regressão: $7,972 \times 10^{-2}$

Modelo da Regressão

$$1/SN = 0,03588 + 51,909 /R_C$$

Modelo para a Variável Dependente

$$SN = 1/(0,03588 + 51,909 /R_C)$$

Correlação do Modelo

Coefficiente de correlação (R): 0,8521

Valor t calculado: 23,31

Valor t tabelado (t crítico): 1,286 (para o nível de significância de 20,0 %)

Coefficiente de determinação (R^2): 0,7261

Coefficiente de determinação ajustado r^2 : 0,7247

Análise da Variância

Significância do modelo igual a 0%

Aceita-se a hipótese de existência da regressão.

Gráfico da Regressão

Calculado no ponto médio da amostra, para :

$$R_C = 170,905$$

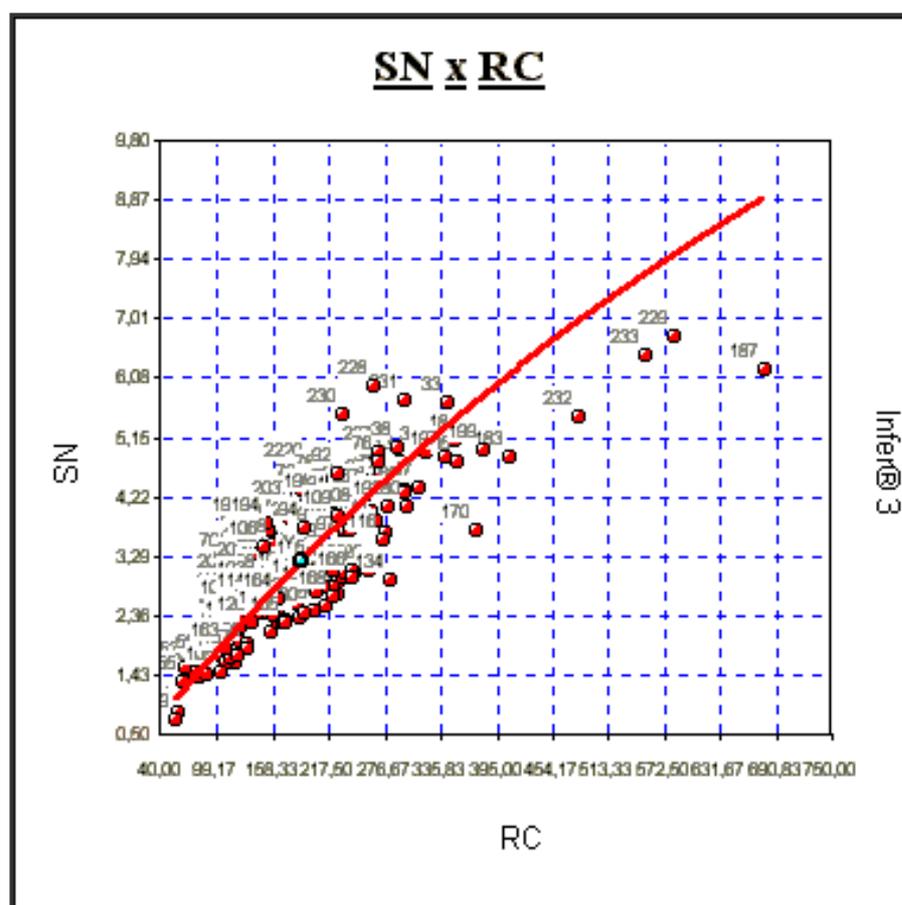


Figura 6.1 – gráfico da regressão calculado para o centro médio da amostra da correlação RC x SN para pavimentos com revestimento de CBUQ e base+sub-base granular.

b) Correlação de Rc x SN para pavimentos com revestimento de TSD.

Estatísticas Básicas

Nº de elementos da amostra: 160

Nº de variáveis independentes: 01

Nº de graus de liberdade: 158

Desvio padrão da regressão: $3,059 \times 10^{-2}$

Modelo da Regressão

$$1/SN^3 = 0,02768 + 83401 /R_C^3$$

Modelo para a Variável Dependente

$$SN = 1/(0,02768 + 83401 /R_C^3)^{1/3}$$

Correlação do Modelo

Coefficiente de correlação (R): 0,9253

Valor t calculado: 30,67

Valor t tabelado (t crítico): 1,287 (para o nível de significância de 20,0 %)

Coefficiente de determinação (R^2): 0,8562

Coefficiente de determinação ajustado r^2 : 0,8553

Classificação: Correlação Fortíssima

Análise da Variância

Significância do modelo igual a $-1,1 \times 10^{-17}\%$

Aceita-se a hipótese de existência da regressão.

Gráfico da Regressão

Calculados no ponto médio da amostra, para :

$$R_C = 107,494$$

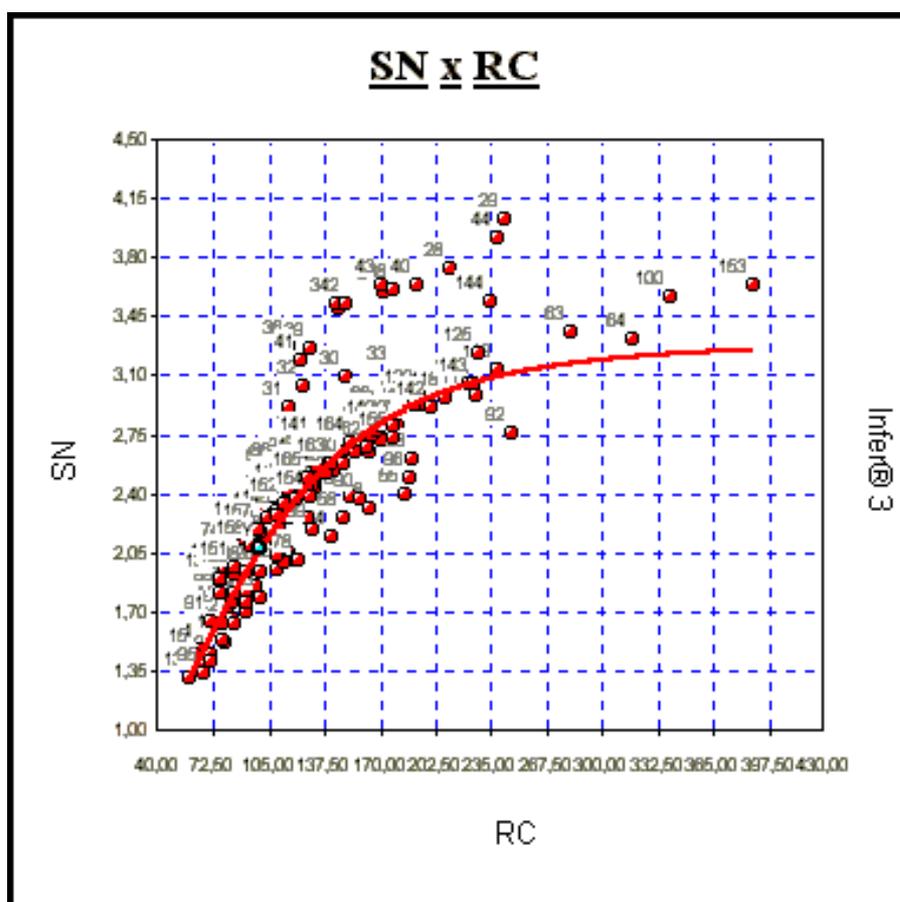


Figura 6.2 – gráfico da regressão calculado para o centro médio da amostra da correlação Rc x SN para pavimentos com revestimento de TSD e base+sub-base granular.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

7.1 CONCLUSÕES DAS ANÁLISES FUNCIONAL E ESTRUTURAL

As conclusões foram obtidas levando-se em consideração as avaliações da superfície, avaliações funcionais e avaliações estruturais dos pavimentos demonstradas no capítulo 5 e as correlações estudadas no capítulo 6 do presente trabalho.

7.1.1 Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI)

A análise das condições funcionais foi baseada no estudo da irregularidade longitudinal dos trechos estudados.

Verificou-se que pavimentos sem defeitos superficiais ou com poucos defeitos superficiais podem apresentar IRI baixo mas apresentam problemas estruturais. Quando apareceram muitos defeitos superficiais, o IRI apresentou-se variado (baixo, médio e alto) e os trechos também apresentaram problemas estruturais.

O índice de irregularidade Longitudinal pode aumentar com a quantidade de defeitos na superfície, mas não tem relação com os problemas estruturais das camadas dos pavimentos.

7.1.2 Capacidade estrutural

Os Módulos de resiliência obtidos por retroanálise juntamente com os coeficientes estruturais das camadas encontrados através das correlações estabelecidas pela AASHTO, os Números Estruturais e os Raios de Curvatura permitiram verificar as condições estruturais dos pavimentos estudados.

a) Módulo de resiliência e coeficiente das camadas.

Os Módulos de resiliência foram encontrados através de retroanálise dos dados de deflexões obtidos com o equipamento Falling Weight Deflectometer, em camadas de pavimento já executadas, ou seja, condição efetiva da camada em termos de umidade, densidade, temperatura e estado de tensões, sob um pulso de carga.

As equações utilizadas para determinar os coeficientes das camadas, conforme descrito no capítulo 4 deste trabalho, demonstram que quando o coeficiente estrutural de uma camada é baixo, ou seja, menor do que o intervalo preconizado pela AASHTO ($0.06 < a_3 < 0.20$; $0.06 < a_2 < 0.20$; $0.20 < a_1 < 0.40$), indica que a camada possui Módulo de resiliência baixo. Isto se confirmou durante o estudo, conforme demonstrado nas planilhas apresentadas no anexo - planilhas. Concordando com o guia da AASHTO, uma vez conhecidos os coeficientes das camadas, não há necessidade de determinar os Módulos de resiliência.

De acordo com o descrito no capítulo 2 deste trabalho (item 2.4.3, b e c), quando o módulo de resiliência de uma camada granular, base ou sub-base, é baixo pode indicar que a camada tem pouca espessura ou que a mesma não tenha sido bem compactada. A tensão confinante pode ser baixa, seus grãos podem estar pouco ou nada intertravados ou a drenagem pode não estar funcionando como deveria.

Quando foi encontrado coeficiente de camada granular baixo e esta possuía pouca espessura, o número estrutural encontrado também foi baixo, demonstrando que a mesma não possuía um comportamento mecânico adequado e sua capacidade de suporte é baixa.

O mesmo ocorre com as camadas de revestimento, pois quando o M_r da camada de revestimento (CBUQ) é baixo, o número estrutural encontrado também é baixo, indicando que o comportamento mecânico da camada é inadequado.

b) Defeitos superficiais e capacidade estrutural

De acordo com a análise do capítulo 5, trechos Sem Defeitos Superficiais, com Poucos Defeitos Superficiais e com Muitos Defeitos Superficiais podem apresentar problemas estruturais em qualquer uma das camadas da estrutura do pavimento. A inexistência de defeitos superficiais não isenta o pavimento de ter problemas estruturais, da mesma forma, a existência de problemas estruturais não indica necessariamente, um pavimento com problemas funcionais.

Verificou-se que em 54% dos pavimentos estudados, sem defeitos superficiais, os problemas estruturais encontravam-se concentrados na base+sub-base ou somente na sub-base; em 45% dos pavimentos com poucos defeitos superficiais os problemas estruturais encontravam-se concentrados na base+sub-base ou somente na sub-base e quando os pavimentos possuíam muitos defeitos superficiais, 55% deles apresentaram problemas estruturais na base+sub-base ou somente na sub-base. Para qualquer tipo de superfície a maioria dos problemas estruturais ocorreu na sub-base.

Constatou-se também, camadas de revestimento com baixo suporte estrutural, quando o trecho apresentava muitos defeitos superficiais, indicando que a quantidade de defeitos superficiais é maior quando a camada de revestimento possui baixo suporte estrutural ou então a capacidade estrutural da camada de revestimento é influenciada diretamente pelos defeitos superficiais.

c) Defeitos superficiais, Número Estrutural e Raio de Curvatura.

Foi verificado que os valores de referência do Número Estrutural (valor igual a 3) e do Raio de Curvatura (valor igual a 100), que indicam a capacidade estrutural de um pavimento, podem ser influenciados pela quantidade de defeitos superficiais.

Em pavimentos sem defeitos superficiais e que não apresentaram problemas estruturais, o Número Estrutural encontrado era sempre maior que 3, mas quando os pavimentos apresentaram problemas estruturais o valor encontrado foi maior ou menor que 3. Esta análise demonstra que pavimentos sem nenhum defeito superficial e que apresentam valores de Número Estrutural menores que 3, podem apresentar baixa capacidade estrutural.

Em pavimentos sem defeitos superficiais e que não apresentaram problemas estruturais ou que apresentaram problemas somente na base, o valor do Raio de Curvatura encontrado sempre foi maior que 100, mas quando apresentaram problemas estruturais na sub-base ou na sub-base+base o valor passou a ser maior ou menor que 100. A análise indica que pavimentos sem nenhum defeito superficial e Raio de Curvatura com valores menores que 100, provavelmente vão apresentar baixa capacidade estrutural na base+sub-base ou somente na sub-base.

Em pavimentos com Poucos defeitos superficiais e que não apresentaram problemas estruturais ou que apresentaram problemas somente na base, o Número Estrutural encontrado sempre foi maior que 3, mas quando apresentaram problemas estruturais somente na sub-base ocorreram valores maiores ou menores que 3. Pavimentos com poucos defeitos superficiais e Número Estrutural com valores menores que 3, podem indicar pavimentos com baixa capacidade estrutural, pelo menos na sub-base.

Em pavimentos com poucos defeitos superficiais e que não apresentaram problemas estruturais ou que apresentaram problemas estruturais em qualquer uma das camadas o valor do Raio de Curvatura encontrado foi sempre maior que 100. Esta análise indica que o valor de referência do Raio de Curvatura igual a 100 não é um valor adequado, pois este, não informa se o pavimento com poucos defeitos superficiais possui ou não defeito estrutural.

Pavimentos com Muitos defeitos superficiais e que não apresentaram problemas estruturais ou que apresentaram problemas na base+sub-base ou no revestimento+sub-base, o valor do Número Estrutural encontrado foi maior ou menor que 3, mas quando apresentaram problemas estruturais somente na sub-base ou somente na base este valor sempre foi menor que 3. A análise indicou que para pavimentos com muitos defeitos superficiais, o valor de referência do Número

Estrutural igual a 3, não é um valor adequado, pois não informa se o pavimento possui ou não defeito estrutural.

Em pavimentos com muitos defeitos superficiais e que não apresentaram problemas estruturais ou que apresentaram problemas estruturais em qualquer camada, o valor do Raio de Curvatura encontrado era maior ou menor que 100. A análise indicou que o valor de referência do Raio de Curvatura igual a 100, não é um valor adequado, pois não identifica defeito estrutural em pavimentos com muitos defeitos superficiais.

Nos trechos estudados verificou-se que os valores de Número estrutural superiores a 3, não são indicativos seguros de que não existem problemas estruturais nos pavimentos. Da mesma forma, pavimentos que apresentam valores de Raio de Curvatura maiores do que 100 também podem apresentar problemas estruturais.

7.1.3 Correlações

De acordo com o capítulo 6 deste trabalho verificou-se que existe uma relação entre os valores de número estrutural (SN) e dos raios de curvatura (R_c) dos pavimentos permitindo a identificação de correlações entre os mesmos, demonstradas a seguir.

Pavimentos com revestimento de CBUQ e Base + Sub-base granular:

$$SN = \frac{1}{(0.03588 + \frac{51,909}{R_c})} \quad (7.1)$$

Coefficiente de correlação (R): 0,8521

Coefficiente de determinação (R^2): 0,7261

Pavimentos com revestimento de TSD e Base + Sub-base granular:

$$SN = \frac{1}{\sqrt[3]{(0,02768 + \frac{83401}{R_c^3})}} \quad (7.2)$$

Coefficiente de correlação (R): 0,9253

Coefficiente de determinação (R²): 0,8562

Estas correlações entre Raio de Curvatura e Número Estrutural facilitam o trabalho de engenheiros em projetos de restauração e previsão de desempenho para gerência de pavimentos.

Conforme descrito no capítulo 2 deste trabalho, o raio de curvatura pode ser calculado através da equação matemática da parábola de 2º grau, adotado pelo DNER, quando se têm as deflexões D₀ (máxima) e D₂₅ (a 25cm da aplicação de uma carga). Estas deflexões são facilmente obtidas por equipamentos que realizam ensaios não destrutíveis.

A utilização do equipamento FWD pode ser facilitada pois com apenas dois geofones (transdutores de velocidade), um para medir a deflexão máxima no ponto de aplicação da carga e o outro posicionado exatamente à 25cm do ponto de aplicação da carga (deflexão à 25cm do ponto de aplicação da carga) obtem-se com precisão o Raio de curvatura e, com as correlações acima descritas calcula-se facilmente o número estrutural aproximado para o ponto estudado. Esta facilidade torna o equipamento economicamente mais viável.

7.2 SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

Com base nos resultados desta pesquisa verificou-se que vários itens podem ser aprofundados a fim de complementá-la.

a) Efetuar estudos com os tipos de defeitos superficiais relacionados com a localização dos problemas estruturais nas camadas dos pavimentos.

b) Realizar uma pesquisa mais aprofundada para verificar qual o valor mínimo do número estrutural e do Raio de curvatura que indique com maior precisão quando um pavimento apresenta defeitos estruturais.

c) Verificar a influência do VDM relacionado aos valores de IRI e às condições da superfície.

d) verificar a influência da camada de subleito no número estrutural do pavimento.

e) Utilizando os módulos de resiliência retroanalizados do subleito encontrar valores para o SNC e verificar se existem correlações com o Raio de curvatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (1986), **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures**, American Association of State Highway and Transportation Officials – Washington – DC/USA – 410 pp.
- AASHTO (1993), **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures**, American Association of State Highway and Transportation Officials – Washington – DC/USA –chapter 2 – Design Requirements - pp. II-5 – II-67.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1982) – **Terminologia e Classificação de Pavimentação: NBR 7207**. Rio de Janeiro. 3 pp. Origem: TB-7/69.
- ALBERNAZ C., MOTTA L., MEDINA J., **Retroanálise: Uma útil Ferramenta na avaliação estrutural de pavimentos**. 29a. Reunião Anual de Pavimentação – Cuiabá - GO.
- ALBERNAZ, C. (1994), **Retroanálise do Módulo de Resiliência de Pavimentos Flexíveis e de Subleitos Para Fins de Anteprojeto, Análise Estrutural e Gerência de Pavimentos** - 28a Reunião Anual de Pavimentação – ABPv – B. Horizonte – MG – pp. 626 – 657.
- ALBERNAZ, C.A.V., CALDAS, J. E. F., OLIVEIRA, S. E.,(1996), **Avaliação Simplificada de Pavimentos através de Retroanálise** – 30a Reunião Anual de Pavimentação – ABPv - Salvador – Bahia - V.II – pp. 749 – 773.
- BONFIM, V., PITTA, D. M., SUZUKI, C. Y. (1996), **Análise de Sensibilidade dos Métodos de Dimensionamento de Reforços de Pavimentos Asfálticos considerando a Fresagem** - 30a Reunião Anual de Pavimentação – ABPv - Salvador – Bahia - V.II – pp. 583 – 607.
- DNER (1978)(a), **Avaliação Subjetiva das Condições de Superfície de Pavimentos** – DNER-PRO 07/78 - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Rio de Janeiro – RJ
- DNER (1978)(b), **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis ou Semi Rígidos** – DNER-PRO 08/78 – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Rio de Janeiro – RJ – 13 pp.
- DNER (1979), **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento A** – DNER-PRO 10/79 - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Rio de Janeiro – RJ – 30 pp.
- DNER (1979), **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento B** – DNER-PRO 11/79 - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Rio de Janeiro – RJ – 16 pp.
- DNER (1983), **Levantamento da Condição da Superfície de Segmentos-Testemunha de Rodovias de Pavimento Flexível ou Semi-Rígido para**

- Gerência de Pavimentos a Nível de Rede** – DNER-ES 128/83- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Rio de Janeiro – RJ – 11 pp.
- DNER (1985), **Calibração e controle de Sistemas Medidores de Irregularidade Tipo Resposta** – DNER-PRO 164/85 - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Rio de Janeiro – RJ – 19 pp.
- DNER (1985), **Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos** – DNER-PRO 159/85 - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Rio de Janeiro – RJ – 34 pp.
- DNER (1990), **Medição da Irregularidade de Superfície de Pavimentos com sistemas integradores IPR/USP e Maymaster** – DNER-PRO 182/90 – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Rio de Janeiro – RJ.
- DNER (1994), **Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis - TECNAPAV**– DNER-PRO 269/94 - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Brasília – DF 17 pp.
- DNER (1998), **Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos**, - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Rio de Janeiro – RJ – 243 pp.
- ELMOD 4, (1998), **Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design** – Training Course Manual - Dynatest International Consulting Inc. São Paulo – SP.
- FABRÍCIO J.M., FABRÍCIO O. F., GONÇALVES E. A. (1988), **Metodologia Não Destrutiva para Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis através da Interpretação das Bacias de Deformação**. 23^a. Reunião Anual de Pavimentação – Florianópolis – SC – 28 pp.
- FABRÍCIO J.M., VASCONCELOS J.F., SILVA M.D. (1995), **Estudo comparativo entre ICPF, IGG e QI** - 29^a. Reunião Anual de Pavimentação Cuiabá – GO.
- HUANG, Y. H. (1993), **Paviment Analysis and Design** – Capítulo 7, p. 316-370 – Capítulo 8 – pp. 406-478.
- INFER 3, (1999) **Estatística para Engenharia de Avaliações – Módulo de Estatística** – Manual de Operação - Área Sistemas de Informática - Belo Horizonte – MG – 180 pp.
- MARCON A. (1996)(a), **Tecnologias de Avaliação e Análise do Desempenho de Pavimentos** – Departamento de Estradas de Rodagem – Florianópolis – SC – 12 pp.
- MARCON A. (1998), **Processo e Estratégias de Avaliação de Rodovias** - Curso de HDM Volume II – AMODAL Serviço de Engenharia Ltda – Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem – Porto Alegre – RS – 40 pp.
- MARCON, A. F. (1996)(b), **Contribuição ao Desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina**. – ITA – São Paulo – SP- 384 pp.

- MEDINA J.(1997); **Mecânica dos Pavimentos** – Editora UFRJ – Rio de Janeiro – RJ – 380 pp.
- MEDINA, J.; PREUSSLER, E. S.(1980), “**Características Resilientes de Solos em Estudo de Pavimentos** - ”Solos e Rochas, pp.03-26.
- MONISMITH, C.L., ASCE F., FINN F.N., EPPS J.A., **Solutions For Pavement Rehabilitation Problems**. Atlanta, Georgia, May 19-21, 1986 - Proceedings of a Conference - Update of Asphalt Concrete Pavement Design and Rehabilitation, pp. 51-96.
- MOREIRA, M., R.P.(1977), **Um método de Avaliação de Pavimentos Flexíveis com base no Raio de Curvatura da Linha Elástica de Deflexões** – 13ª Reunião Anual de Pavimentação ABPv – Curitiba pp. 319-336.
- PAIVA, C.E.L., CAUSSIM, P.B. (2000), **Estudo de Avaliações das Condições Estruturais de Um Pavimento a Partir de Bacias de Deformação** – 32ª Reunião Anual de Pavimentação – ABPV – Brasília – DF.pp. 298-307
- PINTO S., PREUSSLER E. S.(1998), **Avaliação de Pavimentos Rodoviários** - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Brasília – DF- 40 pp.
- PINTO, S., **Estudo do Comportamento à Fadiga de Misturas Betuminosas e Aplicação na Avaliação Estrutural de Pavimentos**. Tese de D.Sc, COPPE/UFRJ, 1991.
- PREUSSLER, E. S.(1978), **Ensaio triaxiais dinâmicos de um solo Arenoso** - ”Dissertação de mestrado (UFRJ), Rio de Janeiro - RJ.
- QUEIRÓZ C. (1984), **Modelos de Previsão de Desempenho para a Gerência de Pavimentos no Brasil** – GEIPOT- Brasília – DF – 366 pp.
- RADA G.R., WITCZAK M.W., & RABINOW S.D., **Comparison Of Aashto Structural Evaluation Techniques Using Nondestructive Deflection Testing** - Transportation Research Record 1207.
- ROCHA FILHO, N.R. (1996), “**Estudo de Técnicas para avaliação Estrutural de Pavimentos por meio de Levantamentos deflectométricos**”. Tese de Mestrado, ITA – São Paulo – SP.
- RODRIGUES R. M. (1991), **Estudo do Trincamento dos Pavimentos** -Tese D.Sc COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro - RJ – 170 pp.
- RODRIGUES, M. R. (1997) “**Influência da Sucção no Módulo de Resiliência de Solos Típicos de subleito de Pavimentos do Rio Grande do sul**”. Dissertação de mestrado - UFRGS, Rio Grande do Sul.
- RODRIGUES, R. M. (2000),**Gerência de Pavimentos** - Parte II- 154 pp.

- SENÇO, W. (1997), **Manual de Técnicas de Pavimentação** – PINI, São Paulo – SP – 745 pp.
- SILVEIRA, J. (2000), **Metodologia para projetos de Pavimentos Flexíveis em vias Urbanas da Região Metropolitana de Porto Alegre** - Tese de Mestrado, UFRS – Porto Alegre – RS.
- ULLIDTZ, P. (1987), **Pavement Analysys - Developments in Civil Engineering**, 19 - Amsterdam: Elsevier – 318 pp.
- ULLIDTZ, P.(1998) **Modelling Flexible Paviment Response and Performance** - Technical University of Denmark – Narayana Press, Gylling pp. 120-123.
- WITCZAK, M.W. (1989), **Uses and Misuses of Pavement Deflection Data** – Conference Presentes at Second International Symposium on Pavement Evaluation and Overlay Design – Rio de Janeiro – RJ – 53 pp.
- YODER, E.J., WITCZAK, M.W. (1975, **Prnciples of Pavement Design** – John Wiley & Sons, Inc. – Second Edition – USA – 711 pp.

Quadro A1.1 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 201

km	BG+TSD		BG		T (°C)	BASE - BG			SUB-BASE - BG				D ₀ (mmx10 ⁻⁶)	Rc	IRI	ICPF		IES	
	h2 (mm)	h ₂ "	h3 (mm)	h ₃ "		E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₃	SN				LD	LE	LD	LE
	0,000	170	6,69	140		5,51	25	510	0,24	1,58	30	-0,02				-0,09	1,48	85,4	82
0,500	170	6,69	140	5,51	24	440	0,22	1,47	30	-0,02	-0,09	1,38	90,5	67	3,8	3,5	3,0	7	10
1,000	170	6,69	140	5,51	25	490	0,23	1,55	30	-0,02	-0,09	1,45	85,9	71	5,1	3,0	2,0	10	10
1,500	170	6,69	140	5,51	25	680	0,27	1,79	30	-0,02	-0,09	1,69	76,4	80	3,2	3,0	2,0	10	10
2,000	170	6,69	140	5,51	25	560	0,25	1,65	40	0,01	0,06	1,71	76,0	73	3,2	3,0	2,0	10	10
2,500	170	6,69	140	5,51	25	1580	0,36	2,40	30	-0,02	-0,09	2,31	60,4	119	3,1	3,0	2,0	10	10
3,000	170	6,69	140	5,51	25	520	0,24	1,59	40	0,01	0,06	1,66	74,4	83	4,5	3,5	2,5	10	10
3,500	170	6,69	140	5,51	25	500	0,23	1,56	40	0,01	0,06	1,63	78,2	78	2,8	3,5	2,5	10	10
4,000	170	6,69	140	5,51	25	400	0,21	1,40	60	0,05	0,29	1,69	67,0	76	2,1	3,5	2,5	10	10
4,500	170	6,69	140	5,51	24	460	0,22	1,50	30	-0,02	-0,09	1,41	84,8	70	3,7	3,5	2,5	10	10
5,000	170	6,69	140	5,51	25	750	0,28	1,86	50	0,03	0,19	2,05	55,0	116	2,9	3,5	3,0	10	10
5,500	170	6,69	140	5,51	25	400	0,21	1,40	30	-0,02	-0,09	1,31	85,2	69	3,5	3,5	3,0	10	10
6,000	170	6,69	140	5,51	24	400	0,21	1,40	30	-0,02	-0,09	1,31	99,3	58	4,2	3,5	3,0	4	10
6,500	170	6,69	140	5,51	25	340	0,19	1,28	50	0,03	0,19	1,47	82,3	63	3,7	3,5	3,0	4	10
7,000	170	6,69	140	5,51	24	330	0,19	1,26	50	0,03	0,19	1,45	83,5	61	4,4	3,5	2,5	4	10
7,500	170	6,69	140	5,51	26	680	0,27	1,79	40	0,01	0,06	1,85	66,2	97	3,7	3,5	2,5	4	10
8,000	170	6,69	140	5,51	24	530	0,24	1,61	30	-0,02	-0,09	1,51	94,9	79	3,0	3,5	3,0	10	10
8,500	170	6,69	140	5,51	26	590	0,25	1,68	50	0,03	0,19	1,87	67,0	89	3,1	3,5	3,0	10	10
9,000	170	6,69	140	5,51	26	440	0,22	1,47	40	0,01	0,06	1,53	73,7	77	2,6	3,5	2,5	10	10
9,500	170	6,69	140	5,51	26	650	0,26	1,75	70	0,07	0,37	2,13	56,0	102	3,4	3,5	2,5	10	10
10,000	170	6,69	140	5,51	26	500	0,23	1,56	40	0,01	0,06	1,63	74,0	84	3,0	3,5	3,0	4	10
10,500	170	6,69	140	5,51	26	540	0,24	1,62	50	0,03	0,19	1,81	66,0	91	3,2	3,5	3,0	4	7
11,000	170	6,69	140	5,51	22	690	0,27	1,80	30	-0,02	-0,09	1,70	72,2	91	2,1	3,5	2,5	7	7
11,500	170	6,69	140	5,51	26	860	0,29	1,96	40	0,01	0,06	2,02	61,1	118	5,5	3,5	2,5	7	10
12,000	170	6,69	140	5,51	26	660	0,26	1,77	50	0,03	0,19	1,95	61,7	110	4,2	3,5	3,5	10	10
12,500	170	6,69	140	5,51	26	650	0,26	1,75	50	0,03	0,19	1,94	63,2	100	3,4	3,5	3,5	10	3
13,000	170	6,69	140	5,51	26	710	0,27	1,82	70	0,07	0,37	2,19	57,1	111		1,0	1,0	10	3

VDM = 542

Quadro A1.2 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 202

km	CBUQ		BG		BG		T	T	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - BG				D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES			
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")			°C	°F	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20				SN ₃	SN	LE	LD	LD	LE
	20°C = 68°F		a ₁	20°C = 68°F		a ₂			20°C = 68°F		a ₃	20°C = 68°F		a ₃	20°C = 68°F		20°C = 68°F					20°C = 68°F		20°C = 68°F		20°C = 68°F	
0,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	19	66	6890	0,58	1,61	160	0,11	0,86	110	0,11	0,87	3,35	55,5	154	3,3	4,00	4,00	0	7		
1,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	13	55	4690	0,52	1,43	540	0,24	1,90	120	0,12	0,98	4,31	41,1	287	1,8	4,00	4,00	7	7		
2,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	18	64	6430	0,57	1,58	240	0,15	1,21	150	0,14	1,12	3,91	50,0	189	1,9	4,00	4,00	4	2		
3,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	17	63	6020	0,56	1,55	330	0,19	1,48	130	0,13	1,04	4,06	47,4	222	1,8	4,00	4,00	4	10		
4,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	15	59	5300	0,54	1,49	560	0,25	1,93	110	0,12	0,91	4,33	41,9	298	2,1	4,00	4,50	2	7		
5,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	15	59	5300	0,54	1,49	130	0,08	0,66	100	0,11	0,83	2,98	66,4	157	2,3	4,50	4,00	2	10		
6,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	19	66	6890	0,58	1,61	400	0,21	1,64	90	0,09	0,71	3,97	49,8	245	2,7	4,00	4,50	2	0		
7,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	16	61	5640	0,55	1,51	420	0,21	1,68	110	0,11	0,87	4,06	41,7	238	2,1	4,00	4,00	4	2		
8,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	15	59	5300	0,54	1,49	430	0,22	1,70	120	0,12	0,94	4,13	40,1	252	3,1	4,50	4,50	0	4		
9,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	21	70	7920	0,61	1,68	470	0,23	1,79	110	0,12	0,91	4,38	41,1	263	1,7	4,00	4,00	2	2		
10,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	19	66	6890	0,58	1,61	210	0,14	1,10	70	0,07	0,57	3,28	64,9	175	1,9	4,50	4,00	4	4		
11,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	15	59	5300	0,54	1,49	420	0,21	1,68	100	0,10	0,80	3,97	45,8	235	2,1	4,00	4,00	4	2		
12,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	15	59	5300	0,54	1,49	710	0,27	2,14	180	0,16	1,29	4,92	29,2	321	2,8	4,00	4,50	0	0		
13,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	15	59	5300	0,54	1,49	310	0,18	1,44	160	0,15	1,20	4,12	46,9	217	2,1	4,50	4,50	0	7		
14,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	20	68	7380	0,60	1,64	780	0,28	2,22	350	0,23	1,81	5,67	24,1	342	2,3	4,00	4,00	10	7		
15,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	22	72	8520	0,62	1,71	530	0,24	1,90	120	0,12	0,98	4,58	41,1	272	3,0	4,00	4,50	7	2		
16,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	22	72	8520	0,62	1,71	580	0,25	1,97	140	0,13	1,06	4,75	38,4	353	2,3	4,50	4,00	2	10		
17,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	23	73	9170	0,63	1,75	210	0,14	1,10	90	0,09	0,73	3,58	56,9	172	3,1	4,50	4,50	0	2		
18,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	24	75	9890	0,65	1,78	220	0,14	1,12	130	0,13	1,04	3,95	49,8	182	2,3	4,50	4,50	0	2		
19,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	24	75	9890	0,65	1,78	530	0,24	1,89	190	0,17	1,31	4,98	33,7	289	2,4	4,50	4,50	0	0		
20,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	23	73	9170	0,63	1,75	310	0,18	1,43	140	0,14	1,07	4,25	41,1	249	2,5						

VDM = 1065

Quadro A1.3 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 203

km	CBUQ		BG		BG		T	T	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - BG			D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")			E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃				SN	LD	LE	LD	LE
	20°C = 68°F		a ₁			(MPa)			a ₂			(MPa)	a ₃												
0,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	24	75	7510	0,60	1,65	490	0,23	1,82	67	0,06	0,50	3,97	48,9	198	2,4	4,0	4,0	10	10
1,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	19	66	3750	0,48	1,32	387	0,21	1,62	82	0,08	0,66	3,60	53,1	181	2,7	4,5	4,5	2	0
2,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	22	72	3790	0,48	1,32	481	0,23	1,81	62	0,06	0,44	3,57	59,9	161	1,9	3,0	4,5	10	0
3,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	25	77	10680	0,66	1,82	1067	0,32	2,49	98	0,10	0,80	5,11	27,7	351	2,0	4,5	4,5	0	0

VDM = 891

Quadro A1.4 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 204

km	REVESTIMENTO - CBUQ						BASE - BG			SUB-BASE - BG				D ₀ (mmx10 ⁻²)	Rc	IRI	ICPF		IES						
	CBUQ		BG		BG		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20				SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃	SN	LD	LE	LD	LE
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁		a ₂					a ₃								
0,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	24	75	9890	0,65	1,78	790	0,28	2,23	60	0,05	0,41	4,42	40,3	285	2,4	3,5	4,0	10	4
1,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	21	70	7920	0,61	1,68	410	0,21	1,67	30	-0,02	-0,14	3,21	52,2	188	3,7	4,0	4,5	2	2
2,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	26	79	11540	0,67	1,86	570	0,25	1,95	50	0,03	0,27	4,08	51,8	229	2,2	4,0	4,0	7	10
3,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	20	68	6030	0,56	1,55	110	0,07	0,55	40	0,01	0,09	2,18	91,5	118	2,8	3,5	4,0	7	10
4,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	25	77	10680	0,66	1,82	610	0,26	2,01	90	0,09	0,73	4,56	41,2	284	2,2	3,5	4,5	7	0
5,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	19	66	6890	0,58	1,61	640	0,26	2,05	40	0,01	0,09	3,75	37,8	236	1,8	3,5	4,5	7	2
6,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	26	79	11540	0,67	1,86	460	0,22	1,77	60	0,05	0,41	4,04	51,6	212	1,8	3,5	4,0	7	2
7,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	25	77	10680	0,66	1,82	610	0,26	2,01	80	0,08	0,64	4,47	44,9	262	1,9	4,5	4,5	4	2
8,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	20	68	7380	0,60	1,64	120	0,08	0,62	120	0,12	0,95	3,22	59,5	140	2,2	4,0	4,0	7	4
9,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	26	79	11540	0,67	1,86	430	0,22	1,71	90	0,09	0,73	4,30	47,7	230	2,3	4,0	3,5	10	10
10,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	25	77	10680	0,66	1,82	300	0,18	1,40	50	0,03	0,27	3,49	54,0	182	3,4	4,0	3,5	7	10
11,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	25	77	10680	0,66	1,82	320	0,19	1,46	70	0,07	0,53	3,81	55,6	192	2,5	4,5	4,0	0	2
12,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	25	77	10680	0,66	1,82	710	0,27	2,14	100	0,10	0,81	4,77	34,3	293	2,2	4,0	4,0	4	7
13,000	70	2,76	200	7,87	200	7,87	22	72	8520	0,62	1,71	550	0,24	1,92	60	0,05	0,41	4,04	42,1	250	3,3	4,0	4,0	10	10

VDM = 891

Quadro A1.5 - Módulos de resiliência retroanalisados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 206

km	CBUQ		BG		MS		T (°C)	T (°F)	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - BG				D ₀ (mmx10 ⁻²)	Rc	IRI	ICPF		IES	
	h1 (mm)	h1 (")	h2 (mm)	h2 (")	h3 (mm)	h3 (")			E1 (MPa) 20°C = 68°F	0.20<a ₁ <0.44 a ₁	SN ₁	E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₃	SN				LD	LE	LD	LE
	0,000	75	2,95	170	6,69	160			6,30	28	82	6900	0,58	1,73	130	0,09	0,58	230				0,19	1,17	3,48	44,8
1,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	28	82	4000	0,49	1,45	170	0,12	0,80	400	0,24	1,53	3,77	42,5	136	2,4	OBR	OBR	0	0
2,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	27	81	4860	0,52	1,55	160	0,11	0,72	190	0,17	1,05	3,32	47,1	142	2,5	OBR	OBR	1	0
3,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	28	82	7740	0,60	1,79	200	0,13	0,88	820	0,31	1,98	4,65	40,2	187	2,3	OBR	OBR	0	0
4,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	26	79	3300	0,46	1,35	130	0,09	0,58	80	0,08	0,52	2,45	56,8	126	1,9	OBR	OBR	0	0
5,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	26	79	2990	0,44	1,30	140	0,09	0,62	140	0,13	0,84	2,76	54,1	117	1,9	OBR	OBR	0	0
6,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	29	84	8700	0,62	1,85	220	0,14	0,97	660	0,29	1,84	4,65	36,5	196	2,4	OBR	OBR	0	0
7,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	28	82	2680	0,42	1,24	320	0,18	1,24	90	0,09	0,58	3,06	49,4	134	3,1	OBR	5,00	0	0
8,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	28	82	6230	0,57	1,67	190	0,13	0,87	200	0,17	1,09	3,64	48,2	162	1,9	4,00	4,00	0	0
9,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	29	84	6950	0,59	1,73	110	0,07	0,49	210	0,18	1,13	3,35	53,3	132	2,5	4,00	4,00	0	0
10,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	26	79	13740	0,70	2,08	150	0,10	0,70	210	0,18	1,11	3,89	36,2	251	2,4	3,50	4,00	0	1
11,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	26	79	2890	0,43	1,28	180	0,12	0,80	240	0,19	1,21	3,29	46,6	122	2,1	4,00	4,00	0	0
12,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	28	82	7620	0,60	1,78	150	0,10	0,69	210	0,17	1,10	3,57	47,0	165	2,3	4,00	4,00	0	0
13,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	28	82	10860	0,66	1,96	110	0,07	0,44	140	0,14	0,88	3,28	43,8	184	2,6	4,00	3,50	0	0
14,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	29	84	11760	0,68	2,00	200	0,14	0,91	370	0,23	1,47	4,38	35,3	210	1,9	4,00	4,00	0	0
15,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	28	82	7640	0,60	1,78	150	0,11	0,71	180	0,16	1,01	3,49	51,1	170		4,00	4,00	0	0
16,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	28	82	4610	0,51	1,52	170	0,12	0,79	120	0,12	0,75	3,06	48,7	133	3,1	3,50	4,00	0	0
17,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	26	79	5340	0,54	1,59	130	0,09	0,59	220	0,18	1,14	3,32	46,2	147	2,7	4,00	5,00	0	0
18,000	75	2,95	170	6,69	160	6,30	28	82	4180	0,50	1,47	160	0,11	0,73	110	0,11	0,71	2,91	52,2	117	2,1	4,00	4,00	0	0

VDM = 394

Quadro A1.6 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 207

km	TSD+BG		MS		T (°C)	T (°F)	BASE - BG			SUB-BASE - MS			D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES			
	h2 (mm)	h2 (")	h3 (mm)	h3 (")			E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₁	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₂				SN	LD	LE	LD	LE	
																					LD
0,000	195	7,68	160	6,30	29	84	1660	0,36	2,79	160	0,15	0,94	3,74	46,3	211			0	0		
1,000	195	7,68	160	6,30	28	82	1960	0,38	2,93	200	0,17	1,09	4,02	41,3	242			4,5	4,5	0	0
2,000	195	7,68	160	6,30	27	81	620	0,26	1,97	210	0,18	1,12	3,09	47,0	149	2,1		4,5	4,5	0	0
3,000	195	7,68	160	6,30	28	82	480	0,23	1,76	220	0,18	1,15	2,91	53,5	116	2,5		4,5	4,5	0	0
4,000	195	7,68	160	6,30	28	82	630	0,26	1,99	190	0,17	1,05	3,04	49,6	124	2,4		4,5	4,5	0	0
5,000	195	7,68	160	6,30	27	81	720	0,27	2,10	180	0,16	1,02	3,12	35,1	178	2,2		4,5	4,5	0	0
6,000	195	7,68	160	6,30	27	81	1020	0,31	2,39	210	0,18	1,12	3,50	48,9	145	2,4		4,5	4,5	0	0
7,000	195	7,68	160	6,30	27	81	590	0,25	1,93	450	0,25	1,60	3,53	43,5	144	2,6		4,5	4,5	0	0
8,000	195	7,68	160	6,30	28	82	620	0,26	1,97	280	0,21	1,30	3,27	49,8	117	2,1		4,0	4,5	0	0
9,000	195	7,68	160	6,30	27	81	700	0,27	2,07	400	0,24	1,52	3,60	40,7	172	2,9		4,5	4,5	0	0
10,000	195	7,68	160	6,30	26	79	880	0,30	2,27	300	0,21	1,34	3,61	41,6	177	3,4		4,5	4,5	0	0
11,000	195	7,68	160	6,30	26	79	630	0,26	1,99	270	0,20	1,27	3,26	49,8	129	2,3		4,5	4,5	0	0
12,000	195	7,68	160	6,30	25	77	1180	0,33	2,51	210	0,18	1,12	3,63	44,0	191	2,3		4,5	4,5	2	0
13,000	195	7,68	160	6,30	26	79	730	0,27	2,11	200	0,17	1,09	3,19	51,1	123	2,2		4,5	4,5	0	0
14,000	195	7,68	160	6,30	27	81	610	0,26	1,96	430	0,25	1,57	3,53	40,4	149	2,4		4,5	4,5	0	0
15,000	195	7,68	160	6,30	27	81	870	0,29	2,26	320	0,22	1,38	3,64	46,0	170	2,2		4,5	4,5	0	0
17,000	195	7,68	160	6,30	27	81	2070	0,39	2,98	160	0,15	0,94	3,92	38,7	238	1,6		4,5	4,5	0	0

VDM = 394

Quadro A1.7 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 208

km	CBUQ		BG		MS		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃	SN	D ₀	Rc	IRI	ICPF		IES			
	h1 (mm)	h1(")	h2 (mm)	h2(")	h3 (mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁		(MPa)	a ₂		(MPa)	a ₃			(mmx10 ⁻⁴)			LD	LE	LD	LE		
0,000	75	2,95	120	4,72	160	6,30	28	82	25820	0,81	2,40	70	0,02	0,10	350	0,23	1,44	3,94	37,0	257	1,3	5,0	5,0	0	0		
1,000	75	2,95	120	4,72	160	6,30	27	81	18810	0,76	2,24	90	0,05	0,22	500	0,26	1,66	4,13	36,2	255	1,4	4,0	4,0	2	2		
			TSD +BG		MS		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃	SN	D ₀	Rc	IRI	ICPF		IES			
			h2 (mm)	h2(")	h3 (mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁		(MPa)	a ₂		(MPa)	a ₃			(mmx10 ⁻⁴)			LD	LE	LD	LE		
2,000			195	7,68	160	6,30	26	79				1500	0,35	2,71	80	0,08	0,51	3,22	34,2	251	2,3	4,0	4,0	2	2		
3,000			195	7,68	160	6,30	26	79				1570	0,36	2,75	100	0,10	0,65	3,40	42,3	154	3,0	4,5	4,5	2	2		
4,000			195	7,68	160	6,30	26	79				810	0,29	2,20	80	0,08	0,51	2,71	35,4	211	2,6	4,5	4,5	2	2		
5,000			195	7,68	160	6,30	27	81				970	0,31	2,35	200	0,17	1,09	3,43	45,7	178	2,6	4,5	4,5	2	2		
6,000			195	7,68	160	6,30	26	79				790	0,28	2,18	100	0,10	0,65	2,82	50,8	155	2,5	4,5	4,5	2	2		
7,000			195	7,68	160	6,30	26	79				650	0,26	2,01	90	0,09	0,58	2,60	49,2	130	2,3	4,5	4,5	2	2		
8,000			195	7,68	160	6,30	26	79				520	0,24	1,83	80	0,08	0,51	2,34	49,0	122	2,3	4,5	4,5	0	0		
9,000			195	7,68	160	6,30	26	79				470	0,23	1,74	180	0,16	1,02	2,76	49,3	150	2,5	4,5	4,5	0	0		
10,000			195	7,68	160	6,30	26	79				620	0,26	1,97	110	0,11	0,71	2,68	48,5	142	2,3	4,5	4,5	0	0		
11,000			195	7,68	160	6,30	27	81				520	0,24	1,83	80	0,08	0,51	2,34	44,6	143	2,5	4,5	4,5	0	0		
12,000			195	7,68	160	6,30	26	79				720	0,27	2,10	130	0,13	0,81	2,91	51,0	129	3,1	5,0	5,0	0	0		
			CBUQ		BG		MS		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃	SN	D ₀	Rc	IRI	ICPF		IES	
			h1 (mm)	h1(")	h2 (mm)	h2(")	h3 (mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁		(MPa)	a ₂		(MPa)	a ₃			(mmx10 ⁻⁴)			LD	LE	LD	LE
13,000	75	2,95	120	4,72	160	6,30	26	79	12134	0,68	2,02	140	0,10	0,45	250	0,19	1,23	3,69	39,5	215	1,3	5,0	4,5	0	0		

VDM = 394

Quadro A1.8 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 210

km	REVESTIMENTO - CBUQ+PMF						BASE - BG						SUB-BASE - BG						D ₀				ICPF				IES	
	CBUQ+PMF		BG		BG		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃	SN	D ₀ (mmx10 ⁻²)	Rc	IRI	LD	LE	LD	LE	LD	LE	
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁			a ₂			a ₃												
0,000	60	2,36	175	6,89	170	6,69	23	73	71940	0,99	2,34	220	0,14	1,00	160	0,15	1,00	4,34	29,0	481	3,1	4,0	4,0	0	7			
0,500	60	2,36	175	6,89	170	6,69	23	73	8010	0,61	1,44	100	0,06	0,41	370	0,23	1,56	3,41	49,3	139	2,3	4,0	4,0	0	7			
1,000	60	2,36	175	6,89	170	6,69	23	73	8800	0,63	1,48	130	0,09	0,60	370	0,23	1,56	3,65	38,7	150	2,3	4,0	4,0	2	0			
1,500	60	2,36	175	6,89	170	6,69	22	72	9040	0,63	1,49	110	0,07	0,48	70	0,07	0,45	2,42	55,2	135		4,0	4,0	2	0			
2,000	60	2,36	175	6,89	170	6,69	23	73	17170	0,74	1,76	160	0,11	0,76	240	0,19	1,28	3,79	33,1	222	2,6	4,0	4,0	0	2			
2,500	60	2,36	175	6,89	170	6,69	22	72	15150	0,72	1,70	140	0,10	0,66	80	0,08	0,54	2,90	44,2	213	3,1	4,0	4,0	0	2			
3,000	60	2,36	175	6,89	170	6,69	23	73	6740	0,58	1,37	230	0,15	1,03	100	0,10	0,69	3,09	47,4	142		4,0	4,0	0	2			
3,500	60	2,36	175	6,89	170	6,69	23	73	14180	0,71	1,68	180	0,12	0,85	280	0,21	1,38	3,90	30,8	213	2,2	4,0	4,0	0	2			
4,000	60	2,36	175	6,89	170	6,69	23	73	9690	0,64	1,52	170	0,12	0,80	390	0,24	1,60	3,92	36,5	175	2,4	4,0	4,0	0	0			
4,500	60	2,36	175	6,89	170	6,69	23	73	17650	0,75	1,77	210	0,14	0,96	360	0,23	1,55	4,27	33,1	247	2,3	4,0	4,0	0	0			
5,000	60	2,36	175	6,89	170	6,69	23	73	13570	0,70	1,66	130	0,09	0,60	240	0,19	1,28	3,54	37,0	189	1,9	3,5	4,0	10	0			
5,500	60	2,36	175	6,89	170	6,69	24	75	13380	0,70	1,65	180	0,12	0,85	260	0,20	1,33	3,83	37,1	195	2,0	3,5	4,0	10	0			
6,000	60	2,36	175	6,89	170	6,69	24	75	11750	0,68	1,60	200	0,13	0,92	410	0,24	1,63	4,16	42,7	197	2,8	4,0	4,0	2	0			
6,500	60	2,36	175	6,89	170	6,69	24	75	19340	0,76	1,80	150	0,10	0,71	100	0,10	0,69	3,20	44,1	228	2,5	4,0	4,0	2	0			
7,000	60	2,36	175	6,89	170	6,69	24	75	4860	0,52	1,24	210	0,14	0,96	160	0,15	1,00	3,20	42,0	138	2,6	3,0	4,0	10	4			
7,500	60	2,36	175	6,89	170	6,69	24	75	41780	0,90	2,12	210	0,14	0,96	90	0,09	0,62	3,70	32,0	342	4,5	3,0	4,0	10	4			
8,000	60	2,36	175	6,89	170	6,69	24	75	31900	0,85	2,01	200	0,13	0,92	420	0,25	1,65	4,58	30,7	326	2,2	3,5	5,0	10	2			
8,500	60	2,36	175	6,89	170	6,69	23	73	7760	0,61	1,43	150	0,10	0,71	70	0,07	0,45	2,59	55,1	140		3,5	5,0	10	2			

VDM = 3223

Quadro A1.10a - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 211 km 14+000 ao km 23+870

km	CBUQ+PMF		BG		MH		T	T	E1 (MPa) 20°C = 68°F	0.20<a ₁ <0.44 a ₁	SN ₁	E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₃	SN	D ₀ (mmx10 ⁻⁴)	R _c	IRI	ICPF		IES	
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")																°C	°F	LD	LE
14,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	3600	0,47	2,14	80	0,03	0,27	160	0,15	0,56	2,97	42,7	222	2,8	2,0	2,5	10	10
14,200	115	4,53	200	7,87	95	3,74	19	66	900	0,23	1,05	110	0,07	0,55	120	0,12	0,45	2,04	59,0	109	3,3	2,5	2,5	10	10
14,400	115	4,53	200	7,87	95	3,74	19	66	710	0,19	0,86	50	-0,02	-0,13	10	-0,13	-0,47	0,26	124,0	66	2,8	2,5	2,5	10	10
14,600	115	4,53	200	7,87	95	3,74	19	66	4180	0,50	2,25	130	0,09	0,69	20	-0,06	-0,22	2,73	54,9	239	3,5	2,0	2,5	10	10
14,800	115	4,53	200	7,87	95	3,74	19	66	5380	0,54	2,45	110	0,07	0,55	180	0,16	0,61	3,60	34,4	313	2,8	2,0	2,5	10	10
15,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	19	66	1790	0,35	1,59	60	0,00	0,03	10	-0,13	-0,47	1,14	95,2	116	3,0	2,5	2,5	10	10
15,200	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	1370	0,30	1,38	60	0,00	0,03	40	0,01	0,04	1,45	70,3	129	4,5	2,5	2,5	10	10
15,400	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	5120	0,53	2,41	90	0,05	0,37	110	0,11	0,42	3,21	40,6	279	4,4	2,0	2,5	10	10
15,600	115	4,53	200	7,87	95	3,74	19	66	730	0,19	0,88	50	-0,02	-0,13	10	-0,13	-0,47	0,28	132,0	62	3,3	2,0	2,5	10	10
15,800	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	1570	0,33	1,48	60	0,00	0,03	40	0,01	0,04	1,55	72,8	147	2,5	2,0	2,5	10	10
16,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	2450	0,40	1,83	140	0,10	0,75	50	0,03	0,13	2,71	56,5	183	3,5	1,5	2,5	10	10
16,200	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	1560	0,33	1,48	50	-0,02	-0,13	10	-0,13	-0,47	0,87	98,5	92	3,6	2,0	2,5	10	10
16,400	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	11230	0,67	3,03	20	-0,12	-0,91	80	0,08	0,30	2,42	39,1	239	5,5	2,0	2,5	10	10
16,600	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	410	0,09	0,43	120	0,08	0,62	40	0,01	0,04	1,09	83,0	84	3,4	2,0	2,5	10	10
16,800	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	2730	0,42	1,92	120	0,08	0,62	30	-0,02	-0,06	2,47	51,0	182	3,4	2,5	2,5	10	10
17,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	14320	0,71	3,22	70	0,02	0,16	90	0,09	0,35	3,73	27,9	521	4,6	2,0	2,5	10	10
17,200	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	4670	0,52	2,34	80	0,03	0,27	70	0,07	0,25	2,87	47,3	226	4,4	2,0	2,5	10	10
17,400	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	1980	0,37	1,67	40	-0,04	-0,32	50	0,03	0,13	1,47	73,5	126	4,8	2,0	2,5	10	10
17,600	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	1390	0,31	1,39	70	0,02	0,16	20	-0,06	-0,22	1,33	63,6	132	5,0	2,0	2,5	10	10
17,800	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	2150	0,38	1,73	90	0,05	0,37	200	0,17	0,64	2,75	50,7	178	4,3	2,0	2,5	10	10
18,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	1430	0,31	1,41	170	0,12	0,92	180	0,16	0,61	2,93	44,6	152	4,0	2,0	2,0	10	10
18,200	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	930	0,24	1,07	70	0,02	0,16	70	0,07	0,25	1,48	73,5	103	4,9	2,0	2,0	10	10
18,400	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	750	0,20	0,90	120	0,08	0,62	90	0,09	0,35	1,87	59,4	106	4,3	2,0	2,0	10	10
18,600	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	1060	0,26	1,17	90	0,05	0,37	30	-0,02	-0,06	1,48	67,0	113	6,5	2,0	2,0	10	10
18,800	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	1140	0,27	1,23	110	0,07	0,55	20	-0,06	-0,22	1,56	73,9	107		2,0	2,0	10	10
19,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	3390	0,46	2,09	150	0,10	0,81	270	0,20	0,76	3,66	37,5	238	4,7	2,0	2,5	10	10
19,200	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	2990	0,44	1,99	50	-0,02	-0,13	40	0,01	0,04	1,90	56,3	200	3,7	2,0	2,5	10	10
19,400	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	2370	0,40	1,81	70	0,02	0,16	30	-0,02	-0,06	1,90	60,7	147	4,6	2,0	2,5	10	10
19,600	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	1780	0,35	1,58	60	0,00	0,03	40	0,01	0,04	1,65	65,5	138	7,4	2,0	2,5	10	10
19,800	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	1450	0,31	1,42	70	0,02	0,16	70	0,07	0,25	1,83	66,0	137	5,3	2,0	2,5	10	10
20,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	700	0,19	0,85	120	0,08	0,62	30	-0,02	-0,06	1,40	79,9	101	5,7	1,5	2,0	10	10
20,200	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	2450	0,40	1,83	150	0,10	0,81	190	0,17	0,63	3,27	49,0	194	4,5	1,5	2,0	10	10
20,400	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	1990	0,37	1,67	70	0,02	0,16	60	0,05	0,19	2,02	60,6	155	5,2	1,5	2,0	10	10
20,600	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	1730	0,34	1,56	120	0,08	0,62	70	0,07	0,25	2,43	59,3	158	7,1	1,5	2,0	10	10
20,800	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	180	-0,05	-0,22	140	0,10	0,75	30	-0,02	-0,06	0,47	98,2	59	6,1	1,5	2,0	10	10
21,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	530	0,14	0,63	130	0,09	0,69	200	0,17	0,64	1,96	62,7	88	5,1	2,0	2,0	10	10
21,200	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	3010	0,44	1,99	90	0,05	0,37	170	0,16	0,58	2,95	44,8	203	4,4	2,0	2,0	10	10
21,400	115	4,53	200	7,87	95	3,74	20	68	2570	0,41	1,87	80	0,03	0,27	80	0,08	0,30	2,45	52,1	196	3,9	2,0	2,0	10	10
21,600	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	3360	0,46	2,08	60	0,00	0,03	70	0,07	0,25	2,36	52,8	211	5,2	2,0	2,0	10	10
21,800	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	5570	0,55	2,48	80	0,03	0,27	150	0,14	0,54	3,29	38,0	319	3,6	2,0	2,0	10	10
22,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	4650	0,52	2,34	630	0,26	2,04	170	0,16	0,58	4,96	22,8	428	4,1	2,0	2,0	10	10
22,200	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	2520	0,41	1,85	40	-0,04	-0,32	60	0,05	0,19	1,73	58,1	151	3,1	2,0	2,0	10	10
22,400	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	1600	0,33	1,50	60	0,00	0,03	110	0,11	0,42	1,95	59,8	132	2,9	2,0	2,0	10	10
22,600	115	4,53	200	7,87	95	3,74	22	72	4050	0,49	2,23	90	0,05	0,37	150	0,14	0,54	3,14	45,6	239	6,5	2,0	2,0	10	10

Quadro A1.10b - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 211 km 14+000 ao km 23+870

km	CBUQ+PMF		BG		MH		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	E2	0.06<a ₂ <0.20	E3	0.06<a ₃ <0.20	D ₀		Rc	IRI	ICPF		IES				
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	°C	°F	20°C = 68°F	a ₁	SN ₁	(MPa)	a ₂	SN ₂	(MPa)	a ₃			SN ₃	SN	(mmx10 ⁻²)	LD	LE	LD	LE
22,800	115	4,53	200	7,87	95	3,74	22	72	2320	0,40	1,79	60	0,00	0,03	80	0,08	0,30	2,12	52,0	166	6,7	2,0	2,0	10	10
23,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	22	72	2830	0,43	1,95	50	-0,02	-0,13	80	0,08	0,30	2,12	48,9	218	5,6	2,0	2,5	10	10
23,200	115	4,53	200	7,87	95	3,74	22	72	2490	0,41	1,85	80	0,03	0,27	60	0,05	0,19	2,31	56,2	157	3,5	2,0	2,5	10	10
23,400	115	4,53	200	7,87	95	3,74	22	72	4260	0,50	2,27	190	0,13	1,01	220	0,18	0,68	3,96	34,7	278		2,0	2,5	10	10
23,600	115	4,53	200	7,87	95	3,74	22	72	3970	0,49	2,21	60	0,00	0,03	100	0,10	0,39	2,63	44,2	207	4,5	2,0	2,5	10	10
23,800	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	1740	0,35	1,56	70	0,02	0,16	40	0,01	0,04	1,77	78,3	148		1,5	2,5	10	10
24,000	115	4,53	200	7,87	95	3,74	21	70	3890	0,49	2,20	160	0,11	0,87	200	0,17	0,64	3,71	30,8	252					

VDM = 3223

Quadro A1.9a - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 211 do km 0+00 ao km 14+00

km	CBUQ+PMF		BG		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	SN	D ₀	Rc	IRI	ICPF		IES	
	h1 (mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁		(MPa)	a ₂			(mmx10 ⁻²)			LD	LE	LD	LE
0,000	140	5,51	200	7,87	21	70	540	0,14	0,78	60	0,00	0,00	0,78	80,7	86	2,3	2,0	3,0	10	7
0,200	140	5,51	200	7,87	21	70	4330	0,50	2,78	180	0,12	0,97	3,74	28,6	377	3,4	2,0	3,0	10	7
0,400	140	5,51	200	7,87	21	70	2480	0,41	2,24	110	0,07	0,55	2,79	35,5	223	3,5	2,0	3,0	10	7
0,600	140	5,51	200	7,87	21	70	980	0,25	1,35	70	0,02	0,16	1,51	61,8	123	2,7	2,0	3,0	10	7
0,800	140	5,51	200	7,87	21	70	830	0,22	1,19	120	0,08	0,62	1,82	59,4	122	0,0	2,0	3,0	10	7
1,000	140	5,51	200	7,87	21	70	3910	0,49	2,68	80	0,03	0,27	2,95	35,1	363	4,1	2,0	3,5	10	10
1,200	140	5,51	200	7,87	21	70	3090	0,45	2,45	70	0,02	0,16	2,61	40,4	256	3,0	2,5	3,5	10	10
1,400	140	5,51	200	7,87	21	70	8350	0,62	3,41	10	-0,19	-1,50	1,90	41,2	251	4,0	2,5	3,5	10	10
1,600	140	5,51	200	7,87	21	70	8600	0,62	3,43	10	-0,19	-1,50	1,93	41,7	239	4,1	2,5	3,5	10	10
1,800	140	5,51	200	7,87	21	70	2130	0,38	2,10	70	0,02	0,16	2,26	47,9	216	3,7	2,5	3,5	10	10
2,000	140	5,51	200	7,87	21	70	1450	0,31	1,73	50	-0,02	-0,13	1,60	65,5	172	3,3	2,5	3,5	10	10
2,200	140	5,51	200	7,87	21	70	2140	0,38	2,10	70	0,02	0,16	2,26	43,8	216	2,8	2,5	3,5	10	10
2,400	140	5,51	200	7,87	21	70	8750	0,63	3,45	10	-0,19	-1,50	1,95	40,2	231	2,7	2,5	3,5	10	10
2,600	140	5,51	200	7,87	21	70	940	0,24	1,31	50	-0,02	-0,13	1,19	68,7	124	2,9	2,5	3,5	10	10
2,800	140	5,51	200	7,87	20	68	960	0,24	1,33	50	-0,02	-0,13	1,21	64,0	131	2,3	2,5	3,5	10	10
3,000	140	5,51	200	7,87	21	70	2880	0,43	2,39	90	0,05	0,37	2,76	48,0	263	1,9	3,0	3,5	10	10
3,200	140	5,51	200	7,87	21	70	900	0,23	1,27	70	0,02	0,16	1,43	76,8	129	2,0	3,0	3,5	10	10
3,400	140	5,51	200	7,87	20	68	610	0,16	0,90	70	0,02	0,16	1,06	72,8	102	2,1	3,0	3,5	10	10
3,600	140	5,51	200	7,87	20	68	7840	0,61	3,34	10	-0,19	-1,50	1,84	41,1	225	1,8	3,0	3,5	10	10
3,800	140	5,51	200	7,87	21	70	710	0,19	1,05	50	-0,02	-0,13	0,92	73,9	109	4,0	3,0	3,5	10	10
4,000	140	5,51	200	7,87	21	70	850	0,22	1,22	20	-0,12	-0,91	0,31	97,6	93	6,8	2,5	3,5	10	10
4,200	140	5,51	200	7,87	21	70	1000	0,25	1,37	70	0,02	0,16	1,53	73,3	141	3,0	2,5	3,5	10	10
4,400	140	5,51	200	7,87	21	70	1550	0,33	1,79	140	0,10	0,75	2,54	47,1	189	2,9	2,5	3,5	10	10
4,600	140	5,51	200	7,87	21	70	1250	0,29	1,59	180	0,12	0,97	2,55	38,1	171	2,9	2,5	3,5	10	10
4,800	140	5,51	200	7,87	21	70	650	0,17	0,96	80	0,03	0,27	1,23	85,7	107	3,1	2,5	3,5	10	10
5,000	140	5,51	200	7,87	21	70	1430	0,31	1,72	90	0,05	0,37	2,09	59,4	175	2,1	2,5	3,5	2	4
5,200	140	5,51	200	7,87	21	70	500	0,13	0,71	70	0,02	0,16	0,87	82,5	87	2,4	2,5	3,5	2	4
5,400	140	5,51	200	7,87	21	70	10550	0,66	3,63	10	-0,19	-1,50	2,13	36,3	242	2,3	2,5	3,5	2	4
5,600	140	5,51	200	7,87	21	70	1760	0,35	1,91	70	0,02	0,16	2,07	48,7	187	2,5	2,5	3,5	2	4
5,800	140	5,51	200	7,87	21	70	1660	0,34	1,86	100	0,06	0,46	2,32	49,9	187	2,0	2,5	3,5	2	4
6,000	140	5,51	200	7,87	21	70	1030	0,25	1,40	80	0,03	0,27	1,68	76,7	145	2,2	4,0	4,0	4	7
6,200	140	5,51	200	7,87	21	70	2120	0,38	2,09	80	0,03	0,27	2,37	60,3	171	2,1	4,0	4,0	4	7
6,400	140	5,51	200	7,87	22	72	1130	0,27	1,49	60	0,00	0,03	1,52	71,0	138	2,0	4,0	4,0	4	7
6,600	140	5,51	200	7,87	21	70	1760	0,35	1,91	220	0,14	1,14	3,05	42,6	224	2,5	4,0	4,0	4	7
6,800	140	5,51	200	7,87	21	70	530	0,14	0,77	30	-0,07	-0,56	0,20	105,0	74	2,4	4,0	4,0	4	7

Quadro A1.9b - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 211 do km 0+00 ao km 14+000

km	CBUQ+PMF		BG		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	E2	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	SN	D ₀ (mmx10 ⁻²)	Rc	IRI	ICPF		IES		
	h1 (mm)	h1 (")	h2(mm)	h2 (")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁		SN ₁						(MPa)	a ₂	LD	LE	LD
7,000	140	5,51	200	7,87	21	70	630	0,44	2,43	60	0,11	0,87	3,29	63,3	102	2,9	4,0	4,0	2	0
7,200	140	5,51	200	7,87	21	70	500	0,13	0,71	70	0,02	0,16	0,87	79,4	87	2,2	4,0	4,0	2	0
7,400	140	5,51	200	7,87	21	70	490	0,13	0,69	30	-0,07	-0,56	0,13	99,2	66	1,9	4,0	4,0	2	0
7,600	140	5,51	200	7,87	21	70	850	0,22	1,22	80	0,03	0,27	1,49	65,2	119	2,6	4,0	4,0	2	0
7,800	140	5,51	200	7,87	22	72	520	0,14	0,75	60	0,00	0,03	0,77	83,0	89	2,3	4,0	4,0	2	0
8,000	140	5,51	200	7,87	21	70	1300	0,29	1,62	70	0,02	0,16	1,78	59,4	155	1,9	4,0	4,0	10	8
8,200	140	5,51	200	7,87	21	70	2520	0,41	2,26	230	0,15	1,18	3,43	38,9	273	2,1	4,0	4,0	10	8
8,400	140	5,51	200	7,87	21	70	450	0,11	0,61	80	0,03	0,27	0,88	103,0	67	2,3	4,0	4,0	10	8
8,600	140	5,51	200	7,87	22	72	2510	0,41	2,25	130	0,09	0,69	2,94	40,0	241	3,0	4,0	4,0	10	8
8,800	140	5,51	200	7,87	22	72	13380	0,70	3,86	10	-0,19	-1,50	2,35	27,3	305	3,9	4,0	4,0	10	8
9,000	140	5,51	200	7,87	21	70	1100	0,27	1,46	80	0,03	0,27	1,74	53,3	143	3,5	2,5	2,0	10	10
9,200	140	5,51	200	7,87	21	70	5270	0,54	2,96	10	-0,19	-1,50	1,46	48,6	182	3,6	2,5	2,0	10	10
9,400	140	5,51	200	7,87	22	72	600	0,16	0,88	40	-0,04	-0,32	0,57	87,7	96	4,4	2,5	2,0	10	10
9,600	140	5,51	200	7,87	21	70	1080	0,26	1,45	70	0,02	0,16	1,61	57,0	136	2,9	2,5	2,0	10	10
9,800	140	5,51	200	7,87	22	72	13050	0,70	3,83	10	-0,19	-1,50	2,33	39,7	331	3,1	2,5	2,0	10	10
10,000	140	5,51	200	7,87	22	72	3350	0,46	2,53	110	0,07	0,55	3,08	45,1	288	5,1	2,0	2,5	10	10
10,200	140	5,51	200	7,87	22	72	1250	0,29	1,59	100	0,06	0,46	2,05	57,2	153	6,0	2,0	2,5	10	10
10,400	140	5,51	200	7,87	22	72	7750	0,60	3,33	10	-0,19	-1,50	1,83	44,2	197	0,0	2,0	2,5	10	10
10,600	140	5,51	200	7,87	22	72	1140	0,27	1,50	50	-0,02	-0,13	1,37	61,3	138	3,7	2,0	2,5	10	10
10,800	140	5,51	200	7,87	21	70	1200	0,28	1,55	130	0,09	0,69	2,24	54,2	155	3,6	2,0	2,5	10	10
11,000	140	5,51	200	7,87	22	72	8190	0,61	3,39	10	-0,19	-1,50	1,88	39,9	200	3,4	2,5	2,0	10	10
11,200	140	5,51	200	7,87	22	72	730	0,19	1,07	50	-0,02	-0,13	0,94	74,8	109	4,6	2,5	2,0	10	10
11,400	140	5,51	200	7,87	22	72	1020	0,25	1,39	50	-0,02	-0,13	1,26	108,0	97	4,5	2,5	2,0	10	10
11,600	140	5,51	200	7,87	22	72	2900	0,43	2,39	90	0,05	0,37	2,77	43,1	257	3,1	2,5	2,0	10	10
11,800	140	5,51	200	7,87	22	72	9900	0,65	3,57	10	-0,19	-1,50	2,06	41,0	279	2,9	2,5	2,0	10	10
12,000	140	5,51	200	7,87	22	72	10830	0,66	3,65	10	-0,19	-1,50	2,15	40,2	284	4,9	2,5	2,5	10	10
12,200	140	5,51	200	7,87	22	72	4930	0,53	2,90	150	0,10	0,81	3,71	31,8	374	5,9	2,5	2,5	10	10
12,400	140	5,51	200	7,87	22	72	1220	0,28	1,56	70	0,02	0,16	1,72	69,3	139	5,2	2,5	2,5	10	10
12,600	140	5,51	200	7,87	22	72	9940	0,65	3,57	10	-0,19	-1,50	2,07	38,1	221	4,7	2,5	2,5	10	10
12,800	140	5,51	200	7,87	22	72	11280	0,67	3,69	10	-0,19	-1,50	2,19	38,1	298	4,2	2,5	2,5	10	10
13,000	140	5,51	200	7,87	20	68	1780	0,35	1,93	120	0,08	0,62	2,55	53,1	231	4,1	2,5	2,0	10	10
13,200	140	5,51	200	7,87	19	66	800	0,21	1,16	110	0,07	0,55	1,71	83,2	105	5,8	2,5	2,0	10	10
13,400	140	5,51	200	7,87	19	66	400	0,09	0,50	90	0,05	0,37	0,87	116,0	62	9,1	2,5	2,0	10	10
13,600	140	5,51	200	7,87	19	66	5260	0,54	2,96	20	-0,12	-0,91	2,05	48,7	212	7,3	2,5	2,0	10	10
13,800	140	5,51	200	7,87	19	66	500	0,13	0,71	50	-0,02	-0,13	0,58	96,2	93	3,1	2,5	2,0	10	10
14,000	140	5,51	200	7,87	20	68	6680	0,58	3,19	20	-0,12	-0,91	2,28	42,7	222	2,8	2,0	2,5	10	10

VDM = 3223

Quadro A1.11 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 212

km	REVESTIMENTO - CBUQ						BASE - BG						SUB-BASE - BG						ICPF				IES		
	CBUQ		BG		BG		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃	SN	D ₀	Rc	IRI	LD	LE	LD	LE
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁		(MPa)	a ₂		(MPa)	a ₃			(mmx10 ⁻⁴)			LD	LE		
0,000	50	1,97	175	6,89	100	3,94	29	84	14720	0,72	1,41	330	0,19	1,30	220	0,18	0,72	3,43	47,8	166	3,7	2,0	2,0	10	10
0,200	50	1,97	175	6,89	100	3,94	26	79	11540	0,67	1,33	140	0,10	0,66	40	0,01	0,05	2,03	60,1	109	3,6	2,0	2,0	10	10
0,400	50	1,97	175	6,89	100	3,94	26	79	3000	0,44	0,87	160	0,11	0,76	20	-0,06	-0,23	1,40	93,3	81	2,8	2,0	2,0	10	10
0,600	50	1,97	175	6,89	100	3,94	28	82	9570	0,64	1,26	220	0,14	1,00	40	0,01	0,05	2,30	59,4	107	3,4	2,0	2,0	10	10
0,800	50	1,97	175	6,89	100	3,94	29	84	14720	0,72	1,41	230	0,15	1,03	40	0,01	0,05	2,48	52,5	125	4,3	2,0	2,0	10	10
1,000	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	12500	0,69	1,35	180	0,12	0,85	40	0,01	0,05	2,25	56,4	115	2,8	2,0	2,0	10	10
1,200	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	12500	0,69	1,35	220	0,14	1,00	40	0,01	0,05	2,40	55,3	126	3,1	2,0	2,0	10	10
1,400	50	1,97	175	6,89	100	3,94	29	84	14720	0,72	1,41	1200	0,33	2,27	210	0,18	0,70	4,37	34,5	313	3,2	2,0	2,0	10	10
1,600	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	830	0,22	0,43	240	0,15	1,06	30	-0,02	-0,07	1,42	91,6	87	2,5	2,0	2,0	10	10
1,800	50	1,97	175	6,89	100	3,94	28	82	13550	0,70	1,38	480	0,23	1,58	110	0,11	0,44	3,40	39,2	225	2,8	2,0	2,0	10	10
2,000	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	920	0,23	0,46	170	0,12	0,80	60	0,05	0,20	1,47	68,2	75	3,4	1,5	2,0	10	10
2,200	50	1,97	175	6,89	100	3,94	24	75	300	0,04	0,08	150	0,10	0,71	40	0,01	0,05	0,83	89,5	57	3,8	1,5	2,0	10	10
2,400	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	12500	0,69	1,35	150	0,10	0,71	150	0,14	0,57	2,63	41,8	133	4,7	1,5	2,0	10	10
2,600	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	1500	0,32	0,63	180	0,12	0,85	40	0,01	0,05	1,52	78,4	66	4,0	1,5	2,0	10	10
2,800	50	1,97	175	6,89	100	3,94	26	79	10760	0,66	1,30	120	0,08	0,54	20	-0,06	-0,23	1,62	77,0	116	3,8	1,5	2,0	10	10
3,000	50	1,97	175	6,89	100	3,94	26	79	610	0,16	0,32	130	0,09	0,60	100	0,10	0,41	1,33	82,0	64	4,8	2,0	2,0	10	10
3,200	50	1,97	175	6,89	100	3,94	25	77	4980	0,53	1,04	100	0,06	0,41	60	0,05	0,20	1,65	77,7	83	5,4	2,0	2,0	10	10
3,400	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	2270	0,39	0,77	190	0,13	0,89	30	-0,02	-0,07	1,59	60,7	134	6,6	2,0	2,0	10	10
3,600	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	12500	0,69	1,35	860	0,29	2,02	200	0,17	0,68	4,05	69,9	102	6,8	2,0	2,0	10	10
3,800	50	1,97	175	6,89	100	3,94	26	79	56590	0,95	1,87	220	0,14	1,00	260	0,20	0,78	3,65	36,2	278	5,2	2,0	2,0	10	10
4,000	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	12500	0,69	1,35	470	0,23	1,56	70	0,07	0,27	3,18	43,8	222	5,8	2,0	2,5	10	10
4,200	50	1,97	175	6,89	100	3,94	26	79	2320	0,40	0,78	240	0,15	1,06	20	-0,06	-0,23	1,61	61,5	117	3,0	2,0	2,5	10	10
4,400	50	1,97	175	6,89	100	3,94	26	79	11540	0,67	1,33	450	0,22	1,53	220	0,18	0,72	3,57	43,4	200	2,4	2,0	2,5	10	10
4,600	50	1,97	175	6,89	100	3,94	26	79	2080	0,38	0,74	200	0,13	0,92	40	0,01	0,05	1,71	69,0	104	4,4	2,0	2,5	10	10
4,800	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	12500	0,69	1,35	230	0,15	1,03	110	0,11	0,44	2,83	46,5	162	4,5	2,0	2,5	10	10
5,000	50	1,97	175	6,89	100	3,94	26	79	11540	0,67	1,33	860	0,29	2,02	180	0,16	0,64	3,98	38,0	262		2,0	3,0	10	10
5,200	50	1,97	175	6,89	100	3,94	26	79	11540	0,67	1,33	600	0,25	1,75	170	0,16	0,61	3,69	42,2	206	3,2	2,0	3,0	10	10
5,400	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	12500	0,69	1,35	960	0,30	2,10	270	0,20	0,80	4,25	36,4	257	3,1	2,0	3,0	10	10
5,600	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	12500	0,69	1,35	1150	0,32	2,23	210	0,18	0,70	4,28	37,8	298		2,0	3,0	10	10
5,800	50	1,97	175	6,89	100	3,94	27	81	12410	0,69	1,35	330	0,19	1,30	170	0,16	0,61	3,27	51,2	160		2,0	3,0	10	10

VDM = 3223

Quadro A1.12 - Módulos de resiliência retroanalisados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 213

km	REVESTIMENTO - CBUQ						BASE - BG						SUB-BASE - MS												
	CBUQ		BG		MH		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44		E2	0.06<a ₂ <0.20		E3	0.06<a ₃ <0.20			D ₀	Rc	IRI	ICPF		IES	
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C=68°F	a ₁	SN ₁	(MPa)	a ₂	SN ₂	(MPa)	a ₃	SN ₃	SN	(mmx10 ⁻²)			LD	LE	LD	LE
0,000	90	3,54	175	6,89	375	14,76	29	84	56410	0,95	3,37	80	0,03	0,24	240	0,19	2,81	6,42	24,6	553	5,4	4,0	4,0	4	7
1,000	90	3,54	175	6,89	375	14,76	31	88	64710	0,97	3,45	40	-0,04	-0,28	170	0,16	2,30	5,47	35,4	481	1,9	4,5	4,5	0	0
2,000	90	3,54	175	6,89	375	14,76	26	79	17180	0,74	2,63	90	0,05	0,33	230	0,19	2,75	5,71	33,2	298	1,6	4,5	4,5	0	0
3,000	90	3,54	175	6,89	375	14,76	25	77	11720	0,68	2,40	70	0,02	0,14	270	0,20	2,99	5,52	43,1	233	1,6	4,5	4,5	0	0
4,000	90	3,54	175	6,89	375	14,76	27	81	49570	0,93	3,29	100	0,06	0,41	280	0,21	3,04	6,73	23,2	584	1,7	4,5	4,5	0	0
5,000	90	3,54	175	6,89	375	14,76	26	79	12930	0,69	2,46	120	0,08	0,54	260	0,20	2,93	5,93	33,2	264	1,4	4,5	4,5	0	0
6,000	90	3,54	175	6,89	375	14,76	30	86	22750	0,79	2,81	50	-0,02	-0,11	160	0,15	2,21	4,91	43,9	271	1,4	4,5	4,5	0	0

Quadro A1.13 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 214

km	REVESTIMENTO = CBUQ						BASE - BG						SUB-BASE - BGA												
	CBUQ		BG		BGA		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44		E2	0.06<a ₂ <0.20		E3	0.06<a ₃ <0.20		D ₀	R _c	IRI	ICPF		IES		
	h1 (mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C=68°F	a ₁	SN ₁	(MPa)	a ₂	SN ₂	(MPa)	a ₃	SN ₃	SN	(mmx10 ⁻²)		LD	LE	LD	LE	
0,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	34	93	40500	0,89	3,16	310	0,18	1,43	80	0,08	1,11	5,71	33,6	393	1,8	4,5	4,5	0	0
1,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	32	90	4210	0,50	1,77	220	0,14	1,14	120	0,12	1,67	4,58	51,5	160	1,6	4,5	4,5	0	0
2,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	26	79	11070	0,67	2,36	180	0,12	0,97	130	0,13	1,78	5,11	36,4	256		4,5	4,5	0	0
3,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	31	88	5060	0,53	1,88	210	0,14	1,10	120	0,12	1,67	4,65	44,9	167		4,5	4,5	0	0
4,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	34	93	15720	0,73	2,58	180	0,12	0,97	150	0,14	1,98	5,52	38,0	222	2,0	4,5	4,5	0	0
5,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	23	73	14170	0,71	2,51	200	0,13	1,06	70	0,07	0,93	4,50	34,8	342	1,8	5,0	4,5	0	0
6,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	26	79	4930	0,53	1,86	230	0,15	1,18	140	0,14	1,88	4,92	40,5	197	1,9	4,5	4,5	0	0
7,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	34	93	10670	0,66	2,34	190	0,13	1,01	120	0,12	1,67	5,02	44,9	178	2,0	4,5	4,5	0	0
8,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	33	91	16760	0,74	2,62	260	0,16	1,28	110	0,11	1,55	5,45	38,5	250	2,0	4,5	4,5	0	0
9,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	30	86	21330	0,78	2,77	240	0,15	1,21	110	0,11	1,55	5,53	34,2	331	1,7	4,5	4,5	0	0
10,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	33	91	53510	0,94	3,33	320	0,19	1,46	160	0,15	2,07	6,86	22,8	521	1,7	4,5	4,5	0	0
11,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	33	91	12200	0,68	2,42	290	0,17	1,37	70	0,07	0,93	4,73	40,2	242	1,4	4,5	4,5	0	0
12,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	25	77	47530	0,92	3,26	330	0,19	1,49	130	0,13	1,78	6,53	21,6	710	1,6	4,5	5,0	0	0
13,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	33	91	61140	0,96	3,41	320	0,19	1,46	120	0,12	1,67	6,54	27,3	573	1,3	4,5	5,0	0	0
14,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	33	91	19130	0,76	2,70	230	0,15	1,18	140	0,14	1,88	5,76	33,3	256	1,5	4,5	4,5	0	0
15,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	31	88	12770	0,69	2,45	290	0,17	1,37	80	0,08	1,11	4,94	37,9	230	1,3	4,0	4,5	2	0
16,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	25	77	37500	0,88	3,11	260	0,16	1,28	90	0,09	1,27	5,67	24,9	665	2,8	4,0	4,5	4	0
17,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	32	90	22650	0,79	2,80	350	0,19	1,54	110	0,11	1,55	5,89	30,7	370	1,6	4,5	4,5	0	0
18,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	32	90	33530	0,86	3,04	220	0,14	1,14	50	0,03	0,47	4,65	36,9	388	1,6	5,0	4,5	0	0
19,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	32	90	20840	0,78	2,75	640	0,26	2,05	80	0,08	1,11	5,92	32,5	370	1,5	4,5	4,5	0	0
20,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	31	88	31940	0,85	3,01	230	0,15	1,18	70	0,07	0,93	5,12	33,3	355	1,5	4,5	4,5	0	0
21,000	90	3,54	200	7,87	350	13,78	30	86	16950	0,74	2,62	280	0,17	1,34	150	0,14	1,98	5,95	34,9	298	1,4	4,5	4,5	0	0

VDM = 1545

Quadro A1.14 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 216

km	CBUQ		BG+TSD		BG		T (°C)	T (°F)	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - BG			D ₀ (mmx10 ⁻²)	Rc	IRI	ICPF		IES		
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")			E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E2 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃				SN	LD	LE	LD	LE
	20°C=68°F		a ₁		SN ₁				a ₂		SN ₂		a ₃		SN ₃		SN								
0,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	33	91	58540	0,96	3,76	340	0,19	1,70	90	0,09	0,73	6,19	20,3	679	2,3	4,0	4,5	7	0
1,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	22	72	2570	0,41	1,63	160	0,11	0,97	50	0,03	0,27	2,87	46,6	188	1,6	4,0	4,5	2	0
2,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	26	79	4080	0,49	1,94	130	0,09	0,77	70	0,07	0,53	3,25	46,9	216	2,3	4,0	4,0	2	2
3,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	22	72	880	0,23	0,89	140	0,10	0,85	30	-0,02	-0,14	1,60	70,2	118	1,7	4,5	4,0	0	4
4,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	36	97	36640	0,87	3,44	140	0,10	0,85	70	0,07	0,53	4,82	34,0	408	1,5	4,0	4,5	0	0
5,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	30	86	6880	0,58	2,30	190	0,13	1,14	60	0,05	0,41	3,85	41,7	246	1,3	4,5	4,5	0	0
6,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	25	77	830	0,22	0,85	150	0,10	0,91	30	-0,02	-0,14	1,63	81,2	109	1,7	4,5	4,0	0	2
7,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	23	73	6600	0,58	2,27	190	0,13	1,14	80	0,08	0,64	4,05	36,1	300	1,5	4,5	4,0	0	0
8,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	31	88	6080	0,56	2,22	170	0,12	1,03	60	0,05	0,41	3,66	42,0	200	1,6	5,0	4,5	0	0
9,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	29	84	6460	0,57	2,26	190	0,13	1,14	70	0,07	0,53	3,93	40,5	219	1,8	4,0	4,0	0	2
10,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	28	82	7860	0,61	2,39	140	0,10	0,85	60	0,05	0,41	3,65	37,4	234	2,5	4,0	4,0	2	2
11,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	33	91	5660	0,55	2,17	160	0,11	0,97	90	0,09	0,73	3,87	44,3	176	2,5	4,0	4,0	2	2
12,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	33	91	15440	0,72	2,85	130	0,09	0,77	30	-0,02	-0,14	3,49	47,9	231	2,6	4,0	4,5	7	0
13,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	29	84	3860	0,48	1,90	180	0,12	1,09	30	-0,02	-0,14	2,86	51,1	187	2,0	4,0	4,0	4	7
14,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	33	91	6380	0,57	2,25	180	0,12	1,09	130	0,13	1,02	4,35	45,6	203	2,6	4,5	4,5	0	0
15,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	25	77	4720	0,52	2,04	170	0,12	1,03	60	0,05	0,41	3,48	44,0	228	1,5	4,5	4,0	4	4
16,000	100	3,94	225	8,86	200	7,87	31	88	7760	0,61	2,38	150	0,10	0,91	70	0,07	0,53	3,83	45,6	268	2,8	4,5	4,5	0	0

VDM = 1303

Quadro A1.15 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 217

Km	CBUQ		BG		BG		T	T	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - BG			D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	h1 (mm)	h1 (")	h2(mm)	h2 (")	h3(mm)	h3 (")			E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃				SN	LD	LE	LD	LE
									20°C=68°F	a ₁		(MPa)	a ₂		(MPa)	a ₃									
0,002	80	3,15	185	7,28	160	6,30	33	91	10070	0,65	2,05	60	0,00	0,03	230	0,19	1,17	3,25	63,7	109	1,8	4,0	4,0	4	2
1,000	80	3,15	185	7,28	160	6,30	25	77	4880	0,52	1,65	80	0,03	0,25	220	0,18	1,15	3,05	54,5	121	1,8	4,5	4,5	0	0
2,000	80	3,15	185	7,28	160	6,30	33	91	11960	0,68	2,14	90	0,05	0,35	180	0,16	1,02	3,51	50,6	146	2,2	4,5	4,5	0	0
3,000	80	3,15	185	7,28	160	6,30	35	95	17680	0,75	2,36	180	0,12	0,89	190	0,17	1,05	4,30	39,9	188	1,8	4,0	4,5	0	0
4,000	80	3,15	185	7,28	160	6,30	33	91	13780	0,70	2,22	120	0,08	0,57	130	0,13	0,81	3,61	60,5	153	2,2	4,5	4,5	0	0
5,000	80	3,15	185	7,28	160	6,30	33	91	10640	0,66	2,08	90	0,05	0,35	250	0,19	1,23	3,65	57,8	129	1,8	3,5	3,0	10	1
6,000	80	3,15	185	7,28	160	6,30	34	93	36840	0,88	2,76	190	0,13	0,94	190	0,17	1,05	4,75	38,9	269	3,6	3,5	2,5	3	8
7,000	80	3,15	185	7,28	160	6,30	34	93	20630	0,77	2,44	90	0,05	0,35	260	0,20	1,25	4,04	42,0	184	3,0	3,0	3,0	7	4
8,000	80	3,15	185	7,28	160	6,30	33	91	18140	0,75	2,37	150	0,10	0,75	310	0,22	1,36	4,48	37,7	210					

VDM = 1303

Quadro A1.16 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 218

km	TSD+BG		T (°C)	REVEST.-TSD + BASE-BG				D ₀ (mmx10 ⁻³)	R _c	IRI	ICPF		IES	
	h1 (mm)	h1 (")		E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	SN				LD	LE	LD	LE
	0,000	225		8,86	22	470	0,23				2,01	2,01	49,5	121
0,200	225	8,86	24	1130	0,32	2,85	2,85	37,3	170		4,0	3,0	2	10
0,400	225	8,86	23	840	0,29	2,57	2,57	50,0	124		4,0	3,0	2	10
0,600	225	8,86	23	640	0,26	2,31	2,31	40,8	164		4,0	3,0	2	10
0,800	225	8,86	23	620	0,26	2,28	2,28	64,9	100		4,0	3,0	2	10
1,000	225	8,86	22	530	0,24	2,13	2,13	62,4	90	4,7	3,5	2,5	3	10
1,200	225	8,86	23	1030	0,31	2,77	2,77	41,2	163	3,7	3,5	2,5	3	10
1,400	225	8,86	22	790	0,28	2,51	2,51	52,6	122	3,4	3,5	2,5	3	10
1,600	225	8,86	22	460	0,22	1,99	1,99	57,3	114	3,4	3,5	2,5	3	10
1,800	225	8,86	22	800	0,28	2,52	2,52	53,8	106	4,0	3,5	2,5	3	10
2,000	225	8,86	22	700	0,27	2,39	2,39	36,8	185	3,3	3,0	2,5	10	10
2,200	225	8,86	21	360	0,20	1,75	1,75	56,6	92	3,5	3,0	2,5	10	10
2,400	225	8,86	22	1070	0,32	2,80	2,80	40,3	180	2,9	3,0	2,5	10	10
2,600	225	8,86	22	600	0,25	2,25	2,25	41,7	148	5,0	3,0	2,5	10	10
2,800	225	8,86	22	890	0,30	2,62	2,62	46,2	130	3,7	3,0	2,5	10	10
3,000	225	8,86	22	830	0,29	2,56	2,56	49,9	133	2,6	2,5	2,0	10	10
3,200	225	8,86	22	880	0,30	2,61	2,61	48,7	144		2,5	2,0	10	10
3,400	225	8,86	21	1170	0,33	2,89	2,89	47,6	168		2,5	2,0	10	10
3,600	225	8,86	22	1890	0,38	3,35	3,35	30,6	282	2,9	2,5	2,0	10	10
3,800	225	8,86	21	1840	0,38	3,32	3,32	25,0	317	4,6	2,5	2,0	10	10
4,000	225	8,86	21	520	0,24	2,11	2,11	52,3	110	7,8	2,5	2,0	10	10
4,200	225	8,86	22	1160	0,33	2,88	2,88	40,1	168	9,9	2,5	2,0	10	10
4,400	225	8,86	22	680	0,27	2,37	2,37	56,8	106	4,5	2,5	2,0	10	10
4,600	225	8,86	22	770	0,28	2,49	2,49	52,6	132	4,8	2,5	2,0	10	10
4,800	225	8,86	21	840	0,29	2,57	2,57	53,6	114	4,8	2,5	2,0	10	10
5,000	225	8,86	22	1000	0,31	2,74	2,74	41,4	168	3,1	2,5	3,0	10	7
5,200	225	8,86	22	610	0,26	2,26	2,26	50,3	117	3,0	2,5	3,0	10	10
5,400	225	8,86	22	360	0,20	1,75	1,75	81,4	83	4,5	2,5	3,0	10	10
5,600	225	8,86	22	370	0,20	1,78	1,78	58,5	99	4,0	2,5	3,0	10	10
5,800	225	8,86	22	500	0,23	2,07	2,07	76,4	80	5,2	2,5	3,0	10	10
6,000	225	8,86	23	960	0,30	2,70	2,70	54,0	125	5,9	3,0	3,0	10	10
6,200	225	8,86	21	480	0,23	2,03	2,03	58,4	109	5,4	3,0	3,0	10	10
6,400	225	8,86	23	650	0,26	2,32	2,32	66,2	114	4,4	3,0	3,0	10	10
6,600	225	8,86	23	470	0,23	2,01	2,01	52,6	122	3,5	3,0	3,0	10	10
6,800	225	8,86	22	980	0,31	2,72	2,72	43,8	170	4,6	3,0	3,0	10	10
7,000	225	8,86	21	690	0,27	2,38	2,38	40,7	153	3,6	2,5	2,5	10	10
7,200	225	8,86	22	730	0,27	2,43	2,43	58,6	125	2,7	2,5	2,5	10	10
7,400	225	8,86	23	650	0,26	2,32	2,32	70,2	115	3,0	2,5	2,5	10	10
7,600	225	8,86	22	940	0,30	2,68	2,68	46,1	157	3,5	2,5	2,5	10	10
7,800	225	8,86	23	380	0,20	1,81	1,81	120,0	84	3,4	2,5	2,5	10	10
8,000	225	8,86	22	4020	0,46	4,08	4,08	46,6	87	2,8			10	10
8,200	225	8,86	21	820	0,29	2,55	2,55	57,1	110				10	10
8,400	225	8,86	21	550	0,24	2,16	2,16	69,8	88				10	10
8,546	225	8,86	22	380	0,20	1,81	1,81	90,4	76				10	10

VDM = 542

Quadro A1.17 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais

km	Trecho DAER 220				REVEST.-TSD + BASE-BG				SUB-BASE - BG				D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES	
	BG+TSD		BG		T (°C)	E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₃	SN				LD	LE	LD	LE
	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")															
0,020	155	6,10	120	4,72	25	713	0,27	1,66	196	0,17	0,80	2,47	86,5	93		2,5	2,0	10	10
0,200	155	6,10	120	4,72	24	3678	0,45	2,75	12	-0,11	-0,51	2,24	54,9	122		2,5	2,0	10	10
0,400	155	6,10	120	4,72	25	2629	0,41	2,53	7	-0,16	-0,75	1,77	69,3	94		2,5	2,0	10	10
0,600	155	6,10	120	4,72	25	3444	0,44	2,70	16	-0,08	-0,38	2,33	51,4	118	5,8	2,5	2,0	10	10
0,800	155	6,10	120	4,72	25	5182	0,49	2,98	15	-0,09	-0,41	2,56	55,3	157	3,6	2,5	2,0	10	10
1,000	155	6,10	120	4,72	25	1861	0,38	2,30	62	0,06	0,26	2,56	58,3	91	5,2	2,5	2,0	10	10
1,200	155	6,10	120	4,72	25	1577	0,36	2,19	31	-0,01	-0,07	2,12	76,3	72	4,9	2,5	2,0	10	10
1,400	155	6,10	120	4,72	25	1782	0,37	2,27	48	0,03	0,14	2,41	57,0	93		2,5	2,0	10	10
1,600	155	6,10	120	4,72	25	2883	0,42	2,59	7	-0,16	-0,74	1,85	61,7	102		2,5	2,0	10	10
1,800	155	6,10	120	4,72	24	2304	0,40	2,44	19	-0,06	-0,29	2,15	55,7	96	3,8	2,5	2,0	10	10
2,000	155	6,10	120	4,72	25	5578	0,50	3,02	6	-0,18	-0,86	2,16	48,5	157	3,5	2,5	2,0	10	10
2,200	155	6,10	120	4,72	25	936	0,30	1,84	311	0,22	1,02	2,86	47,5	141	4,9	2,5	2,0	10	10
2,400	155	6,10	120	4,72	24	573	0,25	1,52	318	0,22	1,03	2,55	60,5	98	7,5	2,5	2,0	10	10
2,600	155	6,10	120	4,72	25	2228	0,40	2,42	8	-0,15	-0,72	1,69	66,5	85	6,3	2,5	2,0	10	10
2,800	155	6,10	120	4,72	24	4576	0,47	2,89	7	-0,16	-0,76	2,13	56,7	134	5,4	2,5	2,0	10	10
3,000	155	6,10	120	4,72	26	4543	0,47	2,89	5	-0,20	-0,93	1,96	60,2	137	4,7	2,0	1,5	10	10
3,200	155	6,10	120	4,72	24	2773	0,42	2,56	8	-0,15	-0,69	1,87	66,2	97	4,9	2,0	1,5	10	10
3,400	155	6,10	120	4,72	26	5067	0,49	2,96	4	-0,22	-1,02	1,94	60,4	146	3,9	2,0	1,5	10	10
3,600	155	6,10	120	4,72	26	4591	0,47	2,90	5	-0,20	-0,93	1,96	54,3	144	5,3	2,0	1,5	10	10
3,800	155	6,10	120	4,72	26	171	0,12	0,72	148	0,14	0,67	1,39	99,1	45	5,0	2,0	1,5	10	10
4,000	155	6,10	120	4,72	26	1319	0,34	2,07	32	-0,01	-0,05	2,02	67,4	70	5,4	1,5	1,5	10	10
4,200	155	6,10	120	4,72	26	2010	0,38	2,35	48	0,03	0,14	2,49	57,2	91		1,5	1,5	10	10

VDM = 542

Quadro A1.18a - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais

km	Trecho DAER 221										REVESTIMENTO-PMF			BASE-BG			SUB-BASE - MS			ICPF				IES	
	PMF		BG		MS		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃	SN	D ₀	Rc	IRI	LD	LE	LD	LE
	h1 (mm)	h1 (")	h2 (mm)	h2 (")	h3 (mm)	h3 (")	(°C)	(°F)	20°C=68°F	a ₁		(MPa)	a ₂		(MPa)	a ₃		(mmx10 ⁻²)							
0,080	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	257450	1,21	2,39	510	0,24	1,11	570	0,28	1,96	5,47	16,0	1096	5,3	2,5	2,0	10	10
0,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	24530	0,81	1,58	310	0,18	0,86	160	0,15	1,06	3,51	37,4	263	7,5	2,5	2,0	10	10
0,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	20	68	370	0,08	0,15	290	0,17	0,82	90	0,09	0,66	1,63	69,4	91	6,3	2,5	2,0	10	10
0,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	260	0,02	0,03	400	0,21	0,99	80	0,08	0,57	1,59	71,2	100	4,9	2,5	2,0	10	10
0,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	20	68	220	-0,01	-0,03	260	0,16	0,77	70	0,07	0,48	1,22	77,7	77	3,9	2,5	2,0	10	10
1,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	270	0,02	0,04	280	0,17	0,81	50	0,03	0,24	1,09	81,3	86	6,0	2,5	2,0	10	10
1,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	120	-0,12	-0,23	450	0,22	1,05	100	0,10	0,73	1,55	82,0	87	5,3	2,5	2,0	10	10
1,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	220	-0,01	-0,03	350	0,19	0,92	90	0,09	0,66	1,55	73,3	91	5,2	2,5	2,0	10	10
1,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	150	-0,08	-0,16	350	0,19	0,92	50	0,03	0,24	1,00	88,8	86	4,1	2,5	2,0	10	10
1,801	50	1,97	120	4,72	180	7,09	20	68	420	0,10	0,19	250	0,16	0,75	70	0,07	0,48	1,42	68,4	85	4,1	2,5	2,0	10	10
2,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	680	0,18	0,36	220	0,14	0,68	90	0,09	0,66	1,70	62,8	85	4,0	2,5	2,0	7	10
2,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	6180	0,57	1,11	270	0,17	0,79	100	0,10	0,73	2,63	54,6	148	5,9	2,5	2,0	7	10
2,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	520	0,14	0,27	300	0,18	0,84	70	0,07	0,48	1,59	63,6	96	4,8	2,5	2,0	7	10
2,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	250	0,01	0,02	410	0,21	1,00	90	0,09	0,66	1,67	69,2	103	4,2	2,5	2,0	7	10
2,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	240	0,00	0,00	400	0,21	0,99	110	0,11	0,80	1,79	73,4	102	4,1	2,5	2,0	7	10
3,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	210	-0,02	-0,04	320	0,19	0,88	110	0,11	0,80	1,63	78,0	86	7,2	3,0	2,0	10	10
3,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	310	0,05	0,09	420	0,21	1,01	100	0,10	0,73	1,83	72,7	115	5,7	3,0	2,0	10	10
3,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	5840	0,56	1,09	240	0,15	0,73	140	0,14	0,97	2,79	53,7	145	4,4	3,0	2,0	10	10
3,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	140	-0,09	-0,18	320	0,19	0,88	130	0,13	0,92	1,61	80,9	77	5,5	3,0	2,0	10	10
3,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	250	0,01	0,02	300	0,18	0,84	70	0,07	0,48	1,34	79,5	91	6,2	3,0	2,0	10	10
4,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	290	0,03	0,07	250	0,16	0,75	60	0,05	0,37	1,18	78,5	80	5,1	2,5	2,5	10	10
4,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	300	0,04	0,08	360	0,20	0,94	90	0,09	0,66	1,67	74,7	99	4,9	2,5	2,5	10	10
4,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	630	0,17	0,33	340	0,19	0,91	90	0,09	0,66	1,89	66,4	110	4,1	2,5	2,5	10	10
4,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	780	0,21	0,41	320	0,19	0,88	100	0,10	0,73	2,01	64,0	108	5,4	2,5	2,5	10	10
4,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	330	0,06	0,11	250	0,16	0,75	70	0,07	0,48	1,34	71,0	83	5,9	2,5	2,5	10	10
5,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	280	0,03	0,06	300	0,18	0,84	50	0,03	0,24	1,14	72,5	89	5,1	2,5	1,0	10	10
5,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	21	70	170	-0,06	-0,12	320	0,19	0,88	80	0,08	0,57	1,33	82,2	80	7,3	2,5	1,0	10	10
5,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	290	0,03	0,07	220	0,14	0,68	60	0,05	0,37	1,12	78,5	74	5,6	2,5	1,0	10	10
5,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	6580	0,58	1,13	370	0,20	0,95	170	0,16	1,11	3,19	49,7	170	3,5	2,5	1,0	10	10
5,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	180	-0,05	-0,10	250	0,16	0,75	80	0,08	0,57	1,22	90,4	72	4,7	2,5	1,0	10	10
6,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	500	0,13	0,25	200	0,13	0,63	100	0,10	0,73	1,62	64,3	78	6,0	2,5	2,0	10	10
6,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	57150	0,95	1,87	450	0,22	1,05	230	0,19	1,32	4,24	32,2	401	5,5	2,5	2,0	10	10
6,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	180	-0,05	-0,10	280	0,17	0,81	80	0,08	0,57	1,28	85,4	76	3,9	2,5	2,0	10	10
6,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	100	-0,15	-0,30	260	0,16	0,77	80	0,08	0,57	1,04	107,0	61	5,3	2,5	2,0	10	10
6,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	820	0,21	0,42	330	0,19	0,89	110	0,11	0,80	2,11	64,2	112	3,4	2,5	2,0	10	10
7,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	330	0,06	0,11	320	0,19	0,88	70	0,07	0,48	1,46	66,0	90	5,9	2,0	2,0	10	10
7,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	300	0,04	0,08	330	0,19	0,89	110	0,11	0,80	1,77	72,5	95	4,5	2,0	2,0	10	10
7,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	190	-0,04	-0,08	260	0,16	0,77	60	0,05	0,37	1,06	88,4	78	4,5	2,0	2,0	10	10
7,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	350	0,07	0,13	270	0,17	0,79	50	0,03	0,24	1,16	70,3	90	5,4	2,0	2,0	10	10
7,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	280	0,03	0,06	370	0,20	0,95	100	0,10	0,73	1,74	70,7	95	7,7	2,0	2,0	10	10
8,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	1860	0,36	0,70	190	0,13	0,61	130	0,13	0,92	2,23	59,0	103	4,1	2,0	1,5	10	10
8,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	300	0,04	0,08	340	0,19	0,91	130	0,13	0,92	1,90	70,7	93	5,2	2,0	1,5	10	10
8,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	4480	0,51	1,00	260	0,16	0,77	130	0,13	0,92	2,69	51,4	126	4,0	2,0	1,5	10	10
8,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	330	0,06	0,11	360	0,20	0,94	90	0,09	0,66	1,70	72,0	99	4,9	2,0	1,5	10	10
8,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	270	0,02	0,04	320	0,19	0,88	70	0,07	0,48	1,40	68,5	89	5,0	2,0	1,5	10	10
9,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	1250	0,29	0,57	300	0,18	0,84	100	0,10	0,73	2,14	63,1	115	5,1	2,5	2,5	10	10
9,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	330	0,06	0,11	310	0,18	0,86	90	0,09	0,66	1,63	68,0	91	4,8	2,5	2,5	10	10

Quadro A1.18b - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais

km	Trecho DAER 221								REVESTIMENTO-PMF			BASE-BG			SUB-BASE - MS			D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	PMF		BG		MS		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44		E2	0.06<a ₂ <0.20		E3	0.06<a ₃ <0.20					SN	LD	LE	LD	LE
	h1 (mm)	h1 (")	h2 (mm)	h2 (")	h3 (mm)	h3 (")	(°C)	(°F)	20°C=68°F	a ₁	SN ₁	(MPa)	a ₂	SN ₂	(MPa)	a ₃	SN ₃				SN				
9,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	280	0,03	0,06	360	0,20	0,94	90	0,09	0,66	1,65	76,0	94	5,3	2,5	2,5	10	10
9,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	330	0,06	0,11	420	0,21	1,01	100	0,10	0,73	1,86	73,3	114	4,5	2,5	2,5	10	10
9,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	230	-0,01	-0,01	410	0,21	1,00	90	0,09	0,66	1,65	78,3	99	5,8	2,5	2,5	10	10
10,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	500	0,13	0,25	290	0,17	0,82	80	0,08	0,57	1,65	66,5	96	4,4	2,5	2,0	10	10
10,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	200	-0,03	-0,06	390	0,21	0,98	80	0,08	0,57	1,49	85,3	94	4,5	2,5	2,0	10	10
10,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	650	0,17	0,34	340	0,19	0,91	110	0,11	0,80	2,05	66,7	111	4,4	2,5	2,0	10	10
10,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	3460	0,46	0,91	250	0,16	0,75	100	0,10	0,73	2,39	55,9	124	4,9	2,5	2,0	10	10
10,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	320	0,05	0,10	320	0,19	0,88	80	0,08	0,57	1,55	67,8	90	5,5	2,5	2,0	10	10
11,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	260	0,02	0,03	220	0,14	0,68	90	0,09	0,66	1,37	77,0	70	6,5	2,0	2,5	10	10
11,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	400	0,09	0,18	330	0,19	0,89	100	0,10	0,73	1,80	69,3	99	5,1	2,0	2,5	10	10
11,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	170	-0,06	-0,12	370	0,20	0,95	90	0,09	0,66	1,49	79,8	88	3,9	2,0	2,5	10	10
11,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	850	0,22	0,43	340	0,19	0,91	90	0,09	0,66	2,00	61,1	117	4,3	2,0	2,5	10	10
11,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	380	0,08	0,16	260	0,16	0,77	70	0,07	0,48	1,41	71,0	87	3,9	2,0	2,5	10	10
12,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	220	-0,01	-0,03	330	0,19	0,89	80	0,08	0,57	1,44	72,0	90	3,8	2,0	2,0	10	10
12,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	180	-0,05	-0,10	330	0,19	0,89	100	0,10	0,73	1,53	75,5	82	5,1	2,0	2,0	10	10
12,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	360	0,07	0,14	290	0,17	0,82	70	0,07	0,48	1,44	72,5	89	4,5	2,0	2,0	10	10
12,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	140	-0,09	-0,18	350	0,19	0,92	140	0,14	0,97	1,71	81,9	81	4,5	2,0	2,0	10	10
12,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	240	0,00	0,00	280	0,17	0,81	90	0,09	0,66	1,46	82,8	85	5,2	2,0	2,0	10	10
13,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	360	0,07	0,14	340	0,19	0,91	80	0,08	0,57	1,62	69,2	96	4,7	2,0	2,0	10	10
13,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	250	0,01	0,02	310	0,18	0,86	90	0,09	0,66	1,53	70,4	89	8,3	2,0	2,0	10	10
13,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	920	0,23	0,46	230	0,15	0,71	120	0,12	0,86	2,03	61,1	101	7,9	2,0	2,0	10	10
13,700	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	660	0,18	0,35	360	0,20	0,94	150	0,14	1,02	2,30	62,2	122	4,4	2,0	2,0	10	10
13,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	150	-0,08	-0,16	340	0,19	0,91	100	0,10	0,73	1,48	91,3	80	5,7	2,0	2,0	10	10
14,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	160	-0,07	-0,14	300	0,18	0,84	70	0,07	0,48	1,18	93,7	77	4,3	2,0	2,0	10	10
14,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	150	-0,08	-0,16	260	0,16	0,77	50	0,03	0,24	0,85	103,0	70	4,0	2,0	2,0	10	10
14,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	170	-0,06	-0,12	360	0,20	0,94	120	0,12	0,86	1,68	81,0	88	5,0	2,0	2,0	10	10
14,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	460	0,11	0,22	320	0,19	0,88	120	0,12	0,86	1,96	66,7	101	3,5	2,0	2,0	10	10
14,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	190	-0,04	-0,08	330	0,19	0,89	90	0,09	0,66	1,47	86,0	86	3,9	2,0	2,0	10	10
15,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	160	-0,07	-0,14	300	0,18	0,84	90	0,09	0,66	1,36	89,5	78	6,0	2,0	2,5	10	10
15,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	250	0,01	0,02	370	0,20	0,95	130	0,13	0,92	1,88	72,5	99	5,1	2,0	2,5	10	10
15,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	250	0,01	0,02	330	0,19	0,89	90	0,09	0,66	1,56	78,5	89	4,3	2,0	2,5	10	10
15,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	170	-0,06	-0,12	310	0,18	0,86	60	0,05	0,37	1,11	82,5	77	6,7	2,0	2,5	10	10
15,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	230	-0,01	-0,01	290	0,17	0,82	100	0,10	0,73	1,54	70,8	77	5,1	2,0	2,5	10	10
16,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	260	0,02	0,03	290	0,17	0,82	70	0,07	0,48	1,33	81,0	85	3,8	2,5	1,5	10	10
16,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	22	72	120	-0,12	-0,23	320	0,19	0,88	80	0,08	0,57	1,21	98,4	74	3,4	2,5	1,5	10	10
16,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	210	-0,02	-0,04	250	0,16	0,75	50	0,03	0,24	0,95	106,0	79	3,5	2,5	1,5	10	10
16,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	290	0,03	0,07	320	0,19	0,88	60	0,05	0,37	1,31	76,0	92	4,3	2,5	1,5	10	10
16,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	250	0,01	0,02	270	0,17	0,79	60	0,05	0,37	1,17	92,7	80	4,3	2,5	1,5	10	10
17,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	250	0,01	0,02	400	0,21	0,99	80	0,08	0,57	1,58	86,0	100	3,4	2,5	2,0	10	10
17,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	260	0,02	0,03	330	0,19	0,89	110	0,11	0,80	1,72	72,5	90	3,5	2,5	2,0	10	10
17,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	23	73	750	0,20	0,39	230	0,15	0,71	90	0,09	0,66	1,75	63,8	94	6,2	2,5	2,0	10	10
17,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	770	0,20	0,40	320	0,19	0,88	80	0,08	0,57	1,85	62,2	107	5,2	2,5	2,0	10	10
17,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	1090	0,26	0,52	270	0,17	0,79	90	0,09	0,66	1,96	61,4	103	4,0	2,5	2,0	10	10
18,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	150	-0,08	-0,16	450	0,22	1,05	90	0,09	0,66	1,55	85,2	89	4,3	2,0	2,0	10	10
18,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	280	0,03	0,06	350	0,19	0,92	100	0,10	0,73	1,71	72,5	94	4,3	2,0	2,0	10	10
18,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	250	0,01	0,02	310	0,18	0,86	90	0,09	0,66	1,53	65,7	80	3,6	2,0	2,0	10	10
18,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	100	-0,15	-0,30	440	0,22	1,04	70	0,07	0,48	1,22	91,4	76	3,6	2,0	2,0	10	10

Quadro A1.18c - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais

km	REVESTIMENTO-PMF										BASE-BG			SUB-BASE - MS			D ₀ (mmx10 ⁻²)	Rc	IRI	ICPF				IES	
	PMF		BG		MS		T	T	E1 (MPa) 20°C=68°F	0.20<a ₁ <0.44 a ₁	SN ₁	E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃				SN ₃	SN	LD	LE	LD	LE
	h1 (mm)	h1 (")	h2 (mm)	h2 (")	h3 (mm)	h3 (")																			
18,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	370	0,08	0,15	260	0,16	0,77	60	0,05	0,37	1,29	74,0	83	5,1	2,0	2,0	10	10
19,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	150	-0,08	-0,16	200	0,13	0,63	80	0,08	0,57	1,05	91,0	56	5,6	2,0	2,0	10	10
19,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	290	0,03	0,07	300	0,18	0,84	60	0,05	0,37	1,28	82,5	88	4,5	2,0	2,0	10	10
19,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	440	0,11	0,21	410	0,21	1,00	80	0,08	0,57	1,78	70,8	110	5,3	2,0	2,0	10	10
19,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	450	0,11	0,22	350	0,19	0,92	80	0,08	0,57	1,71	71,5	99	3,5	2,0	2,0	10	10
19,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	150	-0,08	-0,16	220	0,14	0,68	100	0,10	0,73	1,26	86,5	62	3,9	2,0	2,0	10	10
20,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	260	0,02	0,03	390	0,21	0,98	60	0,05	0,37	1,38	80,0	98	4,4	2,0	2,0	10	10
20,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	400	0,09	0,18	300	0,18	0,84	130	0,13	0,92	1,94	70,3	94	3,7	2,0	2,0	10	10
20,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	380	0,08	0,16	260	0,16	0,77	70	0,07	0,48	1,41	72,4	82	3,9	2,0	2,0	10	10
20,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	250	0,01	0,02	210	0,14	0,66	70	0,07	0,48	1,15	85,5	66	3,9	2,0	2,0	10	10
20,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	250	0,01	0,02	280	0,17	0,81	120	0,12	0,86	1,68	75,3	79	5,0	2,0	2,0	10	10
21,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	400	0,09	0,18	360	0,20	0,94	110	0,11	0,80	1,91	69,5	101	7,1	2,0	3,0	10	10
21,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	400	0,09	0,18	360	0,20	0,94	130	0,13	0,92	2,03	71,7	106	8,5	2,0	3,0	10	10
21,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	450	0,11	0,22	350	0,19	0,92	60	0,05	0,37	1,51	72,7	101	7,7	2,0	3,0	10	10
21,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	850	0,22	0,43	300	0,18	0,84	90	0,09	0,66	1,93	62,5	102	6,4	2,0	3,0	10	10
21,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	1180	0,28	0,55	330	0,19	0,89	80	0,08	0,57	2,01	62,4	113	7,0	2,0	3,0	10	10
22,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	24	75	1320	0,30	0,59	300	0,18	0,84	80	0,08	0,57	2,00	59,6	110	5,3	2,0	2,0	10	10
22,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	440	0,11	0,21	410	0,21	1,00	130	0,13	0,92	2,13	66,9	109	4,9	2,0	2,0	10	10
22,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	430	0,10	0,20	330	0,19	0,89	120	0,12	0,86	1,95	70,9	99	4,3	2,0	2,0	10	10
22,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	530	0,14	0,27	410	0,21	1,00	90	0,09	0,66	1,93	70,8	124	3,2	2,0	2,0	10	10
22,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	4330	0,50	0,99	210	0,14	0,66	130	0,13	0,92	2,57	55,9	113	5,7	2,0	2,0	10	10
23,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	270	0,02	0,04	370	0,20	0,95	70	0,07	0,48	1,47	72,9	88	6,0	2,0	2,5	10	10
23,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	160	-0,07	-0,14	210	0,14	0,66	60	0,05	0,37	0,89	105,0	66	7,7	2,0	2,5	10	10
23,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	270	0,02	0,04	300	0,18	0,84	110	0,11	0,80	1,68	74,2	83	6,2	2,0	2,5	10	10
23,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	290	0,03	0,07	380	0,20	0,96	140	0,14	0,97	2,00	74,0	99	4,5	2,0	2,5	10	10
23,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	490	0,13	0,25	270	0,17	0,79	90	0,09	0,66	1,69	65,7	88	4,4	2,0	2,5	10	10
24,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	310	0,05	0,09	470	0,23	1,07	110	0,11	0,80	1,96	72,5	109	4,6	2,0	2,5	10	10
24,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	360	0,07	0,14	480	0,23	1,08	60	0,05	0,37	1,59	83,5	129	5,7	2,0	2,5	10	10
24,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	350	0,07	0,13	280	0,17	0,81	80	0,08	0,57	1,51	71,2	82	5,2	2,0	2,5	10	10
24,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	450	0,11	0,22	360	0,20	0,94	90	0,09	0,66	1,81	70,4	102	4,7	2,0	2,5	10	10
24,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	340	0,06	0,12	380	0,20	0,96	130	0,13	0,92	2,00	75,4	101	4,0	2,0	2,5	10	10
25,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	4950	0,53	1,04	230	0,15	0,71	150	0,14	1,02	2,76	57,3	128	4,4	2,0	2,0	10	10
25,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	28	82	4610	0,51	1,01	300	0,18	0,84	50	0,03	0,24	2,09	58,3	146	4,6	2,0	2,0	10	10
25,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	28	82	1080	0,26	0,52	330	0,19	0,89	60	0,05	0,37	1,78	62,7	109	4,5	2,0	2,0	10	10
25,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	1990	0,37	0,73	260	0,16	0,77	70	0,07	0,48	1,97	58,9	113	4,5	2,0	2,0	10	10
25,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	670	0,18	0,35	410	0,21	1,00	90	0,09	0,66	2,01	62,4	108	4,0	2,0	2,0	10	10
26,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	1440	0,31	0,62	280	0,17	0,81	80	0,08	0,57	1,99	59,4	114	8,4	2,0	1,5	10	10
26,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	25	77	230	-0,01	-0,01	220	0,14	0,68	30	-0,02	-0,12	0,55	89,7	75	6,8	2,0	1,5	10	10
26,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	1330	0,30	0,59	230	0,15	0,71	110	0,11	0,80	2,09	60,8	101	7,8	2,0	1,5	10	10
26,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	330	0,06	0,11	330	0,19	0,89	60	0,05	0,37	1,37	89,8	94	5,2	2,0	1,5	10	10
26,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	28	82	1140	0,27	0,54	590	0,25	1,19	70	0,07	0,48	2,20	62,6	153	4,4	2,0	1,5	10	10
27,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	1610	0,33	0,65	240	0,15	0,73	80	0,08	0,57	1,95	63,4	104	6,4	2,0	2,0	10	10
27,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	6110	0,56	1,11	280	0,17	0,81	90	0,09	0,66	2,57	52,8	133	3,6	2,0	2,0	10	10
27,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	11330	0,67	1,32	130	0,09	0,41	150	0,14	1,02	2,75	47,6	131	3,0	2,0	2,0	10	10
27,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	1410	0,31	0,61	230	0,15	0,71	120	0,12	0,86	2,17	60,9	100	3,0	2,0	2,0	10	10
27,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	750	0,20	0,39	440	0,22	1,04	90	0,09	0,66	2,09	67,8	127	2,5	2,0	2,0	10	10
28,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	4230	0,50	0,98	220	0,14	0,68	200	0,17	1,22	2,89	50,7	112	2,7	2,0	2,0	10	10

Quadro A1.18d - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais

km		Trecho DAER 221																							
		REVESTIMENTO-PMF						BASE-BG						SUB-BASE - MS						D ₀ (mmx10 ⁻²) Rc IRI ICPF LD LE					
		PMF		BG		MS		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44		E2	0.06<a ₂ <0.20		E3	0.06<a ₃ <0.20		SN						
h1 (mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C=68°F	a ₁	SN ₁	(MPa)	a ₂	SN ₂	(MPa)	a ₃	SN ₃	SN								
28,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	28	82	4520	0,51	1,01	190	0,13	0,61	270	0,20	1,43	3,05	51,8	111	3,4	2,0	2,0	10	10
28,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	840	0,22	0,43	340	0,19	0,91	100	0,10	0,73	2,07	65,0	116	3,2	2,0	2,0	10	10
28,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	1820	0,35	0,70	170	0,12	0,55	130	0,13	0,92	2,16	60,0	91	5,1	2,0	2,0	10	10
28,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	450	0,11	0,22	260	0,16	0,77	70	0,07	0,48	1,46	70,2	82	4,4	2,0	2,0	10	10
29,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	90	-0,17	-0,33	140	0,10	0,45	70	0,07	0,48	0,60	115,0	41	3,3	1,5	2,0	10	10
29,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	28	82	2030	0,37	0,73	470	0,23	1,07	60	0,05	0,37	2,17	58,9	150	5,7	1,5	2,0	10	10
29,400	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	230	-0,01	-0,01	370	0,20	0,95	60	0,05	0,37	1,31	80,4	86	4,6	1,5	2,0	10	10
29,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	520	0,14	0,27	290	0,17	0,82	80	0,08	0,57	1,66	71,2	91	6,5	1,5	2,0	10	10
29,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	1420	0,31	0,61	250	0,16	0,75	70	0,07	0,48	1,84	63,2	99	4,8	1,5	2,0	10	10
30,000	50	1,97	120	4,72	180	7,09	28	82	2130	0,38	0,75	370	0,20	0,95	70	0,07	0,48	2,18	59,3	129	5,0	1,5	2,0	10	10
30,200	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	660	0,18	0,35	220	0,14	0,68	70	0,07	0,48	1,51	71,0	81	4,3	1,5	2,0	10	10
30,417	50	1,97	120	4,72	180	7,09	26	79	620	0,17	0,33	260	0,16	0,77	60	0,05	0,37	1,46	67,0	99	4,9	1,5	2,0	10	10
30,600	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	330	0,06	0,11	190	0,13	0,61	70	0,07	0,48	1,20	80,3	65		1,5	2,0	10	10
30,800	50	1,97	120	4,72	180	7,09	28	82	200	-0,03	-0,06	190	0,13	0,61	70	0,07	0,48	1,03	102,0	57		1,5	2,0	10	10
31,010	50	1,97	120	4,72	180	7,09	27	81	420	0,10	0,19	230	0,15	0,71	70	0,07	0,48	1,38	71,4	77		1,5	2,0	10	10

VDM = 365

Quadro A1.19a - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais

		Trecho DAER 222				REVESTIMENTO-PMF			BASE-MS					ICPF		IES				
km	PMF		MS		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44		E2	0.06<a ₂ <0.20		SN	D ₀	Rc	IRI	LD	LE	LD	LE
	h1 (mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁	SN ₁	(MPa)	a ₂	SN ₂	SN	(mmx10 ⁻²)						
0,040	60	2,36	200	7,87	30	86	50520	0,93	2,20	440	0,22	1,73	3,93	20,5	381	0,0	2,5	2,0	10	10
0,200	60	2,36	200	7,87	29	84	61260	0,96	2,28	170	0,12	0,92	3,20	37,7	239		2,5	2,0	10	10
0,400	60	2,36	200	7,87	30	86	37550	0,88	2,08	90	0,05	0,37	2,45	55,2	193		2,5	2,0	10	10
0,600	60	2,36	200	7,87	31	88	15610	0,73	1,72	70	0,02	0,16	1,88	56,0	136		2,5	2,0	10	10
0,800	60	2,36	200	7,87	30	86	66530	0,98	2,31	140	0,10	0,75	3,06	45,8	223		2,5	2,0	10	10
1,000	60	2,36	200	7,87	29	84	1960	0,37	0,86	270	0,17	1,31	2,18	55,2	93		2,5	2,0	10	10
1,200	60	2,36	200	7,87	29	84	2020	0,37	0,88	50	-0,02	-0,13	0,75	122,0	55		2,5	2,0	10	10
1,400	60	2,36	200	7,87	30	86	6960	0,59	1,38	200	0,13	1,06	2,44	62,0	100		2,5	2,0	10	10
1,600	60	2,36	200	7,87	29	84	4800	0,52	1,23	120	0,08	0,62	1,85	74,7	83	5,4	2,5	2,0	10	10
1,800	60	2,36	200	7,87	29	84	10610	0,66	1,56	160	0,11	0,87	2,42	71,5	108	6,2	2,5	2,0	10	10
2,000	60	2,36	200	7,87	27	81	5840	0,56	1,31	110	0,07	0,55	1,86	52,4	94	6,7	2,5	2,0	10	10
2,200	60	2,36	200	7,87	26	79	7960	0,61	1,44	120	0,08	0,62	2,06	54,7	118	6,3	2,5	2,0	10	10
2,400	60	2,36	200	7,87	21	70	6320	0,57	1,35	150	0,10	0,81	2,16	32,8	160	6,8	2,5	2,0	10	10
2,600	60	2,36	200	7,87	31	88	13110	0,70	1,64	80	0,03	0,27	1,92	71,8	86	4,9	2,5	2,0	10	10
2,800	60	2,36	200	7,87	30	86	15100	0,72	1,70	70	0,02	0,16	1,86	65,2	112	5,2	2,5	2,0	10	10
3,000	60	2,36	200	7,87	29	84	14930	0,72	1,70	90	0,05	0,37	2,07	58,8	120	5,3	2,5	2,5	10	10
3,200	60	2,36	200	7,87	30	86	10310	0,65	1,55	140	0,10	0,75	2,30	47,7	124	5,5	2,5	2,5	10	10
3,400	60	2,36	200	7,87	32	90	16330	0,73	1,73	130	0,09	0,69	2,42	48,6	128	5,4	2,5	2,5	10	10
3,600	60	2,36	200	7,87	30	86	5180	0,53	1,26	120	0,08	0,62	1,88	56,6	97	4,9	2,5	2,5	10	10
3,800	60	2,36	200	7,87	30	86	7630	0,60	1,42	100	0,06	0,46	1,89	61,2	109	3,9	2,5	2,5	10	10
4,000	60	2,36	200	7,87	26	79	7660	0,60	1,42	80	0,03	0,27	1,70	77,4	98	5,1	3,0	2,0	10	10
4,200	60	2,36	200	7,87	29	84	12120	0,68	1,61	160	0,11	0,87	2,48	45,4	128	6,0	3,0	2,0	10	10
4,400	60	2,36	200	7,87	29	84	19140	0,76	1,80	60	0,00	0,03	1,83	54,4	122	5,7	3,0	2,0	10	10
4,600	60	2,36	200	7,87	31	88	28560	0,83	1,96	40	-0,04	-0,32	1,65	61,4	140	5,2	3,0	2,0	10	10
4,800	60	2,36	200	7,87	29	84	8230	0,62	1,45	170	0,12	0,92	2,37	54,3	117	5,9	3,0	2,0	10	10
5,000	60	2,36	200	7,87	28	82	19430	0,76	1,81	90	0,05	0,37	2,18	53,1	167	5,0	2,0	2,0	10	10
5,200	60	2,36	200	7,87	23	73	11380	0,67	1,59	200	0,13	1,06	2,64	57,2	155	5,1	2,0	2,0	10	10
5,400	60	2,36	200	7,87	28	82	42900	0,90	2,13	150	0,10	0,81	2,94	37,2	289	4,0	2,0	2,0	10	10
5,600	60	2,36	200	7,87	28	82	18200	0,75	1,78	150	0,10	0,81	2,59	39,9	178	4,5	2,0	2,0	10	10
5,800	60	2,36	200	7,87	25	77	15930	0,73	1,72	120	0,08	0,62	2,34	46,0	182	4,8	2,0	2,0	10	10
6,000	60	2,36	200	7,87	28	82	11720	0,68	1,60	70	0,02	0,16	1,76	60,5	107	4,0	2,5	2,5	10	10
6,200	60	2,36	200	7,87	29	84	10950	0,66	1,57	110	0,07	0,55	2,12	57,3	127	4,5	2,5	2,5	10	10
6,400	60	2,36	200	7,87	29	84	9270	0,64	1,50	80	0,03	0,27	1,78	83,5	97	4,1	2,5	2,5	10	10
6,600	60	2,36	200	7,87	29	84	17220	0,74	1,76	140	0,10	0,75	2,51	35,2	168	4,5	2,5	2,5	10	10
6,800	60	2,36	200	7,87	30	86	7340	0,60	1,41	60	0,00	0,03	1,43	97,0	81	4,6	2,5	2,5	10	10
7,000	60	2,36	200	7,87	29	84	8060	0,61	1,44	120	0,08	0,62	2,07	55,5	121	4,6	2,5	2,5	10	10
7,200	60	2,36	200	7,87	29	84	20960	0,78	1,84	120	0,08	0,62	2,46	45,4	149	5,5	2,5	2,5	10	10
7,400	60	2,36	200	7,87	25	77	6660	0,58	1,37	170	0,12	0,92	2,28	60,0	132	4,6	2,5	2,5	10	10
7,600	60	2,36	200	7,87	28	82	11740	0,68	1,60	90	0,05	0,37	1,97	61,4	114	5,4	2,5	2,5	10	10
7,800	60	2,36	200	7,87	29	84	16180	0,73	1,73	80	0,03	0,27	2,00	58,6	120	4,6	2,5	2,5	10	10
8,000	60	2,36	200	7,87	28	82	5120	0,53	1,26	50	-0,02	-0,13	1,13	107,0	72	4,4	2,5	2,5	10	10

Quadro A1.19b - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais

km	Trecho DAER 222						REVESTIMENTO-PMF			BASE-MS				D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES	
	PMF		MS		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44		E2	0.06<a ₂ <0.20		SN				LD	LE	LD	LE
	h1 (mm)	h1 (")	h2(mm)	h2 (")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁	SN ₁	(MPa)	a ₂	SN ₂	SN							
8,200	60	2,36	200	7,87	27	81	12260	0,68	1,62	150	0,10	0,81	2,43	65,9	127	4,5	2,5	2,5	10	10
8,400	60	2,36	200	7,87	27	81	10420	0,66	1,55	80	0,03	0,27	1,82	62,7	103	5,7	2,5	2,5	10	10
8,600	60	2,36	200	7,87	28	82	11460	0,67	1,59	110	0,07	0,55	2,14	56,2	115	5,1	2,5	2,5	10	10
8,800	60	2,36	200	7,87	28	82	7660	0,60	1,42	150	0,10	0,81	2,24	72,2	98	4,0	2,5	2,5	10	10
9,000	60	2,36	200	7,87	26	79	4480	0,51	1,20	180	0,12	0,97	2,17	77,0	90	4,8	2,5	2,5	10	10
9,200	60	2,36	200	7,87	28	82	11910	0,68	1,61	130	0,09	0,69	2,29	68,0	118	5,1	2,5	2,5	10	10
9,400	60	2,36	200	7,87	27	81	13200	0,70	1,65	70	0,02	0,16	1,81	83,0	119	4,7	2,5	2,5	10	10
9,600	60	2,36	200	7,87	26	79	3790	0,48	1,14	120	0,08	0,62	1,76	64,0	93		2,5	2,5	10	10

VDM = 351

Quadro A2.1 - Módulos de resiliência retroanalisados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 701

km	REVESTIMENTO - CBUQ				BASE - BG				D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES						
	CBUQ		BG		E ₁ (MPa) 20°C = 68°F	0.20<a ₁ <0.44 a ₁	SN ₁	E ₂ (MPa)				0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	SN	LE	LD	LD	LE		
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")															T (°C)	T (°F)
0,00	60,00	2,36	200,00	7,87	25	77	13340	0,70	1,65	2920	0,43	3,35	5,00	43,10	665	2,8	4,00	4,00	2	7
1,00	60,00	2,36	200,00	7,87	23	73	11460	0,67	1,59	670	0,27	2,09	3,68	42,50	239	2,1	4,00	4,00	2	2
2,00	60,00	2,36	200,00	7,87	21	70	9900	0,65	1,53	1130	0,32	2,54	4,07	39,30	279	2,7	4,00	4,00	2	2
3,00	60,00	2,36	200,00	7,87	15	59	6620	0,58	1,36	250	0,16	1,25	2,61	36,60	120	2,4	4,00	4,00	4	2
4,00	60,00	2,36	200,00	7,87	19	66	8610	0,62	1,47	250	0,16	1,25	2,72	48,30	152	2,5	4,00	4,00	0	0
5,00	60,00	2,36	200,00	7,87	18	64	2940	0,44	1,03	40	-0,04	-0,32	0,71	51,30	56	2,9	4,00	4,00	0	0
6,00	60,00	2,36	200,00	7,87	18	64	8040	0,61	1,44	440	0,22	1,73	3,17	51,20	161	1,9	4,00	4,00	0	0

Quadro A2.2 - Módulos de resiliência retroanalisados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 704

km	CBUQ		BG		BG		T (°C)	T (°F)	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - BG			D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")			E ₁ (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E ₂ (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E ₃ (MPa)	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃				SN	LD	LE	LD	LE
	20°C = 68°F		a ₁	a ₂		a ₃																			
0,000	90	3,54	130	5,12	130	5,12	4	39	3250	0,45	1,61	160	0,11	0,56	80,00	0,08	0,41	2,58	43,1	239	2,1	4,5	4,5	0	0
1,000	90	3,54	130	5,12	130	5,12	1	34	2110	0,38	1,34	80	0,03	0,18	110,00	0,11	0,58	2,10	42,5	205	1,7	4,5	4,5	0	0
2,000	90	3,54	130	5,12	130	5,12	2	36	2340	0,40	1,41	70	0,02	0,10	110,00	0,11	0,58	2,09	39,3	220	1,8	4,5	4,5	0	0
3,000	90	3,54	130	5,12	130	5,12	2	36	2540	0,41	1,46	80	0,03	0,18	180,00	0,16	0,83	2,46	36,6	241	2,3	4,5	4,5	0	0
4,000	90	3,54	130	5,12	130	5,12	5	41	2990	0,44	1,56	150	0,10	0,53	120,00	0,12	0,62	2,70	48,3	226	2,1	4,5	4,5	0	0
5,000	90	3,54	130	5,12	130	5,12	7	45	1720	0,34	1,22	110	0,07	0,35	100,00	0,10	0,53	2,10	51,3	155	2,5	4,5	4,5	0	0
6,000	90	3,54	130	5,12	130	5,12	8	46	2200	0,39	1,37	90	0,05	0,24	70,00	0,07	0,35	1,96	51,2	166	3,3	4,5	4,5	0	0
7,000	90	3,54	130	5,12	130	5,12	2	36	1830	0,35	1,25	200	0,13	0,69	220,00	0,18	0,93	2,87	40,2	226	3,3	4,5	4,5	0	0
8,000	90	3,54	130	5,12	130	5,12	4	39	1450	0,31	1,11	130	0,09	0,45	70,00	0,07	0,35	1,90	70,2	130	2,4	4,5	4,5	0	0

VDM = 1000

Quadro A2.3 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 709

km	CBUQ		BG		BG		T (°C)	T (°F)	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - BG			SN	D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES	
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")			E ₁ (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E ₂ (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E ₃ (MPa)	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃					LD	LE	LD	LE
									20°C = 68°F	a ₁		a ₂		a ₃											
0,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	27	81	3780	0,48	2,27	310	0,18	1,22	100	0,10	0,69	4,17	38,70	210	4,1	4,0	4,0	10	10
0,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	30	86	4500	0,51	2,41	120	0,08	0,53	80	0,08	0,54	3,48	54,00	157	1,9	4,0	4,0	10	10
1,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	24	75	2210	0,39	1,83	110	0,07	0,46	90	0,09	0,62	2,91	67,70	130	2,4	4,0	4,0	7	4
1,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	28	82	2900	0,43	2,05	130	0,09	0,59	100	0,10	0,69	3,33	59,50	143	3,0	4,0	4,0	7	4
2,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	22	72	2750	0,42	2,01	80	0,03	0,23	80	0,08	0,54	2,78	75,00	153	3,4	4,0	4,0	10	7
2,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	27	81	4520	0,51	2,42	50	-0,02	-0,11	100	0,10	0,69	3,00	48,10	137	4,0	4,0	4,0	10	7
3,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	26	79	2290	0,39	1,86	140	0,10	0,64	150	0,14	0,96	3,46	47,10	148	3,7	4,0	4,0	4	7
3,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	26	79	5600	0,55	2,59	180	0,12	0,82	120	0,12	0,81	4,22	32,60	278	1,9	3,0	3,5	4	7
4,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	29	84	4600	0,51	2,43	170	0,12	0,78	200	0,17	1,15	4,36	40,00	204	2,7	3,5	3,5	4	4
4,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	29	84	13740	0,70	3,33	300	0,18	1,19	40	0,01	0,08	4,60	23,00	296	3,1	4,0	4,0	4	4
5,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	18	64	3190	0,45	2,13	150	0,10	0,69	140	0,14	0,91	3,73	36,70	242	3,0	3,0	4,0	7	4
5,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	27	81	5580	0,55	2,59	190	0,13	0,86	130	0,13	0,87	4,31	37,70	234	2,0	3,5	3,5	7	4
6,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	30	86	4480	0,51	2,41	160	0,11	0,74	130	0,13	0,87	4,01	39,60	183	1,6	3,5	3,5	4	4
6,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	30	86	5860	0,56	2,63	200	0,13	0,90	120	0,12	0,81	4,34	34,20	231	1,7	4,0	4,0	4	4
7,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	33	91	9730	0,64	3,04	350	0,19	1,31	210	0,18	1,19	5,54	31,60	285	1,5	4,0	4,0	10	4
7,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	29	84	43590	0,90	4,28	30	-0,07	-0,48	100	0,10	0,69	4,48	20,40	492	2,1	4,0	4,0	10	4
8,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	17	63	3020	0,44	2,08	240	0,15	1,03	130	0,13	0,87	3,98	34,70	266	1,9			10	7
8,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	29	84	4400	0,51	2,39	180	0,12	0,82	140	0,14	0,91	4,13	41,80	195	2,3	4,0	4,0	10	7
9,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	24	75	20660	0,78	3,66	150	0,10	0,69	40	0,01	0,08	4,43	19,80	406	2,0	4,0	4,0	4	4
9,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	21	70	3640	0,47	2,24	230	0,15	1,00	200	0,17	1,15	4,39	32,50	289	2,2	4,0	4,0	4	4
10,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	32	90	7560	0,60	2,84	250	0,16	1,06	200	0,17	1,15	5,05	34,80	242	2,1	3,5	3,5	7	4
10,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	24	75	14410	0,71	3,37	20	-0,12	-0,77	180	0,16	1,08	3,67	28,90	296	2,1	3,5	3,5	7	4
11,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	28	82	16520	0,74	3,48	20	-0,12	-0,77	120	0,12	0,81	3,52	37,40	241	2,3	4,0	3,0	7	4
11,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	26	79	4960	0,53	2,49	130	0,09	0,59	110	0,11	0,75	3,83	48,70	203	2,1	4,0	4,0	7	4
12,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	23	73	3420	0,46	2,19	170	0,12	0,78	190	0,17	1,12	4,09	35,90	237	4,3	3,5	3,5	7	4
12,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	24	75	11360	0,67	3,17	20	-0,12	-0,77	40	0,01	0,08	2,47	44,10	243	3,5	3,5	3,0	7	4
13,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	32	90	6750	0,58	2,74	270	0,17	1,12	140	0,14	0,91	4,78	37,60	235	2,4	4,0	4,0	4	7
13,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	20	68	30640	0,84	3,99	20	-0,12	-0,77	20	-0,06	-0,39	2,82	24,20	517	2,7	4,0	4,0	4	7
14,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	24	75	12380	0,69	3,24	60	0,00	0,02	20	-0,06	-0,39	2,88	40,00	239	2,1	4,0	4,0	7	10
14,500	120	4,72	170	6,69	170	6,69	19	66	2200	0,39	1,82	60	0,00	0,02	40	0,01	0,08	1,92	83,50	137	3,7	4,0	4,0	7	10
15,000	120	4,72	170	6,69	170	6,69	25	77	9690	0,64	3,04	20	-0,12	-0,77	140	0,14	0,91	3,18	45,00	192	1,9	4,0	4,0	4	7
15,580	120	4,72	170	6,69	170	6,69	27	81	2020	0,37	1,75	120	0,08	0,53	160	0,15	1,00	3,29	69,30	121		4,0	4,0	4	7

VDM = 3797

Quadro A2.4 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 711

km	REVESTIMENTO - CBUQ							BASE - BG					SUB-BASE - MS					D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	CBUQ		BG		MS			T	T	E ₁ (MPa)		E ₂		E ₃		SN	LD				LE	LD	LE		
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	(°C)			(°F)	20°C = 68°F	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	(MPa)	0.06<a ₂ <0.20									SN ₂	(MPa)
0,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	31	88	11410	0,67	1,98	80	0,03	0,18	60	0,05	0,33	2,49	46,50	200		4,5	4,5	0	0
1,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	31	88	4230	0,50	1,48	130	0,09	0,45	60	0,05	0,33	2,25	59,90	122	1,7	4,5	4,5	0	0
2,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	28	82	13070	0,70	2,05	40	-0,04	-0,21	70	0,07	0,42	2,27	52,70	202	2,3	4,5	4,5	0	0
3,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	30	86	10630	0,66	1,95	110	0,07	0,35	70	0,07	0,42	2,73	51,60	192	1,4	4,5	4,5	0	0
4,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	29	84	12620	0,69	2,04	100	0,06	0,30	160	0,15	0,94	3,28	36,70	243	1,5	4,5	4,5	0	0
5,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	31	88	5140	0,53	1,58	120	0,08	0,40	100	0,10	0,65	2,63	60,60	141	1,5	4,5	4,5	0	0
6,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	25	77	15730	0,73	2,15	180	0,12	0,63	130	0,13	0,81	3,59	36,20	300	1,6	4,5	4,5	0	0
7,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	24	75	21290	0,78	2,30	90	0,05	0,24	70	0,07	0,42	2,97	39,70	326	1,3	4,5	4,5	0	0
8,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	29	84	9580	0,64	1,89	100	0,06	0,30	90	0,09	0,58	2,78	47,90	193	1,6	4,5	4,5	0	0
9,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	27	81	9080	0,63	1,87	90	0,05	0,24	140	0,14	0,86	2,97	42,10	196	1,3	4,5	4,5	0	0
10,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	28	82	10280	0,65	1,93	140	0,10	0,49	170	0,16	0,98	3,40	38,80	226	1,0	4,5	4,5	0	0
11,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	29	84	14450	0,71	2,11	80	0,03	0,18	50	0,03	0,21	2,50	46,30	235	1,0	4,5	4,5	0	0
12,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	29	84	12450	0,69	2,03	110	0,07	0,35	130	0,13	0,81	3,20	41,80	238	1,1	4,5	4,5	0	0
13,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	29	84	9570	0,64	1,89	160	0,11	0,56	170	0,16	0,98	3,44	40,80	226	1,1	4,5	4,5	0	0
14,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	27	81	10440	0,66	1,94	130	0,09	0,45	120	0,12	0,76	3,15	44,80	219	1,0	4,5	4,5	0	0
15,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	26	79	10500	0,66	1,94	180	0,12	0,63	250	0,19	1,23	3,80	39,20	252	1,1	4,5	4,5	0	0
16,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	27	81	8880	0,63	1,86	220	0,14	0,74	230	0,19	1,17	3,77	36,80	238	1,2	4,5	4,5	0	0
17,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	26	79	13110	0,70	2,06	140	0,10	0,49	160	0,15	0,94	3,49	43,40	259	1,2	4,5	4,5	0	0
18,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	28	82	13440	0,70	2,07	80	0,03	0,18	120	0,12	0,76	3,01	33,60	257	1,3	4,5	4,5	0	0
19,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	26	79	17000	0,74	2,19	70	0,02	0,10	60	0,05	0,33	2,62	42,00	254	1,7	4,5	4,5	0	0
20,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	27	81	8740	0,63	1,85	100	0,06	0,30	110	0,11	0,71	2,86	53,70	181	1,5	4,5	4,5	0	0
21,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	25	77	10200	0,65	1,93	90	0,05	0,24	90	0,09	0,58	2,75	48,80	194	1,2	4,5	4,5	0	0
22,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	26	79	13590	0,70	2,07	70	0,02	0,10	60	0,05	0,33	2,51	51,80	219	1,1	4,5	4,5	0	0
23,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	25	77	9970	0,65	1,92	90	0,05	0,24	60	0,05	0,33	2,49	58,30	180	1,1	4,5	4,5	0	0
24,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	26	79	8950	0,63	1,86	80	0,03	0,18	100	0,10	0,65	2,69	48,80	178	1,3	4,5	4,5	0	0
25,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	26	79	11470	0,67	1,99	120	0,08	0,40	140	0,14	0,86	3,25	53,50	226	1,3	4,5	4,5	0	0
26,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	26	79	8050	0,61	1,81	130	0,09	0,45	30	-0,02	-0,11	2,14	60,40	154	1,2	4,5	4,5	0	0
27,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	25	77	13400	0,70	2,07	120	0,08	0,40	140	0,14	0,86	3,33	35,10	259	1,2	4,5	4,5	0	0
28,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	28	82	5050	0,53	1,57	140	0,10	0,49	50	0,03	0,21	2,27	71,00	133	1,1	4,5	4,5	0	0
29,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	27	81	7070	0,59	1,74	130	0,09	0,45	110	0,11	0,71	2,90	57,80	164	1,2	4,5	4,5	0	0
30,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	26	79	7960	0,61	1,80	150	0,10	0,53	120	0,12	0,76	3,09	47,70	191	1,1	4,5	4,5	0	0
31,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	19	66	15310	0,72	2,14	100	0,06	0,30	110	0,11	0,71	3,15	37,90	259	1,2	4,5	4,5	0	0
32,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	26	79	10800	0,66	1,96	150	0,10	0,53	120	0,12	0,76	3,25	42,20	226	1,1	4,5	4,5	0	0
33,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	26	79	10480	0,66	1,94	150	0,10	0,53	110	0,11	0,71	3,18	34,90	234	1,4	4,5	4,5	0	0
34,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	28	82	8140	0,61	1,81	170	0,12	0,60	70	0,07	0,42	2,83	52,40	180	1,1	4,5	4,5	0	0
35,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	25	77	10160	0,65	1,92	110	0,07	0,35	110	0,11	0,71	2,99	42,50	211	1,4	4,5	4,5	0	0
36,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	25	77	11650	0,68	2,00	110	0,07	0,35	160	0,15	0,94	3,29	45,50	226	1,5	4,5	4,5	0	0
37,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	25	77	11600	0,67	1,99	110	0,07	0,35	160	0,15	0,94	3,29	37,70	223	1,4	4,5	4,5	0	0
38,000	75	2,95	130	5,12	160	6,30	25	77	10390	0,66	1,94	110	0,07	0,35	90	0,09	0,58	2,87	48,60	203	1,5	4,5	4,5	0	0
38,930	75	2,95	130	5,12	160	6,30	24	75	20280	0,77	2,28	60	0,00	0,02	40	0,01	0,07	2,37	40,30	257	1,5	4,5	4,5	0	0

VDM = 3000

Quadro A2.5 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 716

km	REVEST.-TSD + BASE-BG				SUB-BASE - MS								D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	TSD+BG		MS		T	T	E ₂	0.06<a ₂ <0.20	SN ₁	E ₃	0.06<a ₃ <0.20	SN ₂				SN	LD	LE	LD	LE
	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	(°C)	(°F)	(MPa)	a ₂ BASE		(MPa)	a ₃ SUB-BASE									
0,060	250	9,84	260	10,24	26	84	410	0,21	2,09	130	0,13	1,32	3,41	49,1	113	4,2	3,5	3,5	1	1
1,000	250	9,84	260	10,24	24	82	510	0,24	2,32	140	0,14	1,40	3,72	48,0	131	3,4	4,0	4,0	0	0
2,000	250	9,84	260	10,24	23	81	1060	0,32	3,10	20	-0,06	-0,59	2,51	46,6	148	3,2	4,0	4,0	0	2
3,000	250	9,84	260	10,24	22	82	560	0,25	2,42	80	0,08	0,83	3,25	52,4	147	3,6	4,0	4,0	2	0
4,000	250	9,84	260	10,24	23	82	580	0,25	2,46	80	0,08	0,83	3,29	47,9	147	3,4	4,0	4,0	0	2
5,000	250	9,84	260	10,24	17	81	610	0,26	2,51	110	0,11	1,15	3,67	42,0	160	3,9	4,0	4,0	2	2
6,000	250	9,84	260	10,24	24	81	370	0,20	1,98	50	0,03	0,35	2,32	68,0	88	3,0	4,0	4,0	2	2
7,000	250	9,84	260	10,24	21	81	740	0,28	2,72	30	-0,02	-0,18	2,54	51,4	126	3,1	4,0	4,0	2	2
8,000	250	9,84	260	10,24	22	82	380	0,20	2,01	80	0,08	0,83	2,83	58,5	98	2,8	4,0	4,0	2	0
9,000	250	9,84	260	10,24	24	81	600	0,25	2,50	80	0,08	0,83	3,32	52,1	140	3,3	4,0	4,0	0	0
10,000	250	9,84	260	10,24	24	79	1180	0,33	3,22	20	-0,06	-0,59	2,63	47,3	170		4,0	4,0	0	0

VDM = 394

Quadro A2.6 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 717

km	BG+TSD		MS		T (°C)	REVEST.-TSD + BASE-BG			SUB-BASE - MS			SN	D ₀ (mmx10 ⁻²)	Rc	IRI	ICPF		IES	
	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")		E ₂ (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E ₃ (MPa)	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃					LD	LE	LD	LE
	a ₂	a ₃	SN ₃																
0,000	175	6,89	150	5,91	24	310	0,18	1,25	20	-0,06	0,18	1,43	109	97	4,6	4,0	4,0	2	2
1,000	175	6,89	150	5,91	24	1030	0,31	2,15	50	0,03	0,22	2,37	52	158	4,0	4,0	4,0	2	2
2,000	175	6,89	150	5,91	23	400	0,21	1,44	30	-0,02	0,19	1,64	93,5	70	4,0	4,0	4,0	2	2
3,000	175	6,89	150	5,91	23	1540	0,36	2,45	100	0,10	0,29	2,75	31,5	247	3,8	4,0	4,0	0	0
4,000	175	6,89	150	5,91	23	1250	0,33	2,30	110	0,11	0,31	2,60	39,2	189	4,7	4,0	4,0	2	2
5,000	175	6,89	150	5,91	19	670	0,27	1,83	120	0,12	0,32	2,15	43,5	141	3,9	4,0	4,0	2	2
6,000	175	6,89	150	5,91	21	240	0,15	1,06	90	0,09	0,28	1,34	73,7	66	3,2	4,0	4,0	2	2
7,000	175	6,89	150	5,91	22	1100	0,32	2,20	100	0,10	0,29	2,49	36,9	187	2,9	4,0	4,0	2	2
8,000	175	6,89	150	5,91	20	820	0,29	1,98	80	0,08	0,27	2,25	48,1	127	2,6	4,0	4,0	2	2
9,000	175	6,89	150	5,91	22	590	0,25	1,73	30	-0,02	0,19	1,93	84	92	3,4	4,0	4,0	2	2
10,000	175	6,89	150	5,91	20	750	0,28	1,91	90	0,09	0,28	2,19	47	130	3,0	4,0	4,0	2	2

VDM = 985

Quadro A2.7 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 719

km	BG+TSD		BG		T (°C)	REVEST.-TSD + BASE-BG			SUB-BASE - BG			SN	D ₀ (mmx10 ⁻²)	Rc	ICPF		IES		
	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")		E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₃				IRI	LD	LE	LD	LE
0,000	205	8,07	180	7,09	24	950	0,30	2,45	80	0,08	0,27	2,71	50,6	167	5,0	4,0	4,0	0	0
0,500	205	8,07	180	7,09	24	810	0,29	2,31	30	-0,02	0,19	2,50	64,9	145	2,7	4,0	4,0	0	0
1,000	205	8,07	180	7,09	24	870	0,29	2,37	70	0,07	0,25	2,62	46,2	148	2,1				
1,500	205	8,07	180	7,09	25	1000	0,31	2,49	120	0,12	0,32	2,82	58,3	176	2,0				
2,000	205	8,07	180	7,09	24	4880	0,48	3,88	50	0,03	0,22	4,10	28,2	525	3,5				
2,500	205	8,07	180	7,09	25	1000	0,31	2,49	20	-0,06	0,18	2,67	67,5	179	calçamento				
3,000	205	8,07	180	7,09	28	1160	0,33	2,62	140	0,14	0,35	2,97	53,7	215					
3,500	205	8,07	180	7,09	22	3080	0,43	3,48	220	0,18	0,47	3,95	33,7	443					

VDM = 2000

Quadro A2.8 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 720

km	CBUQ		BG		MS		T (°C)	T (°F)	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - MS			D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")			E ₁ (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E ₂ (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E ₃ (MPa)	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃				SN	LD	LE	LD	LE
	20°C = 68°F		a ₁																						
0,100	50	1,97	170	6,69	180	7,09	29	84	18400	0,76	1,49	590	0,25	1,68	160	0,15	1,06	4,23	35,5	219	2,2	3,5	3,5	3	4
1,000	50	1,97	170	6,69	180	7,09	29	84	18400	0,76	1,49	590	0,25	1,68	80	0,08	0,57	3,74	51,3	195	2,4	3,5	3,5	10	7
2,000	50	1,97	170	6,69	180	7,09	23	73	11460	0,67	1,32	380	0,20	1,36	100	0,10	0,73	3,42	57,3	161	1,5	3,5	3,5	3	3
3,000	50	1,97	170	6,69	180	7,09	26	79	14430	0,71	1,40	270	0,17	1,12	110	0,11	0,80	3,32	61,3	143	1,8	4,0	4,0	2	0
4,000	50	1,97	170	6,69	180	7,09	27	81	15620	0,73	1,43	320	0,19	1,24	250	0,19	1,38	4,05	45,3	174	5,4	4,0	4,0	0	0
5,000	50	1,97	170	6,69	180	7,09	28	82	16940	0,74	1,46	250	0,16	1,06	80	0,08	0,57	3,09	61,3	135	5,3	3,5	3,5	7	7
6,000	50	1,97	170	6,69	180	7,09	27	81	15620	0,73	1,43	310	0,18	1,22	90	0,09	0,66	3,30	60,7	159	4,1	4,0	4,0	0	0
7,000	50	1,97	170	6,69	180	7,09	26	79	14430	0,71	1,40	510	0,24	1,58	70	0,07	0,48	3,46	71,0	166	4,4	4,0	4,0	0	0

VDM = 1500

Quadro A2.9 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 722

Km	REVESTIMENTO - CBUQ								BASE - BRITA			SUB-BASE DE BRITA				D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES				
	CBUQ		BG+TSD		BG		T	T	E ₁ (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E ₂	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E ₃				0.06<a ₃ <0.20	SN ₃	SN	LD	LE	LD	LE
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁		(MPa)	a ₂		(MPa)				a ₃						
0,050	75	2,95	225	8,86	200	7,87	33	91	25950	0,81	2,41	230	0,15	1,32	100	0,10	0,81	4,54	37,4	254	1,8	4,5	4,5	0	0
1,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	33	91	9060	0,63	1,87	160	0,11	0,97	120	0,12	0,95	3,80	59,8	132	1,9	4,5	4,5	0	2
2,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	36	97	34080	0,86	2,55	150	0,10	0,91	100	0,10	0,81	4,27	49,2	213	2,1	4,5	4,5	0	0
3,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	32	90	23760	0,80	2,36	200	0,13	1,19	90	0,09	0,73	4,28	44,2	231	2,5	4,5	4,5	0	0
4,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	36	97	30910	0,85	2,50	70	0,02	0,18	120	0,12	0,95	3,63	63,8	151	2,2	4,5	4,5	0	0
5,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	37	99	12280	0,68	2,02	140	0,10	0,85	90	0,09	0,73	3,60	56,5	117	1,5	4,5	4,5	0	0
6,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	36	97	17140	0,74	2,19	180	0,12	1,09	50	0,03	0,27	3,55	57,8	144	1,8	4,5	4,5	0	0
7,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	36	97	34080	0,86	2,55	280	0,17	1,51	80	0,08	0,64	4,69	39,2	260	1,9	4,5	4,5	0	0
8,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	34	93	19640	0,77	2,26	130	0,09	0,77	100	0,10	0,81	3,85	48,2	164	2,2	4,5	4,5	0	0
9,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	27	81	13230	0,70	2,06	120	0,08	0,70	80	0,08	0,64	3,39	50,4	173	1,7	4,0	4,5	0	0
10,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	26	79	9320	0,64	1,88	100	0,06	0,52	260	0,20	1,56	3,97	43,6	155	2,0	4,5	4,5	0	0
11,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	31	88	15010	0,72	2,13	90	0,05	0,42	130	0,13	1,02	3,56	51,6	152	2,4	4,0	4,5	0	0
12,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	29	84	18400	0,76	2,23	510	0,24	2,09	30	-0,02	-0,14	4,18	39,4	309	2,0	4,5	4,5	0	0
13,000	75	2,95	225	8,86	200	7,87	23	73	11460	0,67	1,99	320	0,19	1,64	50	0,03	0,27	3,89	43,5	277	2,1	4,0	4,5	0	0
13,986	75	2,95	225	8,86	200	7,87	33	91	13340	0,70	2,06	170	0,12	1,03	90	0,09	0,73	3,83	54,4	151	-			0	0

VDM = 3433

Quadro A2.10 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 724

Km	CBUQ		TSD + BG		BG		T (°C)	T (°F)	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - BG			SN	D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES			
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")			E ₁ (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E ₂ (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E ₃ (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₃					R _c	IRI	LD	LE	LD	LE
	20°C = 68°F		a ₁		SN ₁				a ₂		SN ₂		a ₃		SN ₃												
0,000	40	1,57	145	5,71	200	7,87	40	104	39980	0,89	1,40	2180	0,39	2,25	190	0,17	1,32	4,96	32,3	381	1,6	4,5	4,5	0	0		
1,000	40	1,57	145	5,71	200	7,87	40	104	39980	0,89	1,40	370	0,20	1,15	150	0,14	1,13	3,68	43,6	154	1,6	4,5	4,5	0	0		
2,000	40	1,57	145	5,71	200	7,87	30	86	16010	0,73	1,15	1830	0,37	2,14	260	0,20	1,56	4,85	26,0	340	1,4	4,5	4,5	0	0		
3,000	40	1,57	145	5,71	200	7,87	29	84	13120	0,70	1,10	690	0,27	1,53	250	0,19	1,53	4,16	49,3	208	1,7	4,0	4,5	0	0		
4,000	40	1,57	145	5,71	200	7,87	30	86	16010	0,73	1,15	300	0,18	1,02	280	0,21	1,62	3,79	45,1	132	1,5	4,5	4,5	0	0		
5,000	40	1,57	145	5,71	200	7,87	41	106	44150	0,91	1,43	390	0,21	1,18	160	0,15	1,18	3,79	45,3	150	2,3	4,5	4,5	0	0		

Quadro A2.11 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 725

Km	CBUQ		BG		BG		T (°C)	T (°F)	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - BG			D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	h1 (mm)	h1 (")	h2 (mm)	h2 (")	h3 (mm)	h3 (")			E ₁ (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E ₂	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E ₃	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃				SN	LD	LE	LD	LE
	20°C = 68°F		a ₁		SN ₁				a ₂		SN ₂		a ₃		SN ₃		SN								
0,000	80	3,15	125	4,92	215	8,46	41	106	34990	0,87	2,73	130	0,09	0,43	50	0,03	0,29	3,45	55,3	158	1,4	4,5	4,5	2	0
1,000	80	3,15	125	4,92	215	8,46	40	104	35030	0,87	2,73	190	0,13	0,63	50	0,03	0,29	3,65	55,5	201	1,2	4,5	4,5	0	0
2,000	80	3,15	125	4,92	215	8,46	29	84	8630	0,62	1,96	140	0,10	0,47	50	0,03	0,29	2,72	63,0	157	1,4	4,5	4,5	0	0
3,000	80	3,15	125	4,92	215	8,46	39	102	38610	0,88	2,78	140	0,10	0,47	100	0,10	0,87	4,13	40,8	222	1,6	4,5	4,5	0	0
3,800	80	3,15	125	4,92	215	8,46	39	102	39070	0,89	2,79	130	0,09	0,43	180	0,16	1,37	4,59	33,1	228		4,0	4,5	0	0

VDM = 2124

Quadro A2.12 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 726

Km	REVESTIMENTO CBUQ		BASE BG			SUB-BASE - BG			T	T	E ₁ (MPa) 20°C = 68°F	0.20<a ₁ <0.44 a ₁	SN ₁	E ₂ (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	E ₃ (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₃	SN	D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES	
	CBUQ+TSD		BG		BG	(°C)	(°F)	(LD)																(LE)	(LD)	(LE)	
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")																					
0,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	39	102	36260	0,87	1,37	580	0,25	2,02	40	0,01	0,09	3,48	46,4	198	2,0	4,5	4,5	0	0		
1,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	38	100	32930	0,86	1,35	470	0,23	1,83	34	-0,01	-0,04	3,14	53,8	166	1,8	4,5	4,5	0	0		
3,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	39	102	36260	0,87	1,37	610	0,26	2,06	51	0,04	0,28	3,72	43	196	1,7	4,5	4,5	0	0		
4,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	38	100	32930	0,86	1,35	1170	0,33	2,63	43	0,02	0,15	4,13	32,6	295	1,7	4,5	4,5	0	0		
5,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	38	100	32930	0,86	1,35	540	0,24	1,95	55	0,04	0,34	3,64	43,4	171	1,2	4,5	4,5	0	0		
6,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	26	79	11540	0,67	1,06	730	0,27	2,22	36	0,00	0,00	3,28	43,3	202	1,5	4,5	4,5	0	0		
7,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	28	82	13550	0,70	1,11	1180	0,33	2,64	46	0,03	0,20	3,95	33,2	324	1,6	4,5	4,5	0	0		
8,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	41	106	44150	0,91	1,43	540	0,24	1,95	38	0,01	0,05	3,44	51,4	178	1,5	4,5	4,5	0	0		
9,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	38	100	32930	0,86	1,35	550	0,24	1,97	73	0,07	0,56	3,88	33,3	209	2,0	4,5	4,5	0	0		
10,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	38	100	32930	0,86	1,35	560	0,25	1,99	71	0,07	0,54	3,87	36,6	229	1,6	4,5	4,5	0	0		
11,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	37	99	29940	0,84	1,32	730	0,27	2,22	38	0,01	0,05	3,59	44,1	219	1,9	4,0	4,5	0	0		
12,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	30	86	11820	0,68	1,07	320	0,19	1,50	80	0,08	0,63	3,20	47,5	128	1,9	4,5	4,5	0	0		
13,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	39	102	36260	0,87	1,37	610	0,26	2,06	55	0,04	0,34	3,78	42,2	197	1,2	4,5	4,5	0	0		
14,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	38	100	32930	0,86	1,35	620	0,26	2,07	53	0,04	0,32	3,74	43,4	190	1,2	4,5	4,5	0	0		
15,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	36	97	20860	0,78	1,22	290	0,17	1,41	69	0,07	0,52	3,15	55,9	121	1,4	4,0	4,5	0	0		
16,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	35	95	24860	0,81	1,27	650	0,26	2,12	88	0,09	0,71	4,10	37,5	208	1,9	4,5	4,5	0	0		
17,000	40	1,57	205	8,07	200	7,87	38	100	21940	0,79	1,24	380	0,20	1,65	51	0,03	0,27	3,16	54,8	129	1,6	4,5	4,5	0	0		

VDM = 2124

Quadro A2.13 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 730

km	BG+TSD		BG		T (°C)	BASE - BG			SUB-BASE - BG			D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")		E ₂ (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	E ₃ (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₃				SN	LD	LE	LD	LE
	1,900	175	6,89	130		5,12	19	650	0,26	1,81	60				0,05	0,27	2,07	55,2	109
2,500	175	6,89	130	5,12	28	1920	0,38	2,62	0		0,00	2,62	94,8	89	11,7	2,0	3,0	10	10
3,000	175	6,89	130	5,12	18	3040	0,43	2,96	0		0,00	2,96	74,3	133	9,5	2,0	3,0	10	10
3,500	175	6,89	130	5,12	20	1500	0,35	2,43	10	-0,13	-0,65	1,78	103	78	8,6	2,0	2,0	10	10
4,000	175	6,89	130	5,12	36	5300	0,49	3,38	10	-0,13	-0,65	2,73	30,3	240	9,1	2,0	2,0	10	10
4,500	175	6,89	130	5,12	31	2870	0,42	2,92	10	-0,13	-0,65	2,27	64,3	153	8,3	2,0	2,0	10	10
5,000	175	6,89	130	5,12	32	1680	0,37	2,52	0		0,00	2,52	89,7	81	8,4	2,0	2,0	10	10
5,500	175	6,89	130	5,12	19	2640	0,41	2,85	10	-0,13	-0,65	2,21	64	120	8,3	1,5	2,0	10	10
6,000	175	6,89	130	5,12	32	560	0,25	1,69	200	0,17	0,88	2,58	41,4	127	8,6	1,5	2,0	10	10
6,500	175	6,89	130	5,12	21	1780	0,37	2,56	0		0,00	2,56	116	85	9,4	1,0	1,5	10	10
7,000	175	6,89	130	5,12	32	500	0,23	1,61	60	0,05	0,27	1,88	69,7	82	9,9	1,0	1,5	10	10
7,500	175	6,89	130	5,12	36	1290	0,34	2,32	0		0,00	2,32	103	70	8,7	1,5	1,0	10	10
8,000	175	6,89	130	5,12	33	2840	0,42	2,91	10	-0,13	-0,65	2,26	46,5	159	8,8	1,5	1,0	10	10
8,500	175	6,89	130	5,12	23	420	0,21	1,48	30	-0,02	-0,09	1,39	99,5	67	8,9	1,5	1,5	10	10
9,000	175	6,89	130	5,12	33	2540	0,41	2,83	10	-0,13	-0,65	2,18	57,9	136	8,9	1,5	1,5	10	10
9,500	175	6,89	130	5,12	22	1480	0,35	2,42	0		0,00	2,42	90,6	88	8,1	1,5	1,5	10	10
10,000	175	6,89	130	5,12	33	1170	0,33	2,25	0		0,00	2,25	114	62	8,9	1,5	1,5	10	10
10,500	175	6,89	130	5,12	31	330	0,19	1,30	30	-0,02	-0,09	1,21	107	70	10,4	1,5	1,5	10	10
11,000	175	6,89	130	5,12	31	1870	0,38	2,60	0		0,00	2,60	94,4	88	7,7	1,5	1,5	10	10
11,503	175	6,89	130	5,12	30	470	0,23	1,56	70	0,07	0,35	1,91	68,5	91	8,0	1,5	1,5	10	10
12,000	175	6,89	130	5,12	24	2810	0,42	2,90	0		0,00	2,90	59,3	125	8,3	1,5	1,5	10	10
12,500	175	6,89	130	5,12	31	480	0,23	1,58	60	0,05	0,27	1,85	69,4	89		1,5	1,5	10	10
13,000	175	6,89	130	5,12	31	860	0,29	2,02	10	-0,13	-0,65	1,37	130	53	7,8	1,5	1,5	10	10
13,500	175	6,89	130	5,12	30	480	0,23	1,58	60	0,05	0,27	1,85	61,7	90	5,3	1,5	1,5	10	10
14,000	175	6,89	130	5,12	29	2060	0,39	2,67	0		0,00	2,67	80,5	88	6,3	1,5	1,5	10	10
14,500	175	6,89	130	5,12	29	520	0,24	1,64	50	0,03	0,17	1,81	65,5	95	5,3	1,5	1,5	10	10
15,000	175	6,89	130	5,12	33	130	0,09	0,60	20	-0,06	-0,30	0,31	150	38	6,4	1,5	1,5	10	10
15,500	175	6,89	130	5,12	29	400	0,21	1,44	50	0,03	0,17	1,62	72,5	82		1,5	1,5	10	10
16,000	175	6,89	130	5,12	35	3260	0,44	3,01	0		0,00	3,01	65,2	136		1,5	1,5	10	10
16,500	175	6,89	130	5,12	36	670	0,27	1,83	60	0,05	0,27	2,10	59,7	120		1,5	1,5	10	10
17,000	175	6,89	130	5,12	32	1220	0,33	2,28	10	-0,13	-0,65	1,63	97,5	67		1,5	1,5	10	10

VDM = 500

Quadro A2.14 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 735

km	CBUQ		BG		BG		T (°C)	T (°F)	REVESTIMENTO - CBUQ			BASE - BG			SUB-BASE - BG			SN	D ₀ (mmx10 ⁻³)	Rc	IRI	ICPF		IES	
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")			E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃					LD	LE	LD	LE
	20°C = 68°F			a ₁					a ₂			a ₃													
0,000	80	3,15	150	5,91	150	5,91	22	72	10730	0,66	2,08	170	0,12	0,69	100	0,10	0,61	3,38	45,7	223	2,13	3,5	4,0	10	10
0,500	80	3,15	150	5,91	150	5,91	21	70	6180	0,57	1,78	190	0,13	0,76	270	0,20	1,19	3,74	50,9	192	2,51	3,5	4,0	10	10
1,000	80	3,15	150	5,91	150	5,91	21	70	7240	0,59	1,87	140	0,10	0,56	80	0,08	0,48	2,91	42,7	184	2,38	4,0	4,0	2	0
1,500	80	3,15	150	5,91	150	5,91	22	72	12550	0,69	2,17	120	0,08	0,47	70	0,07	0,40	3,03	48,3	230	2,90	4,0	4,0	2	0
2,000	80	3,15	150	5,91	150	5,91	12	54	5520	0,55	1,72	240	0,15	0,91	160	0,15	0,89	3,51	46,6	231	2,08	4,0	4,0	0	0
2,500	80	3,15	150	5,91	150	5,91	21	70	6350	0,57	1,80	140	0,10	0,56	90	0,09	0,55	2,91	68,0	147	1,73	4,0	4,0	0	0
3,000	80	3,15	150	5,91	150	5,91	22	72	5480	0,54	1,72	90	0,05	0,28	60	0,05	0,31	2,30	94,0	120	1,66	4,0	4,0	0	0
3,500	80	3,15	150	5,91	150	5,91	21	70	6370	0,57	1,80	110	0,07	0,41	80	0,08	0,48	2,68	79,8	136	1,88	4,0	4,0	0	0
4,000	80	3,15	150	5,91	150	5,91	21	70	9500	0,64	2,02	120	0,08	0,47	80	0,08	0,48	2,96	65,2	179	1,94	4,0	4,0	0	0
4,500	80	3,15	150	5,91	150	5,91	21	70	11600	0,67	2,13	150	0,10	0,61	20	-0,06	-0,34	2,39	49,9	146	2,05	4,0	4,0	0	0
5,000	80	3,15	150	5,91	150	5,91	21	70	4450	0,51	1,60	130	0,09	0,52	110	0,11	0,66	2,78	67,9	135	1,89	4,0	4,0	0	0
5,500	80	3,15	150	5,91	150	5,91	16	61	2970	0,44	1,38	120	0,08	0,47	110	0,11	0,66	2,51	74,0	119	2,34	4,0	4,0	0	0

VDM = 4314

Quadro A2.15 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 737

km	REVESTIMENTO - CBUQ						BASE - BG						SUB-BASE - BG						D ₀ (mmx10 ⁻²)	Rc	IRI	ICPF		IES	
	CBUQ		BG		BG		T	T	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E2	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃	SN				LD	LE	LD	LE
	h1(mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")	(°C)	(°F)	20°C = 68°F	a ₁		(MPa)	a ₂		(MPa)	a ₃									
0,000	100	3,94	160	6,30	160	6,30	29	84	5060	0,53	2,09	40	-0,04	-0,26	20	-0,06	-0,36	1,47	93,4	103	2,58	4,0	4,0	0	0
0,500	100	3,94	160	6,30	160	6,30	28	82	5117	0,53	2,10	170	0,12	0,73	90	0,09	0,58	3,41	56,2	148	1,99	4,0	4,0	0	0
1,000	100	3,94	160	6,30	160	6,30	28	82	7319	0,59	2,34	130	0,09	0,55	20	-0,06	-0,36	2,53	76,9	177	1,48	4,0	4,0	0	0
1,500	100	3,94	160	6,30	160	6,30	28	82	9200	0,63	2,50	210	0,14	0,88	90	0,09	0,58	3,96	36,0	248	2,18	4,0	4,0	0	0
2,000	100	3,94	160	6,30	160	6,30	24	75	7514	0,60	2,36	170	0,12	0,73	130	0,13	0,81	3,91	38,8	226	1,71	4,0	4,0	0	0
2,500	100	3,94	160	6,30	160	6,30	28	82	7912	0,61	2,40	50	-0,02	-0,10	40	0,01	0,07	2,37	58,1	163	1,91	4,0	4,0	0	0
3,000	100	3,94	160	6,30	160	6,30	17	63	3274	0,46	1,79	60	0,00	0,02	70	0,07	0,42	2,24	53,4	164	1,96	0,0	4,0	0	0
3,500	100	3,94	160	6,30	160	6,30	19	66	1825	0,35	1,39	160	0,11	0,69	30	-0,02	-0,11	1,98	71,5	154	3,17	4,0	4,0	0	0
4,000	100	3,94	160	6,30	160	6,30	29	84	2944	0,44	1,72	130	0,09	0,55	30	-0,02	-0,11	2,16	71,0	124	1,52	4,0	4,0	0	0
4,500	100	3,94	160	6,30	160	6,30	30	86	6343	0,57	2,24	90	0,05	0,30	40	0,01	0,07	2,62	68,4	137	1,73	4,0	4,0	0	0
5,000	100	3,94	160	6,30	160	6,30	30	86	8723	0,63	2,46	60	0,00	0,02	30	-0,02	-0,11	2,38	73,9	153	1,73	4,0	4,0	0	2
5,500	100	3,94	160	6,30	160	6,30	29	84	15878	0,73	2,87	140	0,10	0,60	40	0,01	0,07	3,55	41,3	274		4,0	4,0	0	2

VDM = 4229

Quadro A2.16a - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 740

km	REVESTIMENTO - CBUQ						BASE - BG			SUB-BASE - BG			SN	D ₀ (mmx10 ⁻⁴)	R _c	IRI	ICPF				IES					
	CBUQ		BG		BG		T (°C)	T (°F)	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2					0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3	0.06<a ₃ <0.20		SN ₃	LD	LE	LD	LE
	h1 (mm)	h1(")	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")			20°C = 68°F	a ₁		(MPa)					a ₂		(MPa)	a ₃						
0,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	12	54	410	0,09	0,19	240	0,15	0,91	10	-0,13	-0,75	0,35	121,0	59	2,74	4,0	4,0	4	4	
1,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	14	57	4980	0,53	1,04	510	0,24	1,39	60	0,05	0,31	2,74	43,7	180	2,13	4,5	4,0	2	2	
2,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	9	48	2730	0,42	0,83	260	0,16	0,96	20	-0,06	-0,34	1,45	81,8	128	1,89	4,5	4,0	2	4	
3,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	16	61	5640	0,55	1,08	970	0,31	1,81	50	0,03	0,20	3,09	35,2	257	1,76	4,5	4,0	2	2	
4,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	13	55	4690	0,52	1,02	240	0,15	0,91	30	-0,02	-0,10	1,83	65,4	129	1,90	4,5	4,0	4	2	
5,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	14	57	2290	0,39	0,77	300	0,18	1,05	10	-0,13	-0,75	1,08	84,4	104	1,58	4,5	4,5	2	0	
6,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	13	55	4690	0,52	1,02	1980	0,38	2,26	20	-0,06	-0,34	2,94	40,4	343	1,77	4,5	4,5	0	0	
7,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	15	59	5300	0,54	1,06	320	0,19	1,09	10	-0,13	-0,75	1,41	79,0	138	1,55	4,5	4,0	0	0	
8,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	15	59	5300	0,54	1,06	1170	0,33	1,93	40	0,01	0,07	3,05	35,3	259	1,83	4,0	4,0	2	0	
9,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	15	59	5300	0,54	1,06	420	0,21	1,27	30	-0,02	-0,10	2,23	55,9	135	1,55	4,5	4,5	0	0	
10,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	16	61	370	0,08	0,15	890	0,30	1,75	20	-0,06	-0,34	1,56	66,8	156	2,08	4,5	4,5	0	4	
11,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	16	61	5640	0,55	1,08	990	0,31	1,82	20	-0,06	-0,34	2,56	45,3	238	1,53	4,0	4,5	4	2	
12,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	15	59	5300	0,54	1,06	1320	0,34	2,00	30	-0,02	-0,10	2,96	38,0	233	1,70	4,5	4,5	0	2	
13,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	14	57	4980	0,53	1,04	1000	0,31	1,82	50	0,03	0,20	3,06	39,2	222	1,66	4,5	4,0	0	10	
14,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	13	55	4690	0,52	1,02	980	0,31	1,81	50	0,03	0,20	3,03	35,5	235	1,89	4,5	4,0	2	4	
15,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	14	57	300	0,04	0,08	880	0,30	1,74	30	-0,02	-0,10	1,72	59,9	144	1,56	4,5	4,0	0	2	
16,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	14	57	600	0,16	0,32	910	0,30	1,76	40	0,01	0,07	2,15	50,4	173	1,60	4,0	4,0	2	2	
17,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	13	55	4690	0,52	1,02	1280	0,34	1,98	30	-0,02	-0,10	2,90	38,9	283	2,16	4,0	4,0	7	2	
18,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	15	59	5300	0,54	1,06	580	0,25	1,48	100	0,10	0,61	3,14	33,8	200	1,56	4,0	4,0	4	2	
19,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	16	61	5640	0,55	1,08	490	0,23	1,37	60	0,05	0,31	2,76	41,9	200	1,49	4,5	4,0	0	4	
20,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	6	43	3200	0,45	0,89	830	0,29	1,71	20	-0,06	-0,34	2,25	52,6	203	2,39	4,0	4,5	10	7	
21,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	16	61	1040	0,26	0,50	820	0,29	1,70	30	-0,02	-0,10	2,10	48,5	192	1,92	4,5	4,0	7	10	
22,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	17	63	6020	0,56	1,10	640	0,26	1,54	30	-0,02	-0,10	2,54	49,3	184	1,68	4,5	4,0	7	4	
23,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	15	59	5300	0,54	1,06	670	0,27	1,57	50	0,03	0,20	2,83	40,7	195	1,87	4,5	4,0	2	10	
24,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	16	61	5640	0,55	1,08	520	0,24	1,41	60	0,05	0,31	2,79	38,8	222	1,91	4,5	4,0	2	10	
25,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	17	63	6020	0,56	1,10	260	0,16	0,96	30	-0,02	-0,10	1,96	68,5	124	1,52	4,0	4,0	10	10	
26,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	16	61	4860	0,52	1,03	990	0,31	1,82	20	-0,06	-0,34	2,51	52,6	215	1,62	3,5	4,5	10	2	
27,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	13	55	1370	0,30	0,60	810	0,29	1,69	20	-0,06	-0,34	1,95	60,4	154	1,61	4,0	4,0	7	7	
28,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	18	64	6430	0,57	1,13	730	0,27	1,62	20	-0,06	-0,34	2,41	51,5	201	1,42	4,0	4,0	4	10	
29,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	19	66	900	0,23	0,45	990	0,31	1,82	30	-0,02	-0,10	2,17	50,4	194	1,46	4,5	4,0	7	7	
30,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	18	64	3400	0,46	0,91	870	0,29	1,74	20	-0,06	-0,34	2,30	56,0	186	1,57	4,5	4,0	7	7	
31,050	50	1,97	150	5,91	150	5,91	20	68	7380	0,60	1,17	1200	0,33	1,94	30	-0,02	-0,10	3,01	39,2	244	1,97	4,0	4,0	7	10	
32,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	18	64	4250	0,50	0,99	290	0,17	1,03	20	-0,06	-0,34	1,68	77,9	114	2,33	4,0	4,5	10	10	
33,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	19	66	1510	0,32	0,63	490	0,23	1,37	30	-0,02	-0,10	1,90	50,8	132	2,57	4,0	4,0	7	4	
34,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	19	66	6890	0,58	1,15	580	0,25	1,48	20	-0,06	-0,34	2,29	63,4	172	1,93	4,0	4,5	10	7	
35,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	18	64	350	0,07	0,13	1010	0,31	1,83	20	-0,06	-0,34	1,62	76,4	173	1,59	4,5	4,0	7	7	
36,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	17	63	5780	0,55	1,09	770	0,28	1,66	20	-0,06	-0,34	2,41	52,7	208	1,59	4,0	4,0	7	10	
37,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	18	64	5340	0,54	1,06	550	0,24	1,44	60	0,05	0,31	2,81	41,4	212	1,62	4,0	4,0	7	2	
38,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	17	63	6020	0,56	1,10	470	0,23	1,34	30	-0,02	-0,10	2,34	55,2	160	2,17	4,0	4,5	7	4	
39,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	19	66	6760	0,58	1,14	290	0,17	1,03	20	-0,06	-0,34	1,83	73,3	130	2,27	3,5	4,5	10	7	
40,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	20	68	410	0,09	0,19	740	0,28	1,63	30	-0,02	-0,10	1,72	64,8	121	2,32	4,5	4,5	7	2	
41,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	20	68	2780	0,43	0,84	860	0,29	1,73	20	-0,06	-0,34	2,23	59,3	169	3,35	4,0	4,5	7	7	
42,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	20	68	7380	0,60	1,17	750	0,28	1,64	30	-0,02	-0,10	2,71	45,0	204	1,43	4,5	4,0	7	7	

Quadro A2.16b - Módulos de resiliência retroanalisados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 740

km	REVESTIMENTO - CBUQ						BASE - BG						SUB-BASE - BG						D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF				IES	
	CBUQ		BG		BG		T (°C)	T (°F)	E1 (MPa)	0.20<a ₁ <0.44	SN ₁	E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20	SN ₃	SN				LD	LE	LD	LE		
	h1 (mm)	h1 (")	h2 (mm)	h2 (")	h3 (mm)	h3 (")			20°C = 68°F	a ₁		a ₂	a ₃														
43,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	19	66	6820	0,58	1,15	690	0,27	1,59	20	-0,06	-0,34	2,39	57,8	192	1,86	4,0	4,5	7	2		
44,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	21	70	680	0,18	0,36	730	0,27	1,62	20	-0,06	-0,34	1,64	62,6	142	1,46	4,5	4,5	2	2		
45,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	19	66	6890	0,58	1,15	1010	0,31	1,83	40	0,01	0,07	3,05	36,7	243	1,54	4,5	4,0	0	4		
46,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	15	59	5300	0,54	1,06	140	0,10	0,56	50	0,03	0,20	1,82	65,3	109	1,64	4,5	4,0	0	10		
47,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	21	70	7920	0,61	1,20	470	0,23	1,34	40	0,01	0,07	2,61	47,0	165	1,54	4,5	4,0	2	2		
48,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	21	70	3120	0,45	0,88	840	0,29	1,71	20	-0,06	-0,34	2,25	65,7	171	1,47	4,0	4,0	4	7		
49,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	22	72	8520	0,62	1,22	980	0,31	1,81	30	-0,02	-0,10	2,93	43,0	243	1,67	4,5	4,5	4	0		
50,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	9	48	550	0,15	0,29	1110	0,32	1,89	40	0,01	0,07	2,25	49,3	219	1,85	4,5	4,0	2	7		
51,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	22	72	8520	0,62	1,22	920	0,30	1,77	20	-0,06	-0,34	2,65	49,0	222	1,32	4,0	3,5	7	10		
52,000	50	1,97	150	5,91	150	5,91	9	48	3730	0,48	0,94	470	0,23	1,34	20	-0,06	-0,34	1,94	59,1	160	1,36	4,0	4,0	7	2		
52,547	50	1,97	150	5,91	150	5,91	21	70	7920	0,61	1,20	2020	0,39	2,28	50	0,03	0,20	3,67	28,8	374							

VDM = 800

**Quadro A2.17 - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 752**

km	BG+TSD		BG		T (°C)	REVEST.-TSD + BASE-BG			SUB-BASE - BG			SN	D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES	
	h2(mm)	h2(")	h3(mm)	h3(")		E2 (MPa)	0.20<a ₂ <0.44 a ₂	SN ₂	E3 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₃					LE	LD	LD	LE
	0,100	205	8,07	200		7,87	33	900	0,30	2,40	30					-0,02	0,19	2,59	60,7
0,500	205	8,07	200	7,87	32	410	0,21	1,71	10	-0,13	0,16	1,88	96,2	104	4,00	4,0	4,0	2	2
1,000	205	8,07	200	7,87	32	960	0,30	2,46	120	0,12	0,32	2,78	36,4	191	3,97	4,0	4,0	0	0
1,487	205	8,07	200	7,87	35	660	0,26	2,13	80	0,08	0,27	2,39	54,9	131		4,0	4,0	0	0

VDM = 1200

Quadro A2.18a - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 753

km	BG+TSD		BG		T (°C)	BASE-BG			SUB-BASE - BG			D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	h1 (mm)	h1 (")	h2 (mm)	h2 (")		E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	E2 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₃				SN	LD	LE	LD	LE
	0,060	225	8,86	220		8,66	28	1730	0,37	3,26	110				0,11	0,31	3,57	27,8	340
0,500	225	8,86	220	8,66	28	700	0,27	2,39	50	0,03	0,22	2,62	53,7	142	3,68	3,5	3,5	10	10
1,000	225	8,86	220	8,66	27	550	0,24	2,16	30	-0,02	0,19	2,36	67,5	116	3,62	3,5	3,5	10	10
1,500	225	8,86	220	8,66	28	600	0,25	2,25	30	-0,02	0,19	2,44	69,5	132	4,90	3,5	3,5	10	10
2,000	225	8,86	220	8,66	21	620	0,26	2,28	20	-0,06	0,18	2,46	71,9	122	3,60	3,5	3,5	10	10
2,500	225	8,86	220	8,66	27	530	0,24	2,13	20	-0,06	0,18	2,31	80,3	108	3,58	3,5	3,5	10	10
3,000	225	8,86	220	8,66	28	740	0,28	2,45	30	-0,02	0,19	2,64	61,3	164	3,49	4,0	4,0	10	10
3,500	225	8,86	220	8,66	28	470	0,23	2,01	30	-0,02	0,19	2,20	73,8	93	3,57	4,0	4,0	4	7
4,000	225	8,86	220	8,66	27	770	0,28	2,49	40	0,01	0,21	2,69	55	160	3,07	4,0	4,0	4	7
4,500	225	8,86	220	8,66	23	800	0,28	2,52	90	0,09	0,28	2,80	38,9	177	3,08	4,0	4,0	2	4
5,000	225	8,86	220	8,66	28	340	0,19	1,70	20	-0,06	0,18	1,88	96,5	76	2,83	3,5	4,0	2	4
5,500	225	8,86	220	8,66	27	590	0,25	2,23	30	-0,02	0,19	2,42	62,3	117	4,03	3,5	4,0	10	4
6,000	225	8,86	220	8,66	28	490	0,23	2,05	60	0,05	0,24	2,29	57,7	109	2,96	4,0	4,0	10	4
6,500	225	8,86	220	8,66	25	360	0,20	1,75	30	-0,02	0,19	1,95	81	79	3,81	4,0	4,0	4	4
7,000	225	8,86	220	8,66	23	780	0,28	2,50	110	0,11	0,31	2,81	40,3	169	3,47	4,0	4,0	4	4
7,500	225	8,86	220	8,66	24	560	0,25	2,18	60	0,05	0,24	2,42	52,5	124	3,02	4,0	4,0	2	7
8,000	225	8,86	220	8,66	28	910	0,30	2,65	90	0,09	0,28	2,93	38,8	194	2,97	4,0	4,0	2	7
8,500	225	8,86	220	8,66	28	960	0,30	2,70	90	0,09	0,28	2,98	33	226	3,43	4,0	4,0	10	10
9,000	225	8,86	220	8,66	27	940	0,30	2,68	90	0,09	0,28	2,96	33,4	208	3,45	4,0	4,0	10	10
9,500	225	8,86	220	8,66	28	1220	0,33	2,93	40	0,01	0,21	3,14	40	239	3,30	4,0	4,0	2	7
10,000	225	8,86	220	8,66	25	640	0,26	2,31	50	0,03	0,22	2,53	53,9	143	3,01	4,0	4,0	2	7
10,500	225	8,86	220	8,66	27	880	0,30	2,61	110	0,11	0,31	2,92	37,1	190	3,63	4,0	4,0	2	7
11,000	225	8,86	220	8,66	24	800	0,28	2,52	80	0,08	0,27	2,79	39,9	169	3,47	4,0	3,5	2	7
11,500	225	8,86	220	8,66	27	360	0,20	1,75	30	-0,02	0,19	1,95	77,5	84	3,63	4,0	3,5	2	7
12,000	225	8,86	220	8,66	28	590	0,25	2,23	50	0,03	0,22	2,45	53,2	129	3,31	4,0	4,0	2	7
12,500	225	8,86	220	8,66	28	1340	0,34	3,02	40	0,01	0,21	3,23	36,9	228	3,72	4,0	4,0	10	10
13,000	225	8,86	220	8,66	28	770	0,28	2,49	70	0,07	0,25	2,74	43	165	3,77	4,0	3,5	10	10
13,500	225	8,86	220	8,66	27	600	0,25	2,25	40	0,01	0,21	2,45	61,1	130	3,85	4,0	3,5	2	0
14,000	225	8,86	220	8,66	28	1100	0,32	2,83	50	0,03	0,22	3,05	39,9	222	3,39	4,0	4,0	2	0
14,500	225	8,86	220	8,66	27	950	0,30	2,69	100	0,10	0,29	2,98	36,2	193	4,13	4,0	4,0	10	10
15,000	225	8,86	220	8,66	25	770	0,28	2,49	40	0,01	0,21	2,69	54,4	160	2,83	4,0	4,0	10	10
15,500	225	8,86	220	8,66	29	750	0,28	2,46	110	0,11	0,31	2,77	39,4	167	2,97	4,0	4,0	4	0
16,000	225	8,86	220	8,66	26	570	0,25	2,20	60	0,05	0,24	2,43	50,8	124	2,92	4,0	4,0	4	0
16,500	225	8,86	220	8,66	26	680	0,27	2,37	100	0,10	0,29	2,66	39	151	3,46	4,0	4,0	4	0

Quadro A2.18b - Módulos de resiliência retroanalizados, Coeficientes estruturais das camadas, Números estruturais, IRI e IES pontuais
Trecho DAER 753

km	BG+TSD		BG		T (°C)	BASE-BG			SUB-BASE - BG			D ₀ (mmx10 ⁻²)	R _c	IRI	ICPF		IES		
	h1 (mm)	h1 (")	h2 (mm)	h2 (")		E2 (MPa)	0.06<a ₂ <0.20 a ₂	SN ₂	E2 (MPa)	0.06<a ₃ <0.20 a ₃	SN ₃				SN	LD	LE	LD	LE
	17,000	225	8,86	220		8,66	26	590	0,25	2,23	40				0,01	0,21	2,44	57,6	128
17,500	225	8,86	220	8,66	28	440	0,22	1,95	50	0,03	0,22	2,17	58,5	100	3,06	4,0	3,5	7	10
18,000	225	8,86	220	8,66	23	520	0,24	2,11	70	0,07	0,25	2,36	50,5	120	2,79	4,0	4,0	7	10
18,500	225	8,86	220	8,66	31	500	0,23	2,07	30	-0,02	0,19	2,26	66,9	104	5,30	4,0	4,0	10	0
19,000	225	8,86	220	8,66	26	340	0,19	1,70	30	-0,02	0,19	1,89	86	76	4,04	4,0	4,0	10	0
19,500	225	8,86	220	8,66	24	720	0,27	2,42	90	0,09	0,28	2,70	37,7	158	3,50	4,0	4,0	0	2
20,000	225	8,86	220	8,66	27	590	0,25	2,23	100	0,10	0,29	2,52	42,6	138	3,36	4,0	4,0	0	2
20,500	225	8,86	220	8,66	30	740	0,28	2,45	70	0,07	0,25	2,70	43,4	132	3,72	4,0	4,0	2	7
21,000	225	8,86	220	8,66	31	870	0,29	2,60	110	0,11	0,31	2,91	35,4	200	3,80	4,0	4,0	2	7
21,500	225	8,86	220	8,66	31	1010	0,31	2,75	110	0,11	0,31	3,05	31,1	224	3,50	4,0	4,0	0	2
22,000	225	8,86	220	8,66	32	1340	0,34	3,02	260	0,20	0,52	3,54	20,7	234	4,17	3,5	4,0	0	2
22,500	225	8,86	220	8,66	25	490	0,23	2,05	50	0,03	0,22	2,27	56,4	109	3,71	3,5	4,0	10	4
23,000	225	8,86	220	8,66	25	690	0,27	2,38	30	-0,02	0,19	2,57	58,2	140	3,28	3,5	4,0	10	4
23,500	225	8,86	220	8,66	27	740	0,28	2,45	50	0,03	0,22	2,67	48,5	159	4,79	3,5	4,0	10	10
24,000	225	8,86	220	8,66	33	340	0,19	1,70	60	0,05	0,24	1,94	67,5	83	0,00	4,0	3,5	10	10
24,500	225	8,86	220	8,66	31	800	0,28	2,52	90	0,09	0,28	2,80	41,8	171	3,97	4,0	3,5	4	10
25,000	225	8,86	220	8,66	33	340	0,19	1,70	50	0,03	0,22	1,92	70,7	84	4,76	3,5	3,5	4	10
25,500	225	8,86	220	8,66	31	360	0,20	1,75	40	0,01	0,21	1,96	69,9	85	4,23	3,5	3,5	10	10
26,000	225	8,86	220	8,66	24	500	0,23	2,07	80	0,08	0,27	2,34	52,2	114		3,0	3,5	10	10
26,500	225	8,86	220	8,66	23	2010	0,38	3,41	60	0,05	0,24	3,64	27,6	388	2,38	3,0	3,5	10	10
27,000	225	8,86	220	8,66	32	550	0,24	2,16	50	0,03	0,22	2,38	66,5	129	4,76	3,5	3,5	10	10
27,500	225	8,86	220	8,66	25	790	0,28	2,51	50	0,03	0,22	2,73	45,6	177	5,05	3,5	3,5	10	2
28,000	225	8,86	220	8,66	31	750	0,28	2,46	30	-0,02	0,19	2,65	57,3	155	4,28	3,0	4,0	10	2
28,500	225	8,86	220	8,66	32	450	0,22	1,97	40	0,01	0,21	2,18	70,5	98	5,14	3,0	4,0	10	7
29,000	225	8,86	220	8,66	24	400	0,21	1,86	60	0,05	0,24	2,09	62	94	4,84	4,0	3,5	10	7
29,500	225	8,86	220	8,66	26	550	0,24	2,16	210	0,18	0,45	2,61	39,4	144	4,29	4,0	3,5	7	10
30,000	225	8,86	220	8,66	24	680	0,27	2,37	40	0,01	0,21	2,57	62,9	148	4,38	3,0	3,5	7	10
30,500	225	8,86	220	8,66	24	310	0,18	1,61	20	-0,06	0,18	1,79	99,7	70	4,87	3,0	3,5	10	10
31,000	225	8,86	220	8,66	33	710	0,27	2,41	80	0,08	0,27	2,67	40,8	162	4,75	3,5	3,5	10	10
31,500	225	8,86	220	8,66	31	600	0,25	2,25	120	0,12	0,32	2,57	40	142	4,16	3,5	3,5	7	10
32,000	225	8,86	220	8,66	27	710	0,27	2,41	100	0,10	0,29	2,70	40,8	152	4,24	3,5	3,5	7	10
32,500	225	8,86	220	8,66	34	630	0,26	2,29	30	-0,02	0,19	2,49	60,8	128		3,5	3,5	7	10

VDM = 2086