



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

JOSÉ WÉMENSON RABELO CHAVES

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE
RETROANALISADOS POR DISTINTOS *SOFTWARES* PARA O MÉTODO
ACR/PCR

FORTALEZA

2024

JOSÉ WÉMENSON RABELO CHAVES

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE
RETROANALISADOS POR DISTINTOS *SOFTWARES* PARA O MÉTODO ACR/PCR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Infraestrutura de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C438a Chaves, José Wémenson Rabelo.
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS POR
DISTINTOS SOFTWARES PARA O MÉTODO ACR/PCR / José Wémenson Rabelo Chaves. – 2024.
302 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira.

1. Módulo de elasticidade. 2. Retroanálise. 3. Método ACR/PCR. 4. Capacidade estrutural. I. Título.
CDD 388

JOSÉ WÉMENSON RABELO CHAVES

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE
RETROANALISADOS POR DISTINTOS *SOFTWARES* PARA O MÉTODO ACR/PCR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Infraestrutura de Transportes.

Aprovada em 21/03/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Suelly Helena de Araújo Barroso (Examinadora interna)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Iuri Sidney Bessa (Examinador interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Cláudia Azevedo Pereira (examinadora externa)
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Dedico esta dissertação ao meu pai, a pessoa
que mais me incentivou a investir nos estudos.
Obrigado meu pai por tudo!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmãos, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos de alegrias, risadas e angústias.

Ao Professor e meu amigo Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira, pela excelente orientação. Ter um orientador como o senhor foi um privilégio que a vida me proporcionou.

Ao meu amigo Lucas Cavalcante, por ter me incentivado e contribuído para a realização deste sonho. Quero expressar minha grande admiração que tenho por você.

Aos meus amigos que fiz durante a jornada do mestrado, especialmente, Gustavo Silva, Matheus Jesus e Nayara Gurjão por todo o apoio e pela ajuda, que muitos contribuíram para a concretização deste trabalho.

Aos amigos que fiz durante o mestrado, Levi Chaves, Gustavo Mota, Tiago Silveira, Camila Lima e Felipe Silveira, que sempre estiveram à disposição quando precisei e proporcionaram as melhores viagens e resenhas que alguém poderia querer.

À professora Dra. Suelly Barroso pela oportunidade de participar do Projeto de Pesquisa, Treinamento e Acompanhamento Técnico de Pavimentos Rodoviários Asfálticos Nacionais, financiado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Aos professores do PETRAN, pelos ensinamentos que me permitiram progresso no meu desenvolvimento profissional e pessoal.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia de Transportes.

À Instituição Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, pelo apoio financeiro (bolsa de auxílio) durante o mestrado.

Aos professores participantes da banca examinadora pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

“Se os teus sonhos não te assustam, eles não são grandes o suficiente.” (Desconhecido).

RESUMO

A partir de novembro de 2024, o Método ACR/PCR (*Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating*) será aceito pelas autoridades de aviação civil para notificar a capacidade de suporte de pavimentos aeroportuários. Para o cálculo dos parâmetros referentes a esse método são necessárias as características estruturais, como o módulo de elasticidade, que no caso de pavimentos existentes, pode ser obtido por retroanálise. Contudo, os resultados desse procedimento podem variar dependendo do tipo de método e algoritmos de minimização de erros de ajuste entre as bacias deflectométricas adotadas no *software*. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar se os módulos de elasticidade de diferentes *softwares* de retroanálise geram diferenças nos parâmetros do Método ACR/PCR em pavimentos flexíveis aeroportuários. Para isso, foram utilizados os módulos de elasticidade retroanalizados dos materiais que compõem as camadas das pistas de pousos e decolagem de dois aeroportos brasileiros pelos *softwares* BAKFAA (v. 2003.11.3), BackCAP (v.2.0), BackMedina (v.1.2.0) e ELMOD (v.6). Os dados obtidos foram empregados para o cálculo do PCR (*Pavement Classification Rating*), SUB CDF (*Subgrade Cumulative Damage Factor*) e vida de serviço remanescente. Os resultados das retroanálises mostraram valores próximos dos módulos de elasticidade para a camada de revestimento. Por sua vez, nas camadas de base, de sub-base e de subleito constatou-se maior variabilidade de valores. Também verificou-se que em alguns segmentos o PCR obtido com base nos módulos de elasticidade do BackCAP, do BackMedina e do BAKFAA geraram maior admissibilidade de movimentações de aeronaves. No quesito vida útil remanescente (SUB CDF), os módulos advindos do BackMedina e do BAKFAA resultaram em valores próximos de zero, indicando uma vida útil teoricamente infinita. Em referência ao ELMOD e ao BackCAP, obteve-se valores próximos a 1,00 no critério de dano por fadiga. Desse modo, conclui-se que, a escolha do *software* de retroanálise das bacias deflectométricas pode influenciar nos resultados do Método ACR/PCR em função das divergências na determinação da resistência de capacidade do pavimento, na admissibilidade de operações das aeronaves e na vida útil remanescente da estrutura.

Palavras-chave: Módulo de elasticidade; retroanálise; método ACR/PCR; capacidade estrutural.

ABSTRACT

Starting from November 2024, the ACR/PCR Method (Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating) will be accepted by civil aviation authorities to assess the pavement support capacity of airport pavements. Calculating the parameters related to this method requires structural characteristics, such as the modulus of elasticity, which in the case of existing pavements, can be obtained through retroanalysis. However, the results of this procedure may vary depending on the type of method and error minimization algorithms used to fit the deflectometric basins adopted in the software. Therefore, this study aims to evaluate whether the elasticity modules from different retroanalysis software generate differences in the parameters of the ACR/PCR Method in flexible airport pavements. For this purpose, retroanalyzed elasticity modules of materials composing the layers of landing and takeoff runways from two Brazilian airports were used, employing the software BAKFAA (v. 2003.11.3), BackCAP (v.2.0), BackMedina (v.1.2.0), and ELMOD (v.6). The obtained data were used to calculate PCR (Pavement Classification Rating), SUB CDF (Subgrade Cumulative Damage Factor), and remaining service life. The results of the retroanalysis showed close values of modulus of elasticity for the surface layer. However, in the base, sub-base, and subgrade layers, higher variability of values was observed. It was also found that in some segments, the PCR obtained based on the elasticity modules from BackCAP, BackMedina, and BAKFAA resulted in greater admissibility of aircraft movements. Concerning remaining service life (SUB CDF), the modules from BackMedina and BAKFAA resulted in values close to zero, indicating a theoretically infinite service life. Regarding ELMOD and BackCAP, values closer to 1.00 were obtained in the fatigue damage criterion. Thus, it is concluded that the choice of deflectometric basin retroanalysis software can influence the results of the ACR/PCR Method due to discrepancies in determining pavement capacity resistance, aircraft operation admissibility, and remaining service life of the structure

Keywords: Modulus of elasticity; backcalculation; ACR/PCR method; structural capacity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Esquema ilustrativo de deflexão na superfície de um pavimento causada pela carga imposta por meio do pneu de um veículo ou de uma aeronave.....	23
Figura 2	– Exemplo do funcionamento do software disponibilizado pela ICAO para cálculo do ACR.....	27
Figura 3	– Procedimento utilizado para determinação do ACR de aeronaves em pavimentos flexíveis.....	28
Figura 4	– Resumo do procedimento para o cálculo do parâmetro PCR do método ACR/PCR.....	29
Figura 5	– Padrões de pista de taxiamento que acessam a PPD.....	29
Figura 6	– Gráfico (CDF versus offset m) obtido a partir do <i>software</i> FAARFIELD 2.0.7.....	31
Figura 7	– Janela de configuração do FAARFIELD 2.0.....	33
Figura 8	– Seleção dos fabricantes e das aeronaves para fins de dimensionamento e de PCR.....	35
Figura 9	– Exemplo de resultado de PCR para uma estrutura inserida e <i>mix</i> de aeronaves.....	36
Figura 10	– Sistema de carregamento e sensores de um equipamento FWD/HWD.....	37
Figura 11	– Gráfico típico obtido com FWD/HWD.....	37
Figura 12	– Gráfico de uma bacia de deflexão com sete sensores (geofones).....	38
Figura 13	– Diferentes tipos de anomalias em uma bacia deflectométrica.....	39
Figura 14	– Esquema do processo de retroanálise de pavimentos.....	44
Figura 15	– Fluxograma das etapas realizadas nesse trabalho.....	55
Figura 16	– Estrutura existente da PPD A.....	56
Figura 17	– Estrutura modificada para retroanálise da PPD A.....	57
Figura 18	– Estrutura existente da PPD B aferidas nas sondagens.....	58

Figura 19 – Bacias deflectométricas medidas na PPD A com anomalias.....	70
Figura 20 – Bacias deflectométricas medidas na PPD B com anomalias.....	70
Figura 21 – Distribuição espacial das deflexões ao longo da PPD A.....	71
Figura 22 – Distribuição espacial das deflexões ao longo da PPD B.....	72
Figura 23 – Distribuição espacial das deflexões normalizadas ao longo da PPD A.....	73
Figura 24 – Distribuição espacial das deflexões normalizadas ao longo da PPD B.....	73
Figura 25 – Valores de módulos de elasticidade para a camada de revestimento por meio dos <i>softwares</i> BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD A.....	76
Figura 26 – Valores de módulos de elasticidade para a camada de revestimento por meio dos <i>softwares</i> BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD B.....	76
Figura 27 – Valores de Módulos de elasticidade obtidos para o Trecho 1 da base por meio dos <i>softwares</i> BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD A.....	77
Figura 28 – <i>Boxplot</i> dos módulos de elasticidade do revestimento da PPD A.....	78
Figura 29 – <i>Boxplot</i> dos módulos de elasticidade do revestimento da PPD B.....	79
Figura 30 – Valores de módulos de elasticidade para a camada de revestimento corrigidos para a temperatura de 25°C – PPD A.....	80
Figura 31 – Valores de módulos de elasticidade para a camada de revestimento corrigidos para a temperatura de 25°C – PPD A.....	81
Figura 32 – Valores de Módulos de elasticidade para o Trecho 2 da base por meio dos <i>softwares</i> BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD A.....	82
Figura 33 – Valores de Módulos de elasticidade para a camada de base por meio dos <i>softwares</i> BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD B.....	83
Figura 34 – <i>Boxplot</i> dos módulos de elasticidade da base da PPD A.....	85

Figura 35 – <i>Boxplot</i> dos módulos de elasticidade da base da PPD B.....	85
Figura 36 – Valores de módulos de elasticidade para a camada de sub-base por meio dos <i>softwares</i> BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD A.....	86
Figura 37 – Valores de módulos de elasticidade para a camada de sub-base por meio dos <i>softwares</i> BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD B.....	87
Figura 38 – <i>Boxplot</i> dos módulos de elasticidade da sub-base da PPD A.....	88
Figura 39 – <i>Boxplot</i> dos módulos de elasticidade da sub-base da PPD B.....	88
Figura 40 - Valores de módulos de elasticidade para o subleito por meio dos <i>softwares</i> BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD A.....	89
Figura 41 – Valores de módulos de elasticidade para o subleito por meio dos <i>softwares</i> BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD B.....	90
Figura 42 – <i>Boxplot</i> dos módulos de elasticidade do subleito da PPD A.....	91
Figura 43 – <i>Boxplot</i> dos módulos de elasticidade do subleito da PPD B.....	91
Figura 44 – RMSE resultantes dos <i>softwares</i> – PPD A.....	94
Figura 45 – RMSE resultantes dos <i>softwares</i> – PPD B.....	95
Figura 46 – Bacia deflectométrica medida em campo e as bacias deflectométricas calculadas pelos <i>softwares</i> de retroanálise empregados – PPD A.....	97
Figura 47 – <i>Boxplot</i> dos dados de <i>Root Mean Square Error</i> – RMSE dos <i>softwares</i> empregados na retroanálise dos Aeroportos A e B – <i>Offset</i> +3m.....	99
Figura 48 – Estrutura fictícia do estudo de caso da PPD A para o cálculo dos parâmetros estruturais PCR e vida remanescente.....	119
Figura 49 – Estrutura fictícia do estudo de caso da PPD B para o cálculo dos parâmetros estruturais PCR e vida remanescente.....	119
Figura 50 – Valores de PCR adotado para cada <i>offset</i> da PPD A.....	122
Figura 51 – Valores de PCR adotado para cada <i>offset</i> da PPD B.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das incompatibilidades entre o método ACN/PCN e o método de dimensionamento de pavimentos aeroportuários.....	25
Tabela 2 – Categorias do subleito em função do módulo de elasticidade.....	25
Tabela 3 – Categorias do subleito em função do módulo de elasticidade.....	27
Tabela 4 – Valores de P/TC a depender da posição da pista de taxi e do abastecimento da aeronave no Aeroporto para o método ACR/PCR.....	30
Tabela 5 – Vida útil estrutural dos pavimentos com base no CDF.....	32
Tabela 6 – Detalhe dos parâmetros que representa a notificação do PCR.....	32
Tabela 7 – Propriedade dos materiais padrão do FAARFIELD.....	34
Tabela 8 – Valores usuais de módulos de elasticidade recomendados pelo DER/SP.....	47
Tabela 9 – Valores usuais de módulos de elasticidade recomendados pelo FAA.....	47
Tabela 10 – Valores Usuais de coeficiente de Poisson recomendados pelo DER/SP.....	47
Tabela 11 – Valores Usuais de coeficiente de Poisson recomendados pelo FAA.....	48
Tabela 12 – Característica de alguns dos <i>softwares</i> de retroanálise mais utilizados.....	52
Tabela 13 – Critério de confiabilidade para o procedimento de retroanálise.....	54
Tabela 14 – Parâmetros de entrada (<i>input seeds</i>) para a retroanálise - PPD A.....	59
Tabela 15 – Parâmetros de entrada (<i>input seeds</i>) para a retroanálise - PPD B.....	60
Tabela 16 – Variação dos módulos de elasticidade adotada para verificar a influência dos módulos iniciais na retroanálise dos dados da PPD A.....	63
Tabela 17 – Variação dos módulos de elasticidade adotada para verificar a influência dos módulos iniciais na retroanálise dos dados da PPD B.....	63
Tabela 18 – <i>Mix</i> de aeronaves operantes da PPD A utilizado no <i>software</i> FAARFIELD 2.0.....	66
Tabela 19 – <i>Mix</i> de aeronaves operantes da PPD B utilizado no <i>software</i> FAARFIELD 2.0.....	66

Tabela 20 – Critérios para aceitabilidade das operações das aeronaves para o método ACR/PCR.....	68
Tabela 21 – Análise estatística descritiva das deflexões máximas (D0) da PPD A.....	74
Tabela 22 – Análise estatística descritiva das deflexões máximas (D0) da PPD B.....	74
Tabela 23 – Valores de RMSE $\geq 5,0$ [μm (%)] para os <i>softwares</i> - PPD A.....	94
Tabela 24 – Valores de RMSE $\geq 5,0$ [μm (%)] para os <i>softwares</i> - PPD B.....	95
Tabela 25 – Módulos de elasticidade retroanalizados e os valores de RMSE resultante...	98
Tabela 26 – Comparação dos módulos de elasticidade do Trecho 1 obtidos pelos <i>softwares</i> empregados – PPD A.....	101
Tabela 27 – Comparação dos módulos de elasticidade do Trecho 2 obtidos pelos <i>softwares</i> empregados – PPD A.....	101
Tabela 28 – Comparação dos módulos de elasticidade do Trecho 1 obtidos pelos <i>softwares</i> empregados – PPD B.....	102
Tabela 29 – Comparação dos módulos de elasticidade do Trecho 2 obtidos pelos <i>softwares</i> empregados – PPD B.....	103
Tabela 30 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A.....	104
Tabela 31 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD B.....	105
Tabela 32 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados.....	106
Tabela 33 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A.....	107
Tabela 34 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD B.....	107
Tabela 35 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados.....	108

Tabela 36 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A.....	109
Tabela 37 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD B.....	109
Tabela 38 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados.....	110
Tabela 39 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A.....	111
Tabela 40 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD B.....	111
Tabela 41 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados.....	112
Tabela 42 – Resumo dos Segmentos Homogêneos (SH) da PPD A.....	114
Tabela 43 – Resumo dos Segmentos Homogêneos (SH) da PPD B.....	114
Tabela 44 – Valores de PCR obtidos em cada segmento homogêneo da PPD A com base nos módulos de elasticidade retroanalizados.....	115
Tabela 45 – Valores de PCR obtidos em cada segmento homogêneo da PPD B com base nos módulos de elasticidade retroanalizados.....	116
Tabela 46 – Valores de HMA CDF obtidos em cada segmento da PPD A com base nos módulos de elasticidade retroanalizados.....	117
Tabela 47 – Valores de HMA CDF obtidos em cada segmento da PPD B com base nos módulos de elasticidade retroanalizados.....	117
Tabela 48 – Valores de PCR obtidos em cada segmento na estrutura modificada da PPD A.....	120
Tabela 49 – Valores de PCR obtidos em cada segmento na estrutura modificada da PPD B.....	120
Tabela 50 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do <i>mix</i> e do PCR da estrutura da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i> s no <i>Offset</i> -3m.....	123

Tabela 51 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do <i>mix</i> e do PCR da estrutura da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i> no <i>Offset</i> -6m.....	123
Tabela 52 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do <i>mix</i> e do PCR da estrutura da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i> no <i>Offset</i> +3m.....	124
Tabela 53 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do <i>mix</i> e do PCR da estrutura da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i> no <i>Offset</i> +6m.....	124
Tabela 54 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do <i>mix</i> e do PCR da estrutura da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i> no <i>Offset</i> -3m.....	125
Tabela 55 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do <i>mix</i> e do PCR da estrutura da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i> no <i>Offset</i> -6m.....	126
Tabela 56 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do <i>mix</i> e do PCR da estrutura da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i> no <i>Offset</i> +3m.....	126
Tabela 57 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do <i>mix</i> e do PCR da estrutura da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i> no <i>Offset</i> +6m.....	127
Tabela 56 – Valores de SUB CDF e vida de serviços remanescente da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i>	128
Tabela 57 – Valores de SUB CDF e vida de serviços remanescente da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i>	128
Tabela 58 – Valores de HMA CDF da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i>	130
Tabela 59 – Valores de HMA CDF da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos <i>softwares</i>	130

Tabela 60 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes <i>softwares</i> de retroanálise no <i>offset</i> +3m da PPD A.....	130
Tabela 61 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes <i>softwares</i> de retroanálise no <i>offset</i> +6m da PPD A.....	131
Tabela 62 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes <i>softwares</i> de retroanálise no <i>offset</i> -3m da PPD A.....	131
Tabela 63 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes <i>softwares</i> de retroanálise no <i>offset</i> -6m da PPD A.....	131
Tabela 64 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes <i>softwares</i> de retroanálise no <i>offset</i> +3m da PPD B.....	132
Tabela 65 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes <i>softwares</i> de retroanálise no <i>offset</i> +6m da PPD B.....	132
Tabela 66 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes <i>softwares</i> de retroanálise no <i>offset</i> -3m da PPD B.....	132
Tabela 67 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes <i>softwares</i> de retroanálise no <i>offset</i> -6m da PPD B.....	133

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACN	<i>Aircraft Classification Number</i>
ACR	<i>Aircraft Classification Rating</i>
AEMC	Análise Elástica de Múltiplas Camadas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado à Quente
CCP	Concreto de Cimento Portland
CDF	<i>Cumulative Damage Factor</i>
CERL/U.S	Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DSWL	<i>Derived Single Wheel Load</i>
ELMOD	<i>Evaluation of Layer Moduli and Overlay design</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FWD	<i>Falling Weight Deflectometer</i>
GAs	Algoritmos Genéticos
HWD	<i>Heavy Weight Deflectometer</i>
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>
IRI	<i>International Roughness Index</i>
LEA	<i>Multi-Layer Linear Elastic Analysis</i>
M&R	Manutenção e Reabilitação
MEDINA	Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos Flexíveis
MEF	Método dos Elementos Finitos
MET	Método da Espessura Equivalente
MLET	<i>Multi-Layered Elastic Theory</i>
P/TC	<i>Passes to Traffic Cycle</i>
PCI	<i>Pavement Condition Index</i>
PCN	<i>Pavement Classification Number</i>
PCR	<i>Pavement Classification Rating</i>
PPD	Pista de Pouso e Decolagem
RMS	<i>Root Mean Squared</i>
RMS	<i>Root Mean Squared</i>

RNAs	Redes Neurais Artificiais
SIA/ANAC	Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária da Agência Nacional de Aviação Civil
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
E	Módulo de elasticidade
μm	Micrómetro
km	Quilometro
m	Metro
cm	Centímetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	26
1.1.	Contextualização	26
1.2.	Problema de Pesquisa	28
1.3.	Justificativa	29
1.4.	Objetivos.....	29
1.5.	Estrutura do trabalho	30
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
2.1	Pavimento aeroportuário	31
2.2	Avaliação de pavimentos aeroportuários	32
2.2.1.	<i>Avaliação Funcional.....</i>	<i>32</i>
2.2.2.	<i>Avaliação estrutural</i>	<i>33</i>
2.3.	Método ACR/PCR.....	35
2.3.1	<i>Determinação do ACR.....</i>	<i>36</i>
2.3.2	<i>Determinação do PCR.....</i>	<i>40</i>
2.3.3	<i>Uso de softwares para aplicação do método ACR/PCR</i>	<i>44</i>
2.4.	Equipamentos empregados em avaliação não destrutiva	48
2.4.1	<i>Bacias deflectométricas</i>	<i>49</i>
2.4.2	<i>Ajuste das bacias deflectométricas</i>	<i>52</i>
2.4.3	<i>Ajuste de temperatura das bacias deflectométricas</i>	<i>53</i>
2.5.	Retroanálise das bacias deflectométricas	56
2.5.1.	<i>Valores típicos dos módulos de elasticidade</i>	<i>58</i>
2.5.2.	<i>Fatores que podem influenciar nos módulos de elasticidade retroanalizados</i>	<i>59</i>
2.5.4.	<i>Softwares de Retroanálise</i>	<i>61</i>
2.5.5.	<i>Crêterios de convergência entre as bacias deflectométricas medidas e calculadas.</i>	<i>64</i>
3	MÉTODO DE PESQUISA	67
3.1	Descrição e obtenção dos dados deflectométricos.....	67
3.1.1.	<i>PPD A.....</i>	<i>68</i>

3.1.2.	<i>PPD B</i>	69
3.2.	Determinação dos módulos de elasticidade (retroanálise das bacias deflectométricas)	70
3.2.1	<i>Verificação da influência dos módulos de elasticidade iniciais</i>	72
3.2.2.	<i>Comparação dos módulos de elasticidade retroanalísados</i>	73
3.2.2	<i>Determinação dos módulos de elasticidade característicos</i>	74
3.3.	Cálculo do ACR e do PCR por meio do FAARFIELD 2.0.18	75
3.4.	Análise da admissibilidade de operações de aeronaves e vida útil	76
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	78
4.1	Análise dos dados deflectométricos	78
4.2	Retroanálise das bacias deflectométricas	83
4.2.1	<i>Módulos de elasticidade retroanalísados</i>	83
4.2.1.1	<i>Material asfáltico</i>	83
4.2.1.2	<i>Material granular</i>	90
4.2.1.3	<i>Material de subleito</i>	97
4.2.2	<i>Root Mean Square Error – RMSE</i>	100
4.2.3	<i>Teste de Friedman</i>	108
4.2.4	<i>Análise da sensibilidade dos valores iniciais de módulo de elasticidade no resultado final da retroanálise</i>	111
4.2.4.1	<i>Software BackCAP</i>	111
4.2.4.2	<i>Software BackMedina</i>	114
4.2.4.3	<i>Software BAKFAA</i>	116
4.2.4.4	<i>Software ELMOD</i>	118
4.2.5.	<i>Percepção acerca do uso processo de retroanálise e dos softwares empregados</i> ..	120
4.3	Cálculo do PCR com base nos módulos de elasticidade retroanalísados	121
4.3.1	<i>Análise da admissibilidade de operações das aeronaves</i>	122
4.3.2	<i>Análise da vida de serviço remanescente</i>	135
4.3.3	<i>Percepção da utilização da retroanálise no método ACR/PCR</i>	140

5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	144
5.1.	Principais Constatações da Pesquisa	144
5.2.	Limitações do estudo	145
5.3.	Sugestões para pesquisas futuras.	146
	REFERÊNCIAS.....	148
	APÊNDICE A – ROTEIRO PARA O CÁLCULO DO PCR USANDO DADOS DEFLECTOMÉTRICOS (EQUIPAMENTO HWD).....	165
	APÊNDICE B - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET</i> +3 DA PPD A	189
	APÊNDICE C - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS NO PELO HWD <i>OFFSET</i> +6 DA PPD A	191
	APÊNDICE D - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET</i> -3 DA PPD A	193
	APÊNDICE E - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET</i> -6 DA PPD A	195
	APÊNDICE F - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET</i> +3 DA PPD B	197
	APÊNDICE G - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET</i> +6 DA PPD B	200
	APÊNDICE H - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET</i> -3 DA PPD B	202
	APÊNDICE I - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET</i> -6 DA PPD B	204
	APÊNDICE J – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKCAP PARA O <i>OFFSET</i> +3 DA PPD A	207
	APÊNDICE K – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKCAP PARA O <i>OFFSET</i> +6 DA PPD A	209
	APÊNDICE L – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKCAP PARA O <i>OFFSET</i> -3 DA PPD A	211
	APÊNDICE M – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	

PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKCAP PARA O <i>OFFSET</i> -6 DA PPD A	213
APÊNDICE N – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKMEDINA PARA O <i>OFFSET</i> +3 DA PPD A.....	216
APÊNDICE O – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKMEDINA PARA O <i>OFFSET</i> +6 DA PPD A.....	218
APÊNDICE P – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKMEDINA PARA O <i>OFFSET</i> -3 DA PPD A.....	220
APÊNDICE Q – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKMEDINA PARA O <i>OFFSET</i> -6 DA PPD A.....	222
APÊNDICE R – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BAKFAA PARA O <i>OFFSET</i> +3 DA PPD A.....	224
APÊNDICE S – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BAKFAA PARA O <i>OFFSET</i> +6 DA PPD A.....	226
APÊNDICE T – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BAKFAA PARA O <i>OFFSET</i> -3 DA PPD A	229
APÊNDICE U – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BAKFAA PARA O <i>OFFSET</i> -6 DA PPD A	231
APÊNDICE V – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> ELMOD PARA O <i>OFFSET</i> +3 DA PPD A.....	233
APÊNDICE W – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> ELMOD PARA O <i>OFFSET</i> +6 DA PPD A.....	235
APÊNDICE X – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> ELMOD PARA O <i>OFFSET</i> -3 DA PPD A.....	237
APÊNDICE Y – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> ELMOD PARA O <i>OFFSET</i> -6 DA PPD A.....	239
APÊNDICE Z – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKCAP PARA O <i>OFFSET</i> +3 DA PPD B	242
APÊNDICE AA – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKCAP PARA O <i>OFFSET</i> +6 DA PPD B	244
APÊNDICE AB – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	

PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKCAP PARA O <i>OFFSET</i> -3 DA PPD B	246
APÊNDICE AC – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKCAP PARA O <i>OFFSET</i> -6 DA PPD B	249
APÊNDICE AD – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKMEDINA PARA O <i>OFFSET</i> +3 DA PPD B.....	251
APÊNDICE AE – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKMEDINA PARA O <i>OFFSET</i> +6 DA PPD B.....	253
APÊNDICE AF – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKMEDINA PARA O <i>OFFSET</i> -3 DA PPD B.....	256
APÊNDICE AG – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BACKMEDINA PARA O <i>OFFSET</i> -6 DA PPD B.....	258
APÊNDICE AH – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BAKFAA PARA O <i>OFFSET</i> +3 DA PPD B.....	260
APÊNDICE AI – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BAKFAA PARA O <i>OFFSET</i> +6 DA PPD B.....	263
APÊNDICE AJ – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BAKFAA PARA O <i>OFFSET</i> -3 DA PPD B	265
APÊNDICES AK – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> BAKFAA PARA O <i>OFFSET</i> -6 DA PPD B	267
APÊNDICES AL – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> ELMOD PARA O <i>OFFSET</i> +3 DA PPD B.....	270
APÊNDICES AM – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> ELMOD PARA O <i>OFFSET</i> +6 DA PPD B.....	272
APÊNDICES AN – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> ELMOD PARA O <i>OFFSET</i> -3 DA PPD B.....	275
APÊNDICES AO – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS	
PELOS <i>SOFTWARE</i> ELMOD PARA O <i>OFFSET</i> -6 DA PPD B.....	277
APÊNDICE AP – MÓDULOS DE ELASTICIDADE CARACTERÍSTICOS	
ORIUNDOS DOS <i>SOFTWARES</i> DE RETROANÁLISE PARA O PAVIMENTO	
DA PPD DA PPD A (<i>OFFSET</i> +3m E +6m)	280

APÊNDICE AQ – MÓDULOS DE ELASTICIDADE CARACTERÍSTICOS ORIUNDOS DOS <i>SOFTWARES</i> DE RETROANÁLISE PARA O PAVIMENTO DA PPD DA PPD A (<i>OFFSET -3 E -6</i>)	281
APÊNDICE AR – MÓDULOS DE ELASTICIDADE CARACTERÍSTICOS ORIUNDOS DOS <i>SOFTWARES</i> DE RETROANÁLISE PARA O PAVIMENTO DA PPD DA PPD B (<i>OFFSET +3m E +6m</i>).....	282
APÊNDICE AS – MÓDULOS DE ELASTICIDADE CARACTERÍSTICOS ORIUNDOS DOS <i>SOFTWARES</i> DE RETROANÁLISE PARA O PAVIMENTO DA PPD DA PPD B (<i>OFFSET -3m E -6m</i>).....	283
ANEXO A - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET +3</i> DA PPD A	284
ANEXO B - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET +6</i> DA PPD A	286
ANEXO C - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO	288
<i>OFFSET -3</i> DA PPD A	288
ANEXO D - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD N .	290
<i>OFFSET -6</i> DA PPD A	290
ANEXO E- BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET +3</i> DA PPD B	293
ANEXO F - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET +6</i> DA PPD B	295
ANEXO G - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET -3</i> DA PPD B	297
ANEXO H - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO <i>OFFSET -6</i> DA PPD B	300

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo contextualiza a importância da avaliação estrutural de pavimentos aeroportuários e os aspectos que envolvem o emprego de módulos de elasticidade retroanalizados no Método ACR/PCR (*Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating*). Além disso, apresenta o problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos (geral e específicos) e a estrutura do trabalho.

1.1. Contextualização

Na infraestrutura aeroportuária um dos fatores mais relevantes para as operações de pousos e decolagens com segurança e conforto é a qualidade funcional e estrutural dos pavimentos (Nascimento, 2017). O sistema de pistas e pátios é o responsável pela operação e funcionamento do aeródromo, sendo uma das estruturas mais complexas da infraestrutura aeroportuária.

Nesse sentido, segundo ANAC (2019, 2022a), para a estimativa da resistência estrutural de pavimentos aeroportuários em função das aeronaves em operação, podem ser utilizados os métodos ACN/PCN (*Aircraft Classification Number/Pavement Classification Number*) e ACR/PCR (*Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating*). A principal diferença entre esses métodos consiste nos dados de entrada e na técnica de análise empregada. No Método ACN/PCN, os modelos de classificação de resistência estrutural dos pavimentos fazem uso do CBR (*California Bearing Ratio*) e do módulo de reação como parâmetro de dano relativo ao pavimento com base na deflexão do subleito. Além disso, o cálculo do CDF (*Cumulative Damage Factor*) é feito a partir de derivação da Lei de Miner e não considera a complexidade dos trens de pousos das aeronaves recentes, assim como a quantidade e as distâncias entre as rodas (Sun *et al.*, 2022).

Por sua vez, o Método ACR/PCR não utiliza modelos empíricos e adota abordagens empírico-mecanísticas, utilizando análise elástica linear para a caracterização dos materiais, levando em consideração o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson (Armeni e Loizos, 2022). Outro avanço no Método ACR/PCR é a inclusão da contribuição individual de cada aeronave para o CDF do *mix* de tráfego e a consideração da deformação entre picos nos trens de pouso com múltiplas rodas. Isso permite uma avaliação mais precisa dos danos ocasionados à estrutura das pistas de pousos e decolagens (PPD) pelas aeronaves, especialmente quando essas possuem configurações de trens de pousos mais complexo (Castro, 2021). Assim, em

decorrência das limitações do Método ACN/PCN em relação às recentes metodologias de dimensionamento de pavimentos aeroportuários, a partir de novembro de 2024 somente o Método ACR/PCR será aceito pelas autoridades de aviação civil dos países signatários da *International Civil Aviation Organization (ICAO)* (ICAO, 2022).

A obtenção das espessuras e dos módulos de elasticidade das camadas, para o cálculo do Método ACR/PCR, pode ser realizada por meio de ensaios destrutivos e não destrutivos (ANAC, 2022). De modo a minimizar as restrições por longos períodos de tempo das operações no aeródromo e caracterização estrutural em grandes extensões, os ensaios não destrutivos são os mais empregados na avaliação das condições dos pavimentos aeroportuários (Smith *et al.*, 2017).

Zaghloul *et al.* (2015) afirmam que os operadores de aeródromos geralmente dependem de dados de relatórios para identificar os materiais e suas espessuras. Em pavimentos aeroportuários construídos há bastante tempo, tais informações podem não estar disponíveis e a estrutura pode ter sido submetida a procedimentos de reforço. Desse modo, é comum considerar, que as camadas possuem espessura constante, e que qualquer variação na deflexão medida está relacionada à rigidez dos materiais naquele local ensaiado.

Dessa forma, para obter informações sobre os módulos de elasticidade dos materiais, é realizado o levantamento das bacias deflectométricas por meio da aplicação de uma carga dinâmica utilizando equipamentos, como o *Falling Weight Deflectometer* (FWD) ou o *Heavy Weight Deflectometer* (HWD). Uma vez obtidas as bacias deflectométricas, as espessuras dos materiais e os coeficientes de Poisson e módulos de elasticidade iniciais, realiza-se o processo de retroanálise. Esse procedimento obtém os módulos de elasticidade das camadas que compõem o pavimento por meio de *softwares* de cálculo de tensão-deformação, à medida que as deflexões calculadas são comparadas aos valores medidos em campo (Gedafa *et al.*, 2010; Pigozzi *et al.*, 2014).

A maioria dos *softwares* de retroanálise são iterativos e baseados na teoria da elasticidade linear e do método dos elementos finitos, aplicando diferentes algoritmos para ajustar as deflexões reais e teóricas até uma convergência que represente o comportamento mecânico dos materiais (Correia, 2014). A depender do método, dos algoritmos empregados e dos *inputs* adotados no *software*, diferentes valores de módulo de elasticidade para um mesmo material podem ser obtidos. Além da modelagem matemática, outros fatores como espessura real das camadas, confinamento dos materiais, valores dos módulos iniciais e condições de aderência podem influenciar no resultado final do procedimento. Isso ocorre devido ao processo iterativo empregado, que busca convergir as bacias deflectométricas (real e teórica) com base

no comportamento mecânico esperado da estrutura. Contudo, existem inúmeras possibilidades de solução, conforme os critérios de erro admissível máximo aceitável.

1.2. Problema de Pesquisa

De acordo com ANAC (2021), um dos problemas que envolvem a retroanálise é a ausência de solução única para esse tipo de processo iterativo. Observa-se que, para se obter o módulo de elasticidade, são utilizados modelos matemáticos, parâmetros estruturais e ambientais que buscam reproduzir as condições *in loco*, ajustando as deflexões teóricas com as encontradas em campo. Todavia, em virtude da necessidade da consideração de diferentes variáveis no procedimento de retroanálise, é comum que sejam feitas algumas simplificações (Chatti *et al.*, 2017). Como exemplo, pode-se citar a não consideração das forças de inércia do pavimento, o amortecimento do solo, as propriedades viscoelásticas das camadas asfálticas, a temperatura do pavimento, a perda de continuidade entre as camadas e a presença de uma camada inferior rígida (rocha) (El Ayadi *et al.*, 2012; Li e Wang, 2017).

Correia (2014) e Tutka *et al.* (2021) afirmam que a utilização de determinado *software*, a depender da modelagem de representação da estrutura fornecida, não garante a obtenção de soluções coerentes para o módulo de elasticidade para todas as combinações estruturais de pavimentos. Essas incoerências podem ser resultantes do algoritmo e dos dados de entrada utilizados, que nem sempre são confiáveis, pois podem existir variações na espessura das camadas, nos módulos de elasticidade iniciais e na condição de interface entre os materiais. Por isso, os *softwares* de retroanálise requerem atenção, podendo resultar em deduções equivocadas sobre as características mecânicas dos materiais que constituem o pavimento.

Em decorrência da inexistência de uma modelagem matemática que considerem todas as hipóteses do procedimento e que proporcione sempre a mesma solução, é possível obter diferentes módulos de elasticidade retroanalizados para um mesmo pavimento (Romanoschi e Metcalf, 2003; Tutumluer e Starker, 2014). Como consequência disso, os valores obtidos em ensaios não destrutivos podem influenciar diretamente o valor do PCR, limitando a carga e o tipo de aeronave que pode operar no aeródromo, dentro da vida útil esperada para o pavimento.

1.3. Justificativa

O desempenho da vida útil de um pavimento aeroportuário depende da sua capacidade de suporte para resistir às cargas impostas pelas aeronaves e às intempéries. Esse parâmetro é essencial para o planejamento, programação e orçamento das atividades de manutenção e reabilitação a serem desenvolvidas no Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA) (Pigozzi *et al.*, 2014; Miah *et al.*, 2020).

Uma das principais formas de avaliar a capacidade de suporte é por meio de ensaios não destrutivos com o uso de FWD ou de HWD, buscando os módulos de elasticidade (Vieira e Fardin, 2020). Todavia, a depender do *software* empregado e dos dados de entradas, pode-se inferir parâmetros que não retratam satisfatoriamente as propriedades de rigidez dos materiais existentes no pavimento. Desse modo, a averiguação de possíveis divergências de valores entre os *softwares* de retroanálise possibilitam conhecer como eles reproduzem o comportamento mecânico dos materiais quando submetidos às cargas do tráfego.

Diante do exposto, este trabalho justifica-se pela necessidade de averiguar se as possíveis diferenças dos módulos de elasticidade dos materiais dos pavimentos aeroportuários, resultantes do processo de retroanálise com distintos *softwares*, afetam a sua capacidade de suporte. Além disso, é importante conhecer as vantagens e limitações dos *softwares* empregados nesse tipo de avaliação estrutural, possibilitando avaliar a sua aplicabilidade em pavimentos aeroportuários.

1.4. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é avaliar se os módulos de elasticidade obtidos em diferentes *softwares* de retroanálise geram diferenças nos parâmetros do Método ACR/PCR em pavimentos flexíveis aeroportuários. Para alcançar este objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Avaliar se a escolha dos *softwares* de retroanálise influencia no módulo de elasticidade dos materiais que compõem as camadas e o subleito de pistas de pouso e decolagem;
- b) Analisar se os módulos de elasticidade iniciais do procedimento de retroanálise influenciam seus resultados;
- c) Aferir se há efeito da escolha dos *softwares* de retroanálise na admissibilidade de operações das aeronaves por meio do Método ACR/PCR com base nos

- módulos de elasticidade calculados;
- d) Avaliar se há influência dos módulos de elasticidade na vida útil residual de pistas de pousos e decolagens aferidas por meio do Método ACR/PCR.

1.5. Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. Além deste capítulo introdutório, o segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a temática abordada neste estudo. Por sua vez, o terceiro capítulo descreve os procedimentos metodológicos, desde a apresentação da área de estudo, levantamento deflectométrico, retroanálise das bacias deflectométricas e emprego dos resultados no Método ACR/PCR. Em seguida, o Capítulo 4 expõe os resultados e as discussões. Por último, o Capítulo 5 apresenta as conclusões sobre o desenvolvimento desta pesquisa e sugestões de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado a fundamentação teórica do presente trabalho, abordando conceitos e pesquisas relacionadas aos tipos de avaliações empregadas em pavimentos aeroportuários, como o Método *Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating* (ACR/PCR) e equipamentos usados em avaliação não destrutiva. Além de abordar a definição do processo de retroanálise, as características e limitações dos *softwares* de retroanálise também são discutidas.

2.1 Pavimento aeroportuário

O aeroporto é dividido em dois subsistemas, o “Lado Terra”, que funciona em função dos usuários e compreende a área do terminal de passageiros e o “Lado Ar” composto principalmente pelas pistas e circulação (ASHFORD *et al.*, 2015). Conforme definido pela ANAC (2012), o “Lado Ar” é uma área destinada exclusivamente ao pouso, decolagem e a movimentação das aeronaves em sua superfície.

Ainda de acordo com a ANAC (2019), em um aeroporto existem algumas áreas com superfícies pavimentadas destinadas ao tráfego das aeronaves, que são: (1) *taxiway* (pista de estacionamento), *runway* (pista de pouso e decolagem) e *aprons* (pátios). Geralmente, esses pavimentos são de dois tipos, flexíveis ou rígidos, dependendo do material empregado nas camadas que compõem o pavimento. Essa estrutura é constituída por camadas sobrepostas verticalmente de diferentes materiais compactados a partir do subleito (FAA, 2014).

O pavimento de modo geral é definido como uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construídas em cima da superfície após a realização da terraplanagem, destinada a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego de veículos, até ao subleito. O pavimento deve proporcionar aos usuários condições de rolamento, conforto e segurança (Bernucci *et al*, 2010). Para o dimensionamento eficiente de um pavimento, é preciso levar em consideração alguns fatores, como o econômico, tráfego e clima. Também é preciso observar futuras restrições de tráfego e ampliação da estrutura (Osmar, 2015).

Os pavimentos aeroportuários são projetados e construídos para suportarem as cargas oriundas das operações de pousos e decolagens das aeronaves e às intempéries, sem que ocorra a ruptura precoce (em função de fadiga e deformação permanente) da estrutura durante sua vida útil. Assim fornecendo uma superfície com condições de trafegabilidade adequada, com resistência ao desgaste, textura e declividade capazes de oferecer boas condições de

rolamento às aeronaves. Para atender satisfatoriamente esse objetivo, devem-se utilizar materiais de qualidades e mão de obra especializada, desde as etapas de projeto, construção e manutenção (FAA, 2022).

Por sua vez, John Read e Whiteoak (2003) complementam que os pavimentos aeroportuários também devem apresentar resistência à deformação permanente, fadiga e aderência entre as camadas fortes o suficiente para evitar escorregamento (*slippage*). Conforme Nascimento (2017), ao atender os requisitos mencionados, esse tipo de estrutura torna possível a operação de pouso e decolagem das aeronaves de maneira segura e com conforto aos passageiros.

2.2 Avaliação de pavimentos aeroportuários

Segundo Haas, Hudson e Zaniewski (1994) e Walia, Kumar e Jain (2018), durante a vida útil de um pavimento, é necessário realizar avaliações para se conhecer as condições funcionais e estruturais, possibilitando verificar as condições e oferecer aos seus usuários conforto e segurança durante as operações das aeronaves. A partir dessas informações, é possível aplicar técnicas de Manutenção e Reabilitação (M&R) mais adequadas à condição atual existente, prolongando a vida funcional e estrutural do pavimento, além de evitar a evolução de defeitos e irregularidades de maior gravidade.

Nesse sentido, as avaliações também podem ser necessárias para determinar as condições dos pavimentos aeroportuários existentes para uso no planejamento ou no projeto de melhorias para o aeroporto (Osmar, 2015). Para isso, a ANAC (2017) discorre que são empregados frequentemente avaliações funcionais e estruturais.

2.2.1. Avaliação Funcional

Conforme a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC (2017), a avaliação da condição funcional de um pavimento aeroportuário, visa averiguar se o pavimento cumpre dois requisitos básicos: conforto ao rolamento e segurança, abrangendo o levantamento dos parâmetros de irregularidade, atrito, macrotextura e defeitos no pavimento.

Osman (2015) complementa que a principal função de um pavimento é proporcionar uma superfície plana e com irregularidades em limites aceitáveis, projetado para o tráfego de aeronaves em condições adequadas de segurança. Portanto, a superfície dos pavimentos aeroportuários deve ter certas características, como regularidade, aderência e

capacidade de escoar as águas superficiais. Essas características são chamadas de funcionais. Além disso, cada vez mais tem-se dado importância às questões ambientais que afetam não só o usuário, mas também o seu entorno, como mitigar o ruído do tráfego e os aspectos paisagísticos.

Para Bernucci *et al.* (2010) a condição da superfície de um pavimento, no ponto de vista do usuário, é o fator mais relevante em relação à trafegabilidade. Tem-se que a presença de defeitos ou irregularidades nessa superfície são fatores que afetam diretamente o conforto ao rolamento e segurança, devendo assim ser realizado o mapeamento, identificação e contagem dos diversos tipos de defeitos existentes na superfície (Medina e Motta, 2005).

A avaliação da condição funcional de um pavimento flexível ou rígido, pode ser estimada por meio de índices, em aeroportos do Brasil os mais comuns são o Índice Internacional de Irregularidade (*International Roughness Index* - IRI) e o Índice de Condição de Pavimento (*Pavement Condition Index* – PCI) (Macedo, 2008). O IRI resume as características da superfície fornecida por um sistema do tipo resposta ao impacto ou ao deslocamento vertical. A ANAC (2016), estabelece o valor de 2,5m/km, reportados a cada 200m, como o limite máximo para o IRI de pistas de pouso e decolagem.

O PCI foi elaborado pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América (CERL/U.S. Army) e normatizado pela ASTM 42 D 5340-12. Tem como objetivo fornecer um número que classifique a condição da superfície de um pavimento no que se refere ao desempenho funcional. No qual os valores variam de 0 (condição de ruptura) a 100 (condição excelente) (ANAC, 2017; ASTM, 2012).

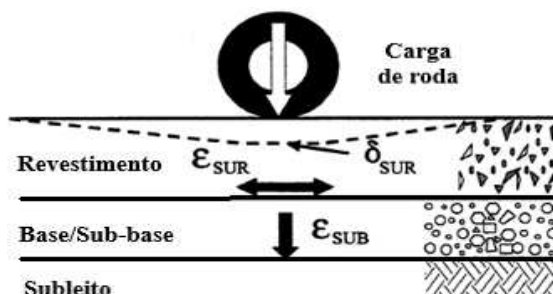
2.2.2. Avaliação estrutural

Os principais problemas estruturais de um pavimento, conforme Yanti *et al.* (2019), estão ligadas principalmente às cargas impostas pelo fluxo de transporte, instabilidade do subleito, fadiga nos componentes do pavimento e as condições ambientais. Além disso, para impedir que o tráfego sobrecarregue as camadas da estrutura é necessário que as espessuras dos materiais empregados sejam suficientes e que a construção tenha sido feita adequadamente (Ismail; Ismail; Rahmat, 2009).

Segundo Kumar, Adigopula e Guzzarlapudi (2017), devido ao tráfego das aeronaves, aterrissagem e decolagem, o pavimento é submetido a cargas que resultam em tensões, deformações e deflexões (Figura 1). Diante disso, é necessário realizar o levantamento e análise desses parâmetros para caracterização da capacidade estrutural das camadas e do

subleito do pavimento. Sendo que esse tipo de estudo pode ser realizado por meio de método mecanístico-empírico, baseado na teoria de camadas elásticas ou teoria de placa delgada visando obter a resposta do pavimento sob ação de cargas dinâmicas (Kumar, Adigopula e Guzzarlapudi, 2017).

Figura 1 - Esquema ilustrativo de deflexão na superfície de um pavimento causada pela carga imposta por meio do pneu de um veículo ou de uma aeronave



Fonte: Adaptada de Gopalakrishnan e Thompson, 2004).

Diferentes da avaliação dos defeitos existentes que afetam as características funcionais, a avaliação estrutural permite aferir conclusões acerca das variáveis estruturais do pavimento, descrevendo o seu comportamento mediante as cargas nele exercidas (FAA, 2015). Conforme ANAC (2022a), também se faz uso desse tipo de avaliação no processo de investigação do aeródromo em possuir capacidade de carga suficiente para suportar os esforços gerados por um tráfego futuro de aeronaves (*Pavement Classification Rating* - PCR). Esse tipo de avaliação consiste em calcular as respostas das estruturas à passagem das aeronaves nas áreas pavimentadas dos aeródromos, na forma de tensões e deformações nos pontos críticos.

Um dos procedimentos que faz parte da avaliação estrutural em pavimentos aeroportuário, é a medição em campo da rigidez (módulo de elasticidade) das camadas da estrutura, podendo ser realizado por meio de avaliação destrutiva e não destrutiva. Entretanto, nos pavimentos aeroportuários, de modo geral, a avaliação estrutural é realizada comumente por meio de métodos semi-destrutivos e não destrutivos (Barbosa, 2019).

Os métodos destrutivos, como a sondagem, são realizados para identificar os materiais que compõem as camadas do pavimento, como também, as espessuras. Além disso, a partir das amostras coletadas, são feitas análises em laboratórios dos materiais existentes *in loco*, possibilitando estimar as propriedades mecânicas desses (Correia, 2014).

De acordo com a FAA (2011b), os ensaios não destrutivos fazem uso de diversos tipos de equipamentos e métodos de análise de dados. Os resultados desse tipo de ensaio, fornecem dados de desempenho estrutural do pavimento, propriedade mecânica das camadas e

verificação de locais que possuem algum tipo de defeito estrutural. Esses parâmetros são essenciais para a escolha das técnicas de M&R a serem executadas.

2.3. Método ACR/PCR

Um método para a classificação de resistência de pavimentos aeroportuários começou a ser discutido no Reino Unido no início do século XX, sendo desenvolvido o Load Classification Groups (LCG) (UK, 2011). Com o surgimento de aeronaves de trem de pouso mais complexos, buscou-se desenvolver um método que levasse em consideração o peso bruto e o arranjo de rodas do trem de pouso e a pressão dos pneus (Loizos e Charonitis, 2004). Assim, desenvolveu-se o método *Load Classification Number* (LCN) que foi instituído pela ICAO como novo método de classificação de resistência (Loizos; Charonitis e Chasiotou, 2000).

A partir de estudos realizados pela *International Civil Aviation Organization* – ICAO (1983) nas décadas dos anos 70 e 80, com o objetivo de desenvolver um modelo internacional de avaliação da capacidade de resistência de pavimentos aeroportuários, de acordo com suas exigências operacionais, de forma a facilitar a utilização, ou não, de aviões nas pistas de aterragem e decolagem, surgiu o Método *Aircraft Classification Number/Pavement Classification Number* (ACN/PCN) (SCAA, 2008; Oliveira, 2016). Em um primeiro momento, o seu objetivo foi a divulgação dos dados sobre a resistência do pavimento nas publicações informativas aeronáuticas do aeroporto (ICAO, 1983).

Esse método, é dividido em dois parâmetros, o valor ACN que é fornecido pelo o fabricante da aeronave, significando o dano relativo do veículo no pavimento, com base na carga operacional, pressão dos pneus, configuração de trem de pouso, tipo de pavimento (rígido ou flexível) e resistência do subleito (alta, média, baixa e ultrabaixa) (FAA, 2014, Castro, 2021). Por sua vez, o PCN (Número de Classificação do Pavimento) expressa a capacidade de carga de um determinado pavimento, sem especificar informações detalhadas ou uma aeronave em particular. A partir dos resultados referentes desses dois parâmetros, se o PCN com o ACN, caso seja igual ou superior, o pavimento do aeródromo pode suportar, sem restrição de peso ou frequência de operação aquela aeronave (ICAO, 1983; ANAC, 2020).

Ainda que o Método ACN/PCN esteja em vigor desde 1981, apresenta limitações e incoerências referentes aos recentes métodos de dimensionamento de pavimentos aeroportuários (Tabela 1) (Fabre, 2018). Diante das incompatibilidades com os métodos de dimensionamentos baseados em teorias racionais e empíricos-mecanísticos, a ICAO iniciou em 2012 discussões para melhorias e atualizações dos procedimentos de cálculos da capacidade de

suporte de pavimentos aeroportuários até então vigentes. Como consequência foi desenvolvido o método ACR/PCR (*Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating*). O ACR/PCR diferente do método ACN/PCN, por não utiliza os valores de CBR, mas princípios empíricos-mecanísticos que trabalham com a análise elástica linear, com uma abordagem mais robusta que pode promover avaliações estruturais mais consistentes (Castro, 2021; ANAC, 2022a).

Tabela 1 - Resumo das incompatibilidades entre o método ACN/PCN e o método de dimensionamento de pavimentos aeroportuários

	Método ACN/PCN	Dimensionamento de pavimentos aeroportuários
Tipo de Método	Baseado no CBR	Gradualmente mudando para o método racional baseado na LEA
Lógica do sistema	Método empírico que não considera a resposta mecânica do pavimento	Método empírico-mecanístico que considera a resposta do pavimento (tensão-deformação) às cargas de aeronave e desempenho de pavimento
Consideração das multi-rodas do trem de pouso	Equivalências às rodas simples (fator-alfa)	Todas as rodas consideradas
Consideração dos materiais das camadas do pavimento	Equivalências a materiais padrão	Características dos materiais consideradas através do módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson

Fonte: Adaptado de Fabre (2018).

Assim como o Método ACN/PCN, o ACR/PCR é baseado no conceito de dano acumulado, expresso pela variável *Cumulative Damage Factor* – CDF. Resumidamente o CDF significa a porção de vida útil restante estimada por meio do processo de fadiga decorrente dos carregamentos impostos à estrutura pelas aeronaves em operações no aeródromo (ANAC, 2022a).

2.3.1 Determinação do ACR

Conforme Castro (2021) e FAA (2022), o ACR é um número que expressa o efeito relativo do carregamento oriundo do trem de pouso de uma aeronave em um pavimento para uma resistência de subleito padrão especificada (Tabela 2). Os fabricantes de aeronaves fornecem o valor de ACR, que é calculado a partir de informações das características operacionais da aeronave, como centro de gravidade, peso máximo da decolagem, espaçamento entre rodas e pressão de pneus (FAA, 2022). Além das especificações das aeronaves, o método também considera a categoria de resistência da estrutura do pavimento (flexível e rígido), baseado no módulo de elasticidade (E) do subleito.

Tabela 2 - Categorias do subleito em função do módulo de elasticidade

Categoria de resiliência subleito	Código	Resistência do subleito E (MPa)	Resistência do subleito normalizada E (MPa)
Alta	A	$E > 150$	200
Média	B	$100 \leq E < 150$	120
Baixa	C	$60 \leq E$	80
Ultrabaixa	D	$E < 60$	50

Fonte: Adaptado de FAA (2022).

A metodologia do ACR, proposta pela ICAO (2022) (substituindo o atual sistema ACN/PCN pelo ACR/PCR) é semelhante em conceito ao ACN, com as seguintes diferenças principais: todas as camadas das estruturas (rígidas e flexíveis) são avaliadas em um sistema elástico linear; não são mais necessários *Alpha-Factors* (fatores alfas), parâmetro considerado no ACN/PCN para considerar o efeito da geometria do trem de pouso na computação das curvas de projeto de pavimento para pavimentos flexíveis; mantém-se quatro categorias de subleito padrão, definidas pelo módulo de elasticidade (não CBR ou k). o ACR de pavimento flexível considera todas as rodas do trem de pouso principal; a pressão padrão dos pneus aumentou para 1,5 MPa; as coberturas padrão aumentaram de 10.000 para 36.500; e a carga de roda simples derivada (*Derived Single Wheel load* - DSWL) é expressa em 100's (não 1000's) de kg (ICAO, 2022). O novo método, assim como o anterior, também utiliza o conceito de DSWL, mas infla a roda a 1,5 MPa, ao invés de 1,25 MPa.

Além disso, as solicitações provenientes do carregamento do trem de pouso são determinadas por meio da *Multi-Layer Linear Elastic Analysis* (Análise Elástica Linear de Multicamadas, LEA). Essa análise pressupõe que a estrutura do pavimento, seja ela flexível ou rígida, possa ser representada por camadas homogêneas, elásticas e isotrópicas, organizadas em forma de pilha, conforme descrito pela FAA (2020).

Para fins de cálculo, esse modelo matemático foi desenvolvido para converter as cargas provenientes de trens de pouso com múltiplas rodas em um carregamento equivalente de uma única roda com características semelhantes. Isso exige que a espessura do pavimento seja a mesma para uma aeronave específica, para a qual o ACR está sendo calculado. Dessa forma, um único pneu passa a representar o efeito prejudicial equivalente gerado no pavimento pelo trem de pouso com múltiplas rodas. Ou seja, o DSWL simula uma tensão à estrutura por meio de uma única roda que requeira determinada espessura de pavimento para suporta as tensões impostas (CASA, 2011; Castro, 2021; FAA, 2022).

Para a determinação do ACR de pavimentos flexíveis, estima-se uma espessura de referência para uma determinada massa da aeronave. Entretanto, existe uma ampla variedade

de aeronaves em operação, com diferentes pesos e trens de pousos. Em virtude disso, a FAA (2020), desenvolveu duas estruturas de referência (Tabela 3), uma para veículo com duas ou menos rodas no trem de pouso principal e com mais de três roda, para produzir espessuras adequadas para as várias combinações de todas as categorias de subleito. As estruturas são constituídas pelos materiais típicos da FAA (2020), por uma camada de revestimento asfáltico (P-401/P-403), cuja espessura varia entre 76 mm e 127 mm, uma base composta por agregado britado (P-209, com espessuras variáveis, e por último, o próprio subleito do solo

Tabela 3 –Estrutura de referência para cálculo do ACR em pavimentos flexíveis.

Camadas	Espessuras (mm)		Módulo de elasticidade	Coeficiente de Poisson
	Número de rodas nas engrenagens do trem de pouso			
	2 ou menos	3 ou mais		
Revestimento (asfáltico)	76 mm	127 mm	1.379	0,35
Base (Agregado Britado)	Variável		A depender da espessura e do valor do módulo da camada inferior	0,35
Subleito	Infinito		A depender da categoria do subleito	0,35

Fonte: Adaptado de FAA (2020).

Ao utilizar essa espessura como base e mantendo a pressão constante do pneu a 218 psi (1,50 MPa), o valor da carga DSWL é ajustado até que o dano acumulado do subleito atinja um valor de 1,0 (quando o material não é capaz de suporta as cargas impostas). Então o ACR é definido como duas vezes o DSWL (expresso em centenas de quilogramas).

No caso do pavimento de comportamento rígido, é feito o dimensionamento da espessura da placa de concreto face ao trem de pouso da aeronave na configuração mencionada e às características da estrutura do pavimento tipo. O dimensionamento é realizado variando a espessura da placa de concreto, de forma que a tensão de tração na sua base seja de 2,75 MPa (FAA, 2022).

O critério de falha do dimensionamento para pavimentos de comportamento flexível é a deformação acumulada no topo da camada de subleito. O dimensionamento é realizado de modo que a deformação acumulada limite ocorra com 36.500 passagens da aeronave (FAA, 2022). De acordo com Fabre e Balay (2013), o número de 36.500 passagens representa 10 passagens por dia, ao longo do período de 10 anos. É possível que esse valor de 36.500 tenha sido mantido para o período de 20 anos, mas agora considerando 5 passagens de carga ao dia.

Para uma passagem do carregamento da aeronave, a lei de dano elementar é dada pela Equação 1. Ela resulta da lei Wöhler-Miner que postula que o efeito do dano acumulado associado ao critério de falha é igual a 1,0 quando há a falha do subleito (Fabre e Vaurs, 2019).

$$De = \frac{1}{C_e(\varepsilon)} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que De é dano elementar causado, C_e é o número de ciclos para aquela deformação e ε a deformação vertical máxima no topo do subleito.

Apesar do *software* FAARFIELD 2.0 fornecer o parâmetro ACR das aeronaves inseridas que operam no pavimento avaliado, é possível calcular o número de classificação delas por meio de outra ferramenta, o ICAO-ACR. Para isso, o usuário seleciona a fabricante (*select airplane group*), a aeronave (*select airplane*), em seguida escolhe o tipo de pavimento (flexível ou rígido) (*pavement type*) e o ajuste de peso da aeronave (*gross weight*) (ANAC, 2022a), conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Exemplo do funcionamento do *software* disponibilizado pela ICAO para cálculo do ACR

4. Ajuste o peso, se necessário.

3. Seleccione o tipo de pavimento.

1. Seleccione o fabricante.

2. Seleccione a aeronave.

5. Resultados

No	X	Y
1	-3.403,6	0,0
2	-2.540,0	0,0
3	3.403,6	0,0
4	2.540,0	0,0

Subgrade Category	Subgrade Modulus [MPa]	Flexible ACR Number	ACR Thickness t [mm]
D	50,0	273,95	604,6
C	80,0	245,58	501,7
B	120,0	227,75	413,6
A	200,0	208,82	311,9

Calculation time: 2.85 sec.

Fonte: ANAC (2022a).

Assim como no método do ACN, no ACR também é empregado o conceito de *Derived Single Wheel Load* – DSWL. O qual converte o trem de pouso de múltiplas rodas em uma engrenagem de roda única, com pressão normalizada de 1,5 MPa, buscando encontrar uma carga que requer a mesma espessura do pavimento da aeronave para a qual o ACR está sendo

calculado. Esse parâmetro se constitui em duas vezes a carga encontrada. As solicitações do carregamento do trem de pouso são determinadas pela análise elástica linear de multicamadas (*Multi-Layer Linear Elastic Analysis*) (Castro, 2021; ANAC, 2022a; ICAO, 2022). A Figura 3 traz resumidamente o procedimento para a determinação do ACR.

Figura 3 - Procedimento utilizado para determinação do ACR de aeronaves em pavimentos flexíveis

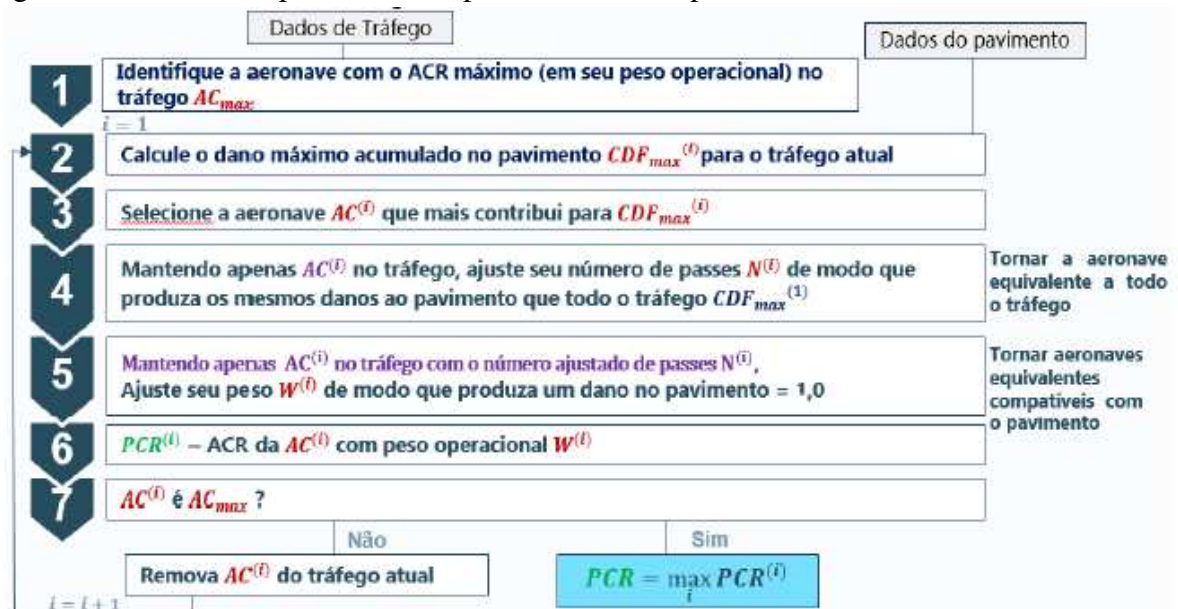


Fonte: ANAC (2022a).

2.3.2 Determinação do PCR

De acordo com ANAC (2022a), o parâmetro PCR é calculado de modo que haja compatibilidade entre o projeto e a operação de *mix* de aeronaves que trafegam ao longo da vida útil prevista para a estrutura, conforme o fluxograma mostrado na Figura 4. Resumidamente, expressa a resistência de um pavimento aeroportuário frente às cargas das aeronaves em operação no aeródromo. Para isso, pode ser utilizado dois procedimentos, método experimental e método técnico, que devem ser indicados juntamente com o resultado obtido (FAA, 2022).

Figura 4 – Resumo do procedimento para o cálculo do parâmetro PCR do Método ACR/PCR

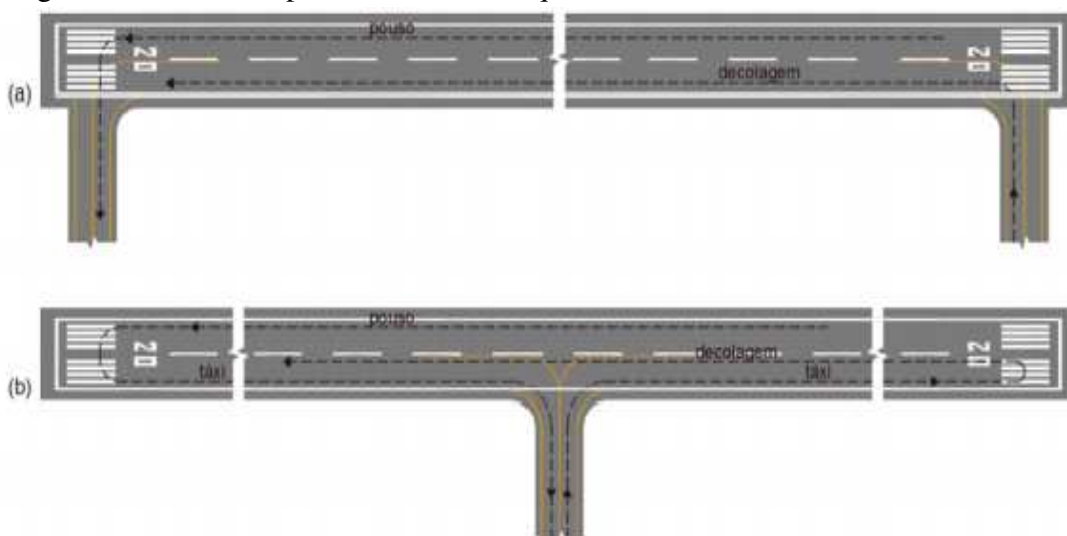


Fonte: Adaptado de Fabre (2019).

Em algumas situações pode se obter um valor de PCR bastante elevado, denotando um indicador que não é realista, pois está associado a uma vida útil remanescente para o subleito de 100, 300, 500 anos ou, até mesmo, uma vida teórica infinita (ICAO 2022; ANAC, 2022a). Tal situação pode significar que o pavimento está superdimensionado para o atual *mix* de aeronaves na infraestrutura avaliada e superestimativas para as taxas de crescimento futuras das operações (FAA, 2020; ANAC, 2022a). No Brasil, isso é comum pois a maioria dos aeródromos mais antigos foram dimensionados por metodologia de diferentes cálculos, com base em método empíricos e conservadores que resultam em camadas com espessura maior que a recomendada para o *mix* em operação (ANAC, 2020; ANAC, 2022a).

Assim como no parâmetro PCN, também é necessário para o cálculo do PCR a consideração do layout e o número de passagens da aeronave sobre a pista, conhecido como P/TC (*passes to traffic cycle*). Essa variável pode ser compreendida como o número de passagens para cada movimento (pouso e/ou decolagem) que uma aeronave realiza sobre o pavimento, o que pode ser um pouso, uma decolagem, uma operação de táxi ou os três eventos combinados (ANAC, 2022a). A Figura 5 e a Tabela 4 trazem as orientações para a seleção do P/TC a ser empregado no cálculo do PCR do aeródromo avaliado.

Figura 5 - Padrões de pista de taxiamento que acessam a PPD



Fonte: ANAC (2020).

Tabela 4 – Valores de P/TC a depender da posição da pista de taxi e do abastecimento da aeronave no aeroporto para o método ACR/PCR

Taxiway de acesso à Pista de Pouso e Decolagem (PPD)	P/TC	
	Abastecimento de aeronave no aeroporto	Sem abastecimento de aeronave no aeroporto
Paralela	1	2
Central	2	3

Fonte: FAA (2020).

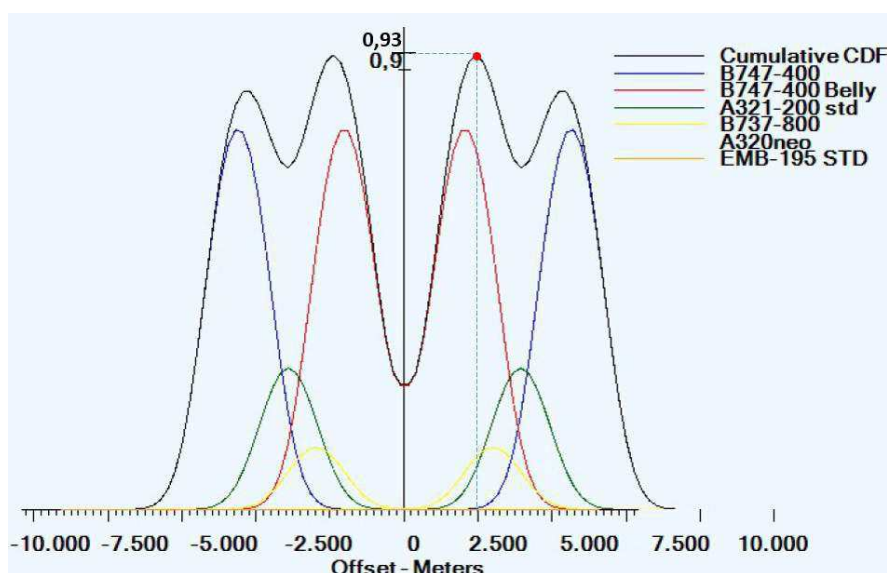
Resumidamente, por exemplo, em *taxiway* de acesso à PPD paralela, se a aeronave não realiza abastecimento no pátio do aeródromo, as passagens de pouso e decolagem devem ser contadas, atribuindo 1 a cada evento, pois o peso bruto na decolagem é igual ao peso bruto no pouso (ciclo de tráfego com duas passagens de tensão de carga igual). Neste caso, a relação P/TC é 2. Caso tivesse ocorrido abastecimento (condição e maior peso), considera-se apenas a passagem da aeronave após o abastecimento (decolagem), o que resulta no valor 1 (FAA, 2022; ANAC, 2022a).

Análogo ao Método ACN/PCN, o ACR/PCR é baseado no Fator Acumulativo de Dano, expresso pela variável CDF (*Cumulative Damage Factor*). Essa caracterização está associada à fadiga da estrutura e, quando essa alcança o seu ápice, o pavimento não consegue resistir mais aos esforços impostos pelo tráfego aéreo (ANAC, 2022a). O seu cálculo é baseado nas passagens/partidas aplicadas no pavimento e as passagens/partidas para a falha da estrutura como expresso na Equação 2.

$$\begin{aligned}
 \text{CDF} &= \frac{\text{number of applied load repetitions}}{\text{number of allowable repetitions to failure}} \\
 &= \frac{(\text{annual departures}) * (\text{life in years})}{\left(\frac{\text{pass}}{\text{coverage}}\text{ratio}\right) * (\text{coverages to failure})} \quad (\text{Equação 2})
 \end{aligned}$$

O CDF final é resultante da soma dos CDFs individuais oriundo da contribuição máxima de cada aeronave que compõem o *mix* de aeronaves e os danos máximos causados por todo o tráfego. Com base nisso, é desenhada uma curva de danos para cada seção transversal da PPD, indo do centro até a borda (Figura 6) (Fabre e Vaurs, 2017; Castro, 2021). No gráfico exemplificado na Figura 6, observa-se que o CDF resultante é de 0,93. Isso significa que, ao considerar o dano compatível, fica evidente que a estrutura dispõe de uma margem para operações adicionais, inclusive aquelas que envolvem sobrecarga.

Figura 6 - Gráfico (CDF versus offset m) obtido a partir do *software* FAARFIELD 2.0.7.



Fonte: ANAC (2020).

Vieira (2015) complementa que um valor de CDF superior a 1 não quer dizer que o operador do aeródromo deva limitar o tráfego (Tabela 5), mas que, dentro das premissas assumidas para as propriedades dos materiais e critérios de ruínas adotados pelo *software*, o pavimento atingirá sua vida útil de serviço previamente ao tempo de projeto adotado no dimensionamento, ou seja, o pavimento foi subdimensionado. Um CDF de 0,40, por exemplo, significa que 40% da capacidade de carga do pavimento em termo de vida útil já foi consumida, restando 60%.

Tabela 5 – Vida útil estrutural dos pavimentos com base no CDF

CDF	Descrição
1	O pavimento atinge a vida útil projetada
<1	O pavimento dispõe de mais vida útil que a projetada e o CDF dá a fração consumida
>1	O pavimento não atinge a vida útil projetada e entrará em ruína

Fonte: ANAC (2022a).

Após o fim do processo, a notificação do PCR é expressado na forma de um valor numérico (valor do PCR em si) seguido por quatro letras que representam os seguintes parâmetros, por exemplo, 440/F/B/X/T. De acordo com a ANAC (2022), as letras são definidas em função do tipo de pavimento, da categoria de resistência do subleito, da máxima pressão dos pneus permitida e, por fim, do método de avaliação (Tabela 6).

Tabela 6 – Detalhe dos parâmetros que representa a notificação do PCR

Valor numérico	Tipo de pavimento	Categoria de resistência do subleito	Máxima pressão de pneus permitidas	Método de avaliação
440	F – Flexível [x] R – Rígido []	A – Alta [] B – Média [x] C – Baixa [] D – Ultraabaixa []	W – Ilimitada [] X – Alta [x] Y – Média [] Z – Baixa []	U – Método da aeronave [] T – Técnica [x]
Detalhes:		Detalhes:	Detalhes:	Detalhes:
<p>a) Para fins de cálculo, no caso de pavimento rígido sobreposto com pavimento flexível, a AC150/5335-5D considera tal estrutura como rígida até que a espessura do pavimento flexível seja equivalente à espessura do pavimento rígido.</p> <p>b) No caso de pavimento flexível sobre pavimento rígido, em que este exauriu sua capacidade de suporte, o responsável pelo cálculo pode considerar toda a estrutura como flexível. Em pavimentos compostos, deverá ser avaliado se a estrutura tem mais características de pavimentos rígidos ou pavimento flexível.</p>		<p>Alta: $E \geq 150$ MPa Média: $100 \leq E < 150$ MPa Baixa: $60 \leq E < 100$ MPa Ultraabaixa: $E < 60$ MPa</p>	<p>a) Ilimitada: Alta: $\leq 1,75$ MPa Média: $\leq 1,25$ MPa $P \leq 0,5$ MPa;</p> <p>b) A avaliação é feita em todo o <i>mix</i> de aeronaves ;</p> <p>c) No caso de pavimentos rígidos, reporta “W”;</p> <p>d) A AC 150/5335-5D orienta que pavimentos flexíveis com espessura superior a 10 cm podem ser classificados com código “X” ou “Y”. Já pavimentos com espessura menor, com asfalto de menor qualidade (atentar para a presença de patologias), não devem exceder o código “Y”;</p> <p>e) O FAARFIELD 2.0 atribui “W” para pavimentos rígidos. No entanto, o responsável pelo cálculo tem a liberdade de alterar tal parâmetro, caso o concreto não seja de boa qualidade (poroso, com contaminantes, com baixa resistência ou com patologias evidentes).</p>	<p>U: Com base na experiência prévia com aeronaves.</p> <p>T: Quando a estrutura for confiavelmente conhecida.</p>

Fonte: ANAC (2022a).

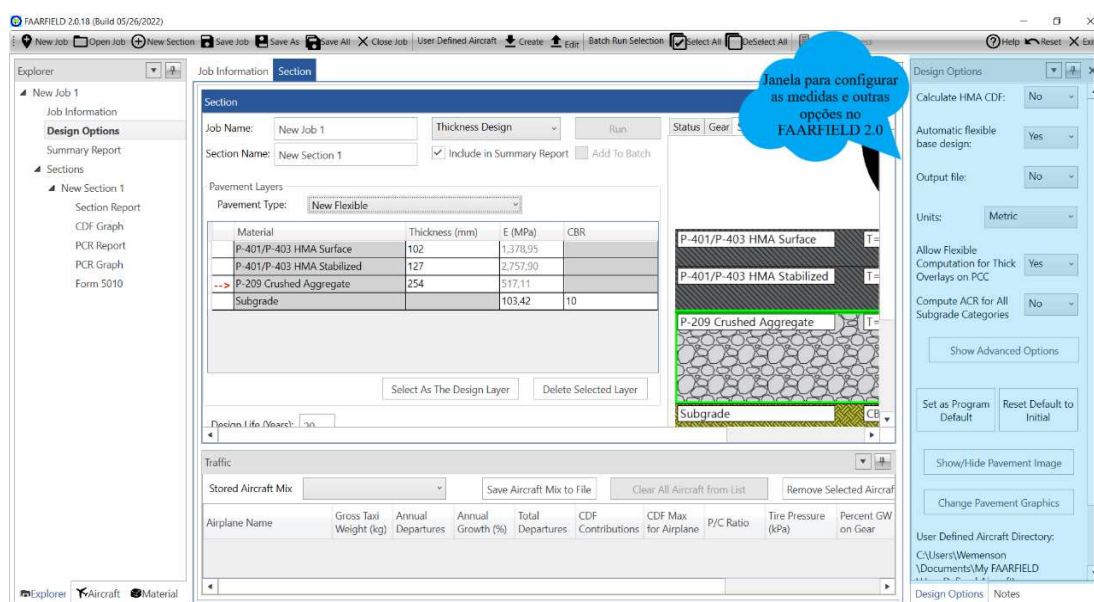
2.3.3 Uso de softwares para aplicação do método ACR/PCR

O Método ACR/PCR, é baseado no conceito de dano acumulado (*Cumulative Damage Factor* - CDF), o qual associa à fadiga dos materiais a porção da vida útil estimada restante para o pavimento aeroportuário. Para o cálculo desse parâmetro existem alguns *softwares* disponíveis no mercado, como por exemplo o APSDS, o CIRCLY, o FAARFIELD e o Alizé. Entretanto, o único *software* que disponibiliza a opção de cálculo automático do PCR

e do ACR, é o FAARFIELD 2.0, desenvolvido e liberado de forma gratuita pela *Federal Aviation Administration – FAA* (ANAC, 2022a).

Para a utilização do FAARFIELD v.2.0.18, deve-se primeiramente, configurar as unidades de medidas, habilitação da função HMA CDF (caso deseje avaliar a vida útil do revestimento) e outras opções (Figura 7). Em seguida é inserido o tipo de estrutura, na opção “*Pavement type*”, com sete tipos de estruturas disponíveis, flexível, rígida e semirrígida. Para a análise de pavimentos flexíveis, seleciona-se o “*New Flexible*”, com três camadas de material e uma de subleito, contudo é possível adicionar ou remover camadas para se adequar a estrutura existente do aeródromo analisado (Castro, 2021; ANAC, 2022a).

Figura 7 – Janela de configuração do FAARFIELD 2.0



Fonte: ANAC (2022a).

Após o tipo de estrutura selecionada, são inseridos os valores de módulos de elasticidade das camadas constituintes do pavimento (E - MPa) e espessura (*Thickness* – mm). No entanto, só é possível alterar o módulo de elasticidade do subleito, pois os materiais padrão disponíveis são definidos conforme a norma da FAA (2011b), com propriedades uniformes e previsíveis (Tabela 7). Caso seja necessária adoção de parâmetros diferentes dos pré-definidos, o usuário tem a opção de criar camadas com materiais indefinidos (*Undefined*), sobre os quais têm uma total liberdade para escolher o parâmetro de elasticidade. Castro (2021) complementa que apesar de em tese o *software* requerer o coeficiente de Poisson, não há campo para a inserção dessa característica e o programa utiliza valores pré-cadastrado de 0,35 para todas as camadas.

Tabela 7 – Propriedade dos materiais padrão do *software* FAARFIELD

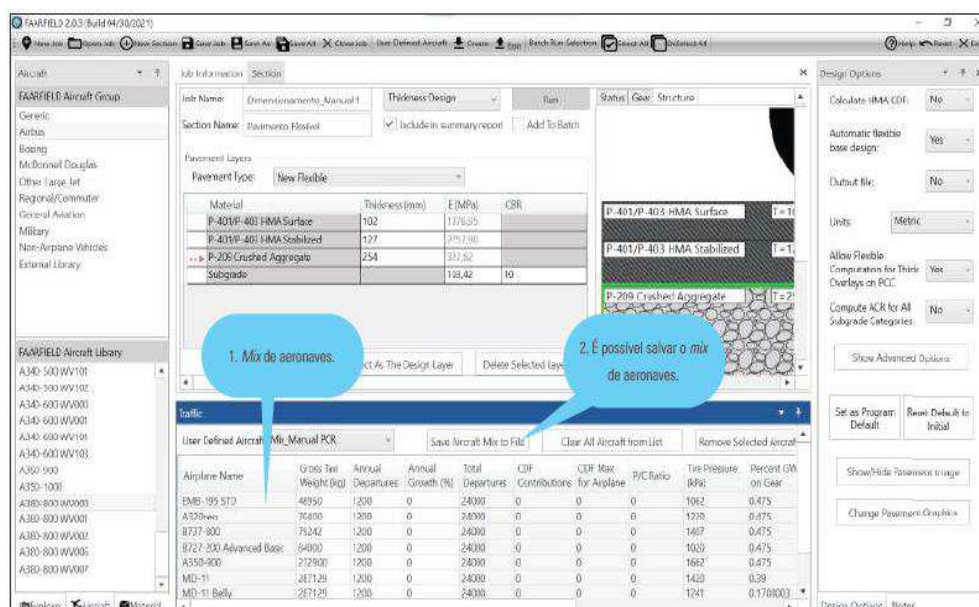
Item	Descrição do material	E (MPa)	Coefficiente de Poisson
P-401	Pré-misturado asfáltico	1.379	0,35
P-403	Concreto asfáltico	2.758	0,35
P-501	Concreto cimento <i>portland</i>	27.580	0,35
P-306	Sub-base de <i>Econocrete</i>	4.826	0,35
P-304	Base tratada com cimento	3.447	0,35
P-301	Base de solo cimento	1.724	0,35
P-209	Base em agregado britado	Inserido	0,35
p-208	Base em agregado natural	Inserido	0,35
P-154	Subleito	Inserido	0,35

Fonte: Adaptado de Brill (2013)

É importante ressaltar que a adoção de um único valor de coeficiente de Poisson para todas as camadas (como sendo 0,35) denota de uma simplificação do Método ACR/PCR acerca da entrada dos dados. Conforme Huang (2004), o coeficiente de Poisson apresenta uma baixa influência nos valores das tensões e das deformações na estrutura. No entanto, destaca-se essa padronização de um valor exato de coeficiente de Poisson nas análises das camadas e do subleito pode subestimar a complexidade da resposta estrutural do pavimento aeroportuário avaliado, uma vez que cada material tem suas características físicas e mecânicas. Por fim, destaca-se que são necessárias investigações para confirmar ou refutar melhor essas afirmações.

Em seguida, insere-se o *mix* de aeronaves e a movimentação prevista na janela “*aircraft*”, como mostrada nas Figuras 8. Além do tipo de aeronaves, também são inseridos número de decolagens anuais efetuadas, a respetiva taxa de crescimento, o P/TC (ajusta-se, se necessário), o peso operacional e a pressão de pneus.

Figura 8 – Seleção dos fabricantes e das aeronaves para fins de dimensionamento e de PCR



Fonte: ANAC (2022a).

Conforme Mitchell (2009) e Vieira (2015), o FAARFIELD v.2.0.18 dispõe na sua biblioteca interna de um conjunto de 190 modelos de aeronaves repartidas em seis grupos: genéricos, Airbus, Boeing, outros comerciais, aviação geral, e militares. No entanto, por meio de uma biblioteca externa, o usuário pode definir novas aeronaves através da edição de um ficheiro no formato *Extensible Markup Language* (XML).

Dada as informações estruturais do pavimento, do *mix* de aeronaves e do número de operações, como também da vida útil projetada e da espessura total, seleciona-se a função PCR (Figura 9) e clica-se em “Run”, após isso, são gerados relatórios com os valores de PCR, de ACR e de CDF oriundo do *mix* aeronaves e contribuição de cada uma delas, bem como a aeronave crítica do processo. Além da opção PCR, tem-se as funções “*Thickness Design*” (dimensionamento do pavimento) e “*life*” (análise de vida útil).

Figura 9 – Exemplo de resultado de PCR para uma estrutura inserida e *mix* de aeronaves

Material	Thickness (mm)	E (MPa)	CBR
P-401/P-403 HMA Surface	102	1378,95	
P-401/P-403 HMA Stabilized	127	2757,90	
--> P-209 Crushed Aggregate	325	351,62	
Subgrade		103,42	10

Airplane Name	Gross Taxi Weight (kg)	Annual Departures	Annual Growth (%)	Total Departures	CDF Contributions	CDF Max for Airplane	P/C Ratio	Tire Pressure (kPa)	Percent GW on Gear
B737-800	79242	2500	0	50000	0.43	0.43	1.36	1407	0.475
B737-8/8-200/BBJ MAX 8	82417	2120	0	42400	0.79	0.79	1.36	1413	0.475
A320neo	70400	1200	0	24000	0	0	1.38	1220	0.475
A321-100 std	83400	170	0	3400	0.02	0.04	1.36	1358	0.475
EMB-195 STD	48950	3000	0	60000	0	0	1.4	1062	0.475

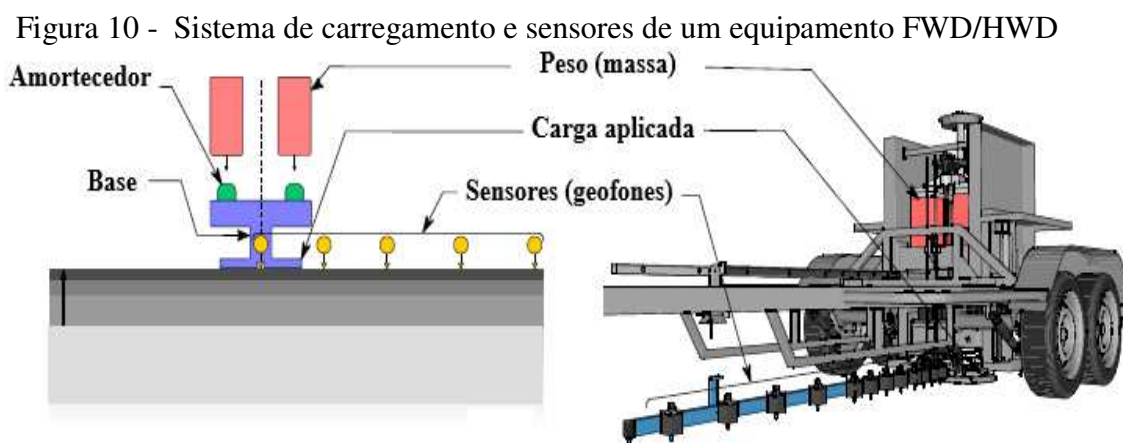
Fonte: ANAC (2022a).

Atualmente, destaca-se que o FAARFIELD 2.0 é a única ferramenta que efetua o cálculo direto do valor do PCR (parâmetro do Método ACR/PCR). Isso implica que não é necessário recorrer a *softwares* adicionais para avaliar a capacidade de suporte das estruturas dos pavimentos aeroportuários em avaliação. É bastante provável que outros *softwares*, como o Alizé, integrem essa funcionalidade em um futuro próximo (ANAC, 2020; FAA, 2022).

2.4. Equipamentos empregados em avaliação não destrutiva

No mercado existe uma série de equipamentos empregados na avaliação deflectométrica não destrutiva, capazes de simular as condições de carregamento oriundas do tráfego, medindo as deflexões sofridas pelo pavimento (Vieira, 2020). Bernucci *et al.* (2022) discorrem que esses equipamentos podem ser classificados em três tipos, conforme o carregamento, estático (Viga Benkelman), vibratório (Dynalect) e de impacto (*Falling Weight Deflectometer* – FWD).

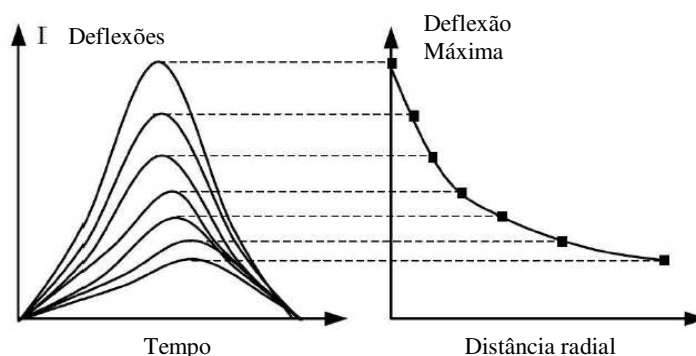
O *Falling Weight Deflectometer* (FWD) é um dos equipamentos mais empregado para se conhecer a capacidade de deflexão de um pavimento de forma não destrutiva. No caso de pavimentos aeroportuários, utiliza-se um dispositivo semelhante ao FWD, conhecido como *Heavy Weight Deflectometer* (HWD), que usa uma carga dinâmica maior e pode ser mais adequado para aplicações em pistas de aeroportos (em termo de magnitude de carga e duração do tempo de pulso). Tanto o FWD quanto o HWD (Figura 10), aplicam uma carga dinâmica na superfície do pavimento por meio da queda livre de um peso a uma determinada altura, o impacto resulta em deflexões, medidas usando uma série de sensores (*geofones*) (Gopalakrishnan e Thompson, 2004; Broutin, 2010).



Fonte: Roussel *et al.* (2019).

Os valores de pico lidos em cada um desses sensores possibilitam traçar a chamada bacia deflectométrica (Goktepe, Agar e Lav, 2006). Como é possível verificar na Figura 11, a maior deflexão medida ocorre no ponto de aplicação da carga, sendo que nos sensores mais afastados desse mesmo ponto, as deflexões diminuem (Magalhães, 2015).

Figura 11 - Gráfico típico obtido com FWD/HWD



Fonte: Magalhães (2015).

De acordo com a ANAC (2019), o FWD é capaz de aplicar cargas de magnitude entre 7 e 240 kN, enquanto o HWD, pode aplicar cargas de 30 a 300 kN. A partir das cargas aplicadas, os valores de deflexões são registrados automaticamente para cada impacto, por meio da transmissão dos dados para um sistema acoplado, conectado aos sensores que fazem a aquisição das bacias deflectométricas (deflexões verticais). Esses valores obtidos, simulam uma resposta estrutural do pavimento a carga e pressão oriunda dos pneus de um veículo ou de uma aeronave (Fontul, 2004).

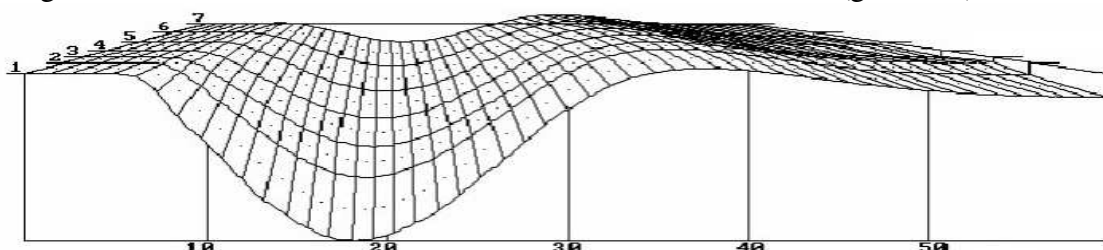
Segundo Gopalakrishnam, Thompson e Manik (2007), a forma da bacia deflectométrica obtida é em função do equipamento deflectométrico utilizado, da espessura das camadas que constituem o pavimento, das propriedades dos materiais e da magnitude da carga aplicada na superfície do pavimento. Os dados deflectométricos obtidos por meio de ensaio não destrutivo, são usados em procedimentos de retroanálise para a determinação dos valores de módulo de elasticidade das camadas estruturais de um pavimento.

2.4.1 Bacias deflectométricas

Conforme Preussler *et al.* (2007), o desempenho de um material tem influência da sua rigidez e, portanto, é importante conhecer em campo o comportamento quanto à deformação, isto é, estimar e controlar os deslocamentos elásticos frente as repetições de carregamento oriundas do tráfego. Diante desse contexto, a medição dos deslocamentos recuperável (chamadas de deflexões ou bacia deflectométrica) é a forma mais difundida de avaliar a condição estrutural de um pavimento, seja ele rodoviário ou aeroportuário, sendo definido como o deslocamento vertical recuperável da estrutura quando submetida a uma carga de impacto, que deixa de existir no instante após a retirada do carregamento (Nascimento, 2017).

Moraes (2015) discorre que os dados das medidas de deflexão que geram a bacia deflectométrica (Figura 12) são usados no procedimento de retroanálise, que determina os valores de módulo de elasticidade das várias camadas que constituem o pavimento analisado, gerando um banco de dados que traduz o nível de degradação estrutural. Silva *et al.* (2011) reiteram que também é possível simular bacias deflectométricas de um pavimento por meio da estimativa do estado de tensões do tráfego, por meio de um *software* que estima as deformações recuperáveis.

Figura 12 - Gráfico de uma bacia de deflexão com sete sensores (geofones)



Fonte: Macêdo (2003).

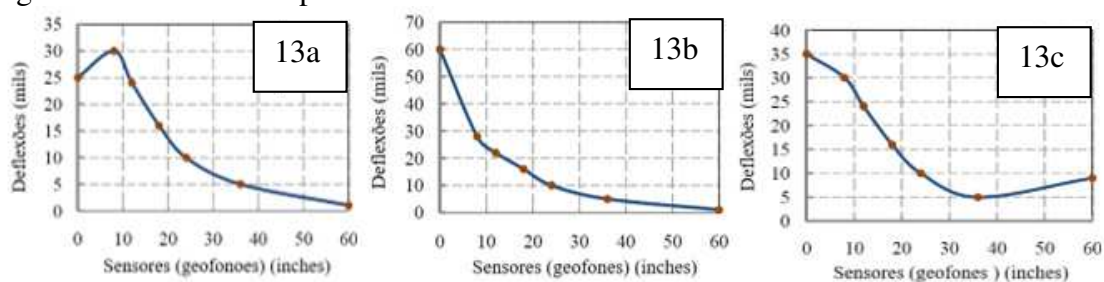
As primeiras análises a partir das medições de deflexões, baseadas em dados obtidos por equipamentos FWD e HWD, foram realizadas usando a teoria de Boussinesq (Boussinesq, 1885), inspirada na mecânica dos solos, assumindo um meio elástico linear, isotrópico e homogêneo. A formulação de Boussinesq é associada ao Método da Espessura Equivalente – MET. Posteriormente, o modelo de Burmister (Burmister, 1945) permitiu calcular os módulos de elasticidade para um pavimento elástico com até três camadas sob carga estática (Broutin, 2010; Zhao, Cao e Chen, 2015; Varma e Kutay, 2016; Roussel *et al.*, 2019;).

Borges (2001) apresenta outras aplicações com os resultados das bacias deflectométricas, previsão da vida do pavimento com emprego de modelos de fadiga, alimentação de sistemas de gerenciamento de pavimentos, divisão dos trechos em segmentos homogêneos, detecção de vazios sob as placas de controle em pavimentos rígidos e determinação da transferência de carga nas juntas de placa de concreto.

É sabido que a deflexão no ponto de aplicação de carga diminui gradativamente, conforme vai se afastando do centro do carregamento. Todavia, algumas bacias deflectométricas podem apresentar anomalias, como descontinuidade, deflexões não decrescentes e mudança brusca entre dois sensores, diante disso, é necessário verificar antes do processo de retroanálise, o comportamento individual das deflexões (Ahmed, 2010). Existem três tipos de anomalias que são geralmente observadas nesse tipo de ensaio (FAA, 2011a):

- Tipo 1: As deflexões em um ou mais sensores externos são maiores do que a deflexão sob a placa de carga (primeiro sensor). Tal anomalia ocasionará erro durante o processo de retroanálise (Figura 13a).
- Tipo 2: Diminuição excepcionalmente grande na deflexão entre dois sensores adjacentes. Apesar da teoria da camada elástica ser atendida, a diminuição deve ser gradual e relativamente consistente entre todos os sensores (Figura 13b).
- Tipo 3: Semelhante ao Tipo I, a deflexão no sensor mais externo de dois sensores adjacentes é maior do que a deflexão no sensor que está mais próximo da placa de carga (Figura 13c).

Figura 13 - Diferentes tipos de anomalias em uma bacia deflectométrica



Fonte: Ahmed (2010).

De acordo com Tarefder e Ahmed (2014) e FAA (2011a), as anomalias das bacias deflectométricas podem ocorrer por vários motivos, incluindo a presença de trincas ou fissuras sob aplicação da carga, sensor (geofones) não calibrado corretamente, bolsas de ar nas camadas, deformação no revestimento e elevadas temperaturas, dentre outras razões. Ainda de acordo com Moraes (2015), as bacias deflectométricas devem atender ao critério de repetibilidade e reprodutibilidade, ou seja, a capacidade que o equipamento deflectométrico empregado possui de produzir resultados consistentes em um determinado trecho, quando realizado uma sequência de 10 quedas no mesmo ponto e medidas de deflexão. Conforme Bueno (2016), a repetibilidade e acurácia dos equipamentos ainda pode ser um problema durante a realização de ensaios não destrutivos (deflectométricos). Diante desse contexto, Moraes (2015) discorre que para a repetibilidade de bacias deflectométricas medidas pelo FWD, para apresentar resultados consistentes, o pavimento deve possuir boas condições estruturais e o subleito não pode ser de baixa capacidade de suporte.

A reprodutibilidade, por outro lado, é a capacidade de obter resultados consistentes e comparáveis ao realizar coleta de bacias deflectométricas em diferentes condições ambientais usando o mesmo equipamento ou diferentes equipamentos (Rocha, Tandon e Nazarian, 2004).

Embora a repetibilidade seja normalmente alcançada, a reprodutibilidade é dependente de fatores ambientais e das características do equipamento deflectométrico, como o algoritmo de interpretação do sinal analógico para digital, a qualidade da borracha na parte inferior da placa de carga, a forma e a qualidade dos amortecedores de borracha, o histórico do pulso de carga, a altura da queda, a frequência da força, entre outras variáveis, que tornam a reprodutibilidade difícil de controlar de maneira eficaz (Van Gorp, 1991; Murphy, 1998; Rocha, Tandon e Nazarian, 2004).

Vários autores têm estudado as limitações do FWD principalmente devido a preocupações com a falta de reprodutibilidade entre equipamentos individuais (Murphy, 1998; Van Gorp, 1991). As fontes identificadas de falta de reprodutibilidade derivam de múltiplos fatores envolvidos no processo de teste. Até certo ponto, nem todas as fontes podem ser controladas e mitigadas. A forma do pulso de carga depende da geometria e alinhamento do sistema de amortecimento, mas também é influenciada pelo tipo de material que compõe o pavimento e o subleito. A duração do tempo do pulso de carga é atualmente determinada por padrões de fábrica, exceto para o FWD KUAB, que é projetado com um tempo de carregamento mais longo. A técnica de conversão dos sinais de deflexão do fabricante também influencia a qualidade dos dados de deflexão. Perturbações de alta frequência podem contribuir para a distorção da forma do pulso de carga e do pulso de deflexão. Comparar valores de pico distorcidos do histórico de tempo de carga e dos históricos de tempo de deflexão pode afetar os resultados estimados da retroanálise. Portanto, é recomendável, quando disponível, habilitar a função de filtro de suavização para cortar frequências acima de 60 Hz (Sorensen, 1993; Van Gorp, 1995).

2.4.2 Ajuste das bacias deflectométricas

Lytton e Smith (1985), FAA (2011a) e Correia (2014) afirmam que as medidas deflectométricas devem ser corrigidas para uma condição padrão, para serem utilizadas como parâmetros de projetos. Devendo ser usados métodos de correção das deflexões para carga aplicada (referência), temperatura, frequência de cargas, vazios e teor de ligante na camada de concreto asfáltico. Todavia, as correções mais coerentes a serem realizadas são nas medidas de deflexão para carga e temperatura.

De acordo com Bueno *et al.* (2020), a correção dos valores deflectométricos em relação a carga padrão aplicada, visa identificar condições dos pavimentos por diferentes equipamentos, como também comparar as deflexões e os módulos de elasticidade, sendo um

procedimento importante para análise dos resultados obtidos em campo. Moraes (2015) ressalta que todas as deflexões medidas pelo FWD, em cada seção ensaiada, devem ser corrigidas por meio de interpolação linear, em função da carga pré-estabelecida e carga realmente aplicada.

Por sua vez, a FAA (2011a), recomenda que as deflexões brutas sejam normalizadas para uma carga padrão. Por exemplo, pode-se querer normalizar as deflexões para uma carga crítica da roda de uma aeronave de 40.000 lb (18.000 kg), embora as deflexões tenham sido aplicadas para uma carga de impacto de 140 kN, é possível ajustar as bacias deflectométricas para uma carga de 180 kN, por meio da Equação 3.

$$Dn = Dm * \left(\frac{Fp}{Fm}\right) \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

Dn = deflexão normalizada (μm);

Dm = deflexão medida (μm);

Fp = força padrão (KN) e Fm = força medida (KN).

2.4.3 Ajuste de temperatura das bacias deflectométricas

As camadas asfálticas em pavimentos rodoviários e aeroportuários podem sofrer influência da variação da temperatura, pois os módulos de elasticidade desses materiais (betuminoso) podem variar conforme a temperatura registrada no momento do levantamento não destrutivo. Sabe-se que no verão, as temperaturas elevadas ocasionam a diminuição da rigidez das camadas asfálticas, apresentando assim módulos de elasticidade mais baixos. Em razão disso, o conhecimento das temperaturas a atuar nas camadas asfálticas ao longo do pavimento é essencial para atribuir a essas mesmas camadas propriedades mecânicas adequadas (Correia, 2014).

Vários estudos foram conduzidos com o propósito de desenvolver modelos para a correção de temperatura a fim de considerar o efeito dessa variável para estimativa mais precisa do módulo de elasticidade em campo. Modelos de correção de temperatura para retroanálises feitas a partir de FWD e de HWD foram propostos por vários pesquisadores, Baltzer e Jansen 1994; Kim, Hibbs e Lee 1995; Lukanen, Stubstad e Briggs, 2000; Chang *et al.* 2002; Chen *et al.* 2000, os quais utilizaram análise de regressão de dados de módulo elasticidade medidos em campo. No entanto, as equações desenvolvidas apresentam algumas limitações, uma vez que não foi conduzida uma comparação entre os valores de módulo de elasticidade estimados em laboratório e aqueles obtidos por meio de retroanálises. Além disso, estudos anteriores focaram

apenas no desenvolvimento de modelos de correção de frequência para melhorar a acurácia dos módulos de elasticidade retroanalizados obtidos a partir de FWD/HWD (Le *et al.*, 2023).

A correção de temperatura dos dados obtidos pelo FWD e, conseqüentemente, do processo de retroanálise, pode ser realizada por meio de duas abordagens distintas. A primeira dessas abordagens está relacionada à correção da temperatura por meio de ajustes aplicados às bacias deflectométricas, que posteriormente são utilizadas para calcular os módulos de elasticidade (Březina, Machel e Zavřel, 2022). Para esse procedimento, existe diversas equações, como as desenvolvidas por Kin *et al.* (1995) (Equação 04) Chen *et al.* (2000) (Equação 05) e Straube e Jansen (2009). No entanto, de acordo com Březina, Machel e Zavřel (2022), a influência da correção da temperatura diminui à medida que a distância em relação ao eixo de carga aumenta, tornando-se insignificante a partir de uma determinada distância. Por sua vez, Straube e Jansen (2009), discorrem que o efeito da temperatura nas deflexões pode ser desprezado quando a distância for superior a 600 mm em relação a força aplicada.

$$D_{68} = 10^{\alpha(68-T)}Dt \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

D_{68} = deflexão ajustada à temperatura de referência;

D_T = deflexão à temperatura de ensaio;

$$\alpha = 3,67 \cdot 10^4 \cdot t^{1,4535},$$

t = espessura da camada asfáltica (in);

T = temperatura na parte central da camada betuminosa no momento do ensaio (°F).

$$D_{0,T,r} = D_{0,T} \left(\frac{1.0823^{-0.0098t}}{0.8631} T_r^{0.8316} T^{-0.8419} \right) \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

$D_{0,Tr}$ = deflexão máxima ajustada para a temperatura T_r (mm);

$D_{0,T}$ = deflexão máxima medida na temperatura T (mm);

T_r = temperatura de referência definida pelo usuário (°C);

T_{32} = temperatura ao nível médio da camada de revestimento asfáltico (°C) no momento do teste FWD;

t = espessura da camada de revestimento asfáltico (mm).

A segunda opção consiste em ajustar os módulos de elasticidade após o processo

de retroanálise para uma temperatura específica (Březina; Machel; Zavřel, 2022). Para isso, são empregadas várias temperaturas de referência em todo o mundo, dependendo do projeto construtivo e mecânico (cálculo de previsão da vida residual e de espessura da camada de revestimento), e essas estão diretamente vinculadas ao método empregado. Frequentemente são usadas como temperaturas de referência os valores de 20 °C (Baltzer e Jansen, 1994) e de 25 °C (Chen *et al.* (2000)). Uma das equações mais utilizada para isso foi desenvolvida por Chen *et al.* (2000) (Equação 06).

$$E_{25^{\circ}C} = \frac{E_T T^{2.81}}{18500} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

$E_{25^{\circ}C}$ definindo como o módulo de elasticidade para a temperatura de referência de 25°C (MPa);

E_T como o módulo de elasticidade retroanalizados para a temperatura T (MPa);

T como a temperatura da camada asfáltica durante o ensaio (°C).

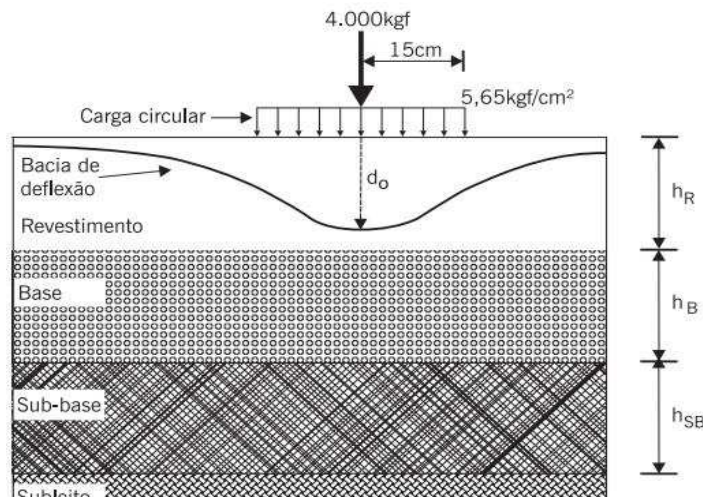
Além dessa equação de correção de temperatura, foram desenvolvidas outras por diversos autores, principalmente na década dos anos 90, como a de Johnson e Baus (1992), Baltzer e Jansen (1994), Stubstad *et al.* (1994) e Kim *et al.* (1995). Um panorama abrangente das equações desenvolvidas para corrigir as variações de temperatura nos módulos de elasticidade de camadas asfálticas retroanalizadas, por diferentes autores é apresentado por Akbarzadeh, Bayat e Soleymani (2012).

Diante do exposto, existem questionamentos quanto à necessidade da correção completa das bacias. Isso ocorre pelo fato de que o comportamento térmico dos revestimentos asfálticos afeta somente as deflexões medidas nos primeiros pontos de leitura, ou seja, as medições feitas mais próximas à área de carregamento. Nesse sentido, uma estratégia para preservar a integridade dos resultados obtidos nos testes de campo é fazer uso das deflexões sem correção, ou também corrigir os próprios módulos de resiliência retroanalizados, como fez Bueno (2016). Autores como Johnston (2001) e Bueno (2016) chegaram ainda à conclusão que valores medidos em temperaturas de superfície próximas as de referência (25°C) não requerem ajustes nas bacias deflectométricas, uma vez que essa variação térmica acarreta pequena diferença nos resultados finais

2.5. Retroanálise das bacias deflectométricas

No ensaio não destrutivo, utilizando equipamento do tipo FWD/HWD, apenas as variáveis ambientais, cargas aplicadas, geometria do pavimento e formato da bacia deflectométrica medida são conhecidas. Por sua vez, as variáveis desconhecidas são as propriedades estruturais das camadas que constituem o pavimento, como a rigidez. A determinação desses parâmetros por meio das bacias deflectométrica da estrutura (Figura 14), captadas por sensores (geofones), é designada análise inversa, denominada de retroanálise (Saltan *et al.*, 2012; Camarini *et al.*, 2019).

Figura 14 - Esquema do processo de retroanálise de pavimentos



Fonte: Nóbrega (2003).

O procedimento de retroanálise tem como objetivo, estimar os módulos de elasticidade de cada uma das camadas que compõem o pavimento e o subleito, com base nas bacias deflectométricas (deformações verticais recuperáveis). Esses valores servem como parâmetros de entrada para os projetos de dimensionamento, reforço e avaliação estrutural dos pavimentos aeroportuários, sem necessidade de coleta em campo (sondagem). Em razão disso, é o procedimento mais empregado para a aferição da capacidade de suporte a partir de ensaio não destrutivo (Rahim e Geprge, 2003).

Ullidtz e Coetzee (1995) acrescentam que os valores de módulos de elasticidade obtidos por meio de retroanálise representam uma resposta das camadas do pavimento à carga oriundas do tráfego, podendo ser utilizados para calcular os parâmetros de tensão e deformação da estrutura. Essas variáveis resultantes da carga aplicada são usadas para estimar o dano por fadiga e prever a capacidade de suporte restante do pavimento. Além de poder auxiliar nas atividades de M&R da estrutura (Nery e Santos, 2021).

Conforme Bernucci *et al.* (2022) e Ahmed (2010), no processo de retroanálise são necessários alguns dados de entrada (*input seeds*), como configuração de carregamento, bacia deflectométrica de campo, seção-tipo do pavimento, coeficiente de Poisson e valores dos módulos de elasticidade iniciais (denominado módulos sementes) dos materiais que constituem cada camada estrutural. Romanoschi e Metcal (1999) e Kargah-Ostadi e Stoffels (2015) complementam que os dados de entradas necessários podem variar conforme o *software* empregado e o método de análise utilizado (Teoria da Elasticidade ou Método dos Elementos Finitos).

Durante o procedimento de retroanálise, é gerada uma nova bacia deflectométrica (teórica), baseada no comportamento físico esperado para a estrutura e os parâmetros iniciais de entrada (*input seeds*). Para a estimativa dos valores de módulos de elasticidade, há um processo iterativo, em que as deflexões teóricas são comparadas com às deflexões reais (medidas em campo), ocorrendo um ajuste entre as curvas deflectométricas, alterando os valores de módulos de elasticidade até que o critério de convergência (bacia teórica e real) esteja dentro de uma tolerância aceitável (Armed, 2010). Macêdo (1996) discorre que esse procedimento apresenta cinco etapas básicas:

- a) Estimativa dos módulos de elasticidade iniciais, ou sementes (*seed values*), por meio de algum banco de dados;
- b) Cálculo da bacia deflectométrica teórica com os dados estimados inicialmente;
- c) Comparação entre a bacias deflectométrica teórica e real;
- d) Ajuste dos módulos de modo que reduza as diferenças entre as medidas calculadas e medidas;
- e) Repetição dos passos *b*, *c* e *d* até que o erro esteja dentro do limite de tolerância adotado.

Ainda de acordo com Bernucci *et al.* (2022) e FAA (2021a), avaliação estrutural de pavimentos por meio de metodologia não destrutiva, especificamente aplicando a retroanálise, apresenta algumas vantagens, tais como, obtenção dos módulos de elasticidade em condições de campo, minimização do número de sondagem para coleta de dados dos materiais, custos menos onerosos, maior rapidez quando comparado ao ensaio destrutivo e não há necessidade de interrupção do tráfego de aeronaves. Por sua vez, Preussler *et al.* (2000) discorrem que algumas das desvantagens desse procedimento é que os módulos de elasticidade estimados não representam necessariamente os dados reais da estrutura, mas um módulo “equivalente”, podendo ser influenciado por diversos fatores, tais como homogeneidade (isotropia), umidade, grau de compactação e temperatura.

2.5.1. Valores típicos dos módulos de elasticidade

Como é sabido, para o procedimento de retroanálise é necessário introduzir valores de módulos de elasticidade iniciais (sementes) e coeficiente de Poisson para os vários materiais que constituem o pavimento de forma a otimizar os resultados. Alguns *softwares*, ainda possuem a opção de aferir limites inferiores e superiores para os módulos calculados ao longo das várias iterações realizadas pelos algoritmos. Diante desse contexto, é importante que o usuário avalie quais os valores sementes são mais coerentes para os materiais, de maneira que facilite o processo de convergência para a solução final, reduzindo as iterações necessárias para obter os resultados calculados pelas ferramentas e agilizando o tempo de processamento (Correia, 2014).

Conforme Zanetti (2008), uma das críticas da retroanálise é que como não existe um valor único de módulo de elasticidade inicial padronizado para cada material empregado nos pavimentos, a depender dos valores sementes adotadas para a estrutura, pode-se obter diferentes conjuntos de módulos elasticidade finais que atendam aos critérios de convergências entre as bacias deflectométricas teóricas e reais, o que seria considerado como satisfatório, porém, podem não representam a realidade da estrutura analisada. Em virtude disso, o DER/SP (2006) e a FAA (2011a) trazem em seus manuais de instruções de projetos, as Tabelas 8 e 9, respectivamente com valores usuais recomendados para as propriedades de elasticidade dos materiais adotados em obras de pavimentação.

Tabela 8 – Valores usuais de módulos de elasticidade recomendados pelo DER/SP

Materiais	Intervalos de Módulo de elasticidade (MPa)
Concretos asfálticos	
Revestimento (CAP 50-70)	2.000-5.000
Revestimento (CAP 30-45)	2.500-4.500
<i>Binder</i> (CAP 50-70)	2.000-3.000
<i>Binder</i> (CAP 30-45)	2.500-4.000
Materiais granulares	
Brita granulares	150-300
Macadame Hidráulico	250-450
Solos finos em base e sub-base	150-300
Materiais estabilizados quimicamente	
Solo-cimento	5.000-10.000
Brita graduada tratada com cimento	7.000-18.000
Concreto compactado com rolo	7.000-22.000
Concreto cimento <i>Portlnad</i>	30.000-35.000
Solos finos em subleito e reforço do subleito	
Solos de comportamento laterítico LA, LA', LG'	100-200
Solos de comportamento não laterítico	25-75
Solos finos melhorados com cimento para reforço de subleito	200-400
Concreto de cimento <i>Portland</i>	28.000-45.000

Fonte: DER/SP (2006).

Tabela 9 – Valores usuais de módulos de elasticidade recomendados pelo FAA

Materiais	Módulo de elasticidade (MPa)		
	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo
Revestimento asfáltico	500	3.500	14.000
Revestimento em Concreto de cimento Portland	7.000	35.000	60.000
Base em concreto	7.000	14.000	20.000
Base tratada com asfalto	700	3.500	10.000
Base tratada com cimento	1.400	5.000	14.000
Solo granular para base	70	200	350
Solo granular para sub-base e subleito	30	100	200
Solo estabilizado	70	350	1.400
Solo coesivo	20	50	170

Fonte: Adaptado de FAA (2011a).

Assim como os módulos de elasticidade iniciais para as camadas, também são necessários os coeficientes de Poisson para os materiais que constituem o pavimento avaliado. Os valores usuais recomendados desse parâmetro para serem empregados no procedimento de retroanálise são mostrados na Tabela 10 e 11, respectivamente para o DER/SP (2006) e FAA (2011a).

Tabela 10 – Valores usuais de coeficiente de Poisson recomendados pelo DER/SP

Materiais	Intervalo de valores de coeficiente de Poisson	Valor Recomendado de Coeficiente de Poisson
Concreto de cimento Portland	0,10-0,20	0,15
Materiais estabilizados com cimento	0,15-0,30	0,20
Misturas asfálticas	0,15-0,45	0,30
Materiais granulares	0,30-0,40	0,35
Solos do subleito	0,30-0,50	0,40

Fonte: DER/SP (2006).

Tabela 11 – Valores usuais de coeficiente de Poisson recomendados pelo FAA

Materiais	Valor mínimo	Valor máximo
Concreto asfáltico ou base tratada com asfalto	0,25	0,40
concreto de cimento Portland	0,10	0,20
Base tratada com asfalto ou com cimento	0,15	0,25
Solo granular para base, sub-base e subleito	0,20	0,40
Solo estabilizado	0,15	0,30
Solo coesivo	0,30	0,45

Fonte: Adaptado de FAA (2011a).

2.5.2. Fatores que podem influenciar nos módulos de elasticidade retroanalizados

Segundo Macêdo (2003) e Nóbrega (2003), alguns dos principais problemas encontrados nos procedimentos de retroanálise são: dados de entrada; rigidez relativa das camadas; efeitos da não linearidade e compensação dos valores modulares; variações nas espessuras das camadas do pavimento e material rígido no subleito.

Estudos realizados por Nega, Nikraz e Al-Qadi (2016) e Bianchini e Bell (2019) obtiveram variações dos valores de módulos de elasticidade em todas as camadas ao longo do comprimento de alguns pavimentos analisados. Nesse caso, algumas das diferenças observadas foram causadas por anomalias nas deflexões medidas, erro resultante da presença de uma camada de rigidez inferior, erros resultantes das propriedades não lineares das camadas base e subleito (dependente das tensões). Além disso, Ullidtz e Coetzee (1995) chamam atenção para erros oriundos da imprecisão da determinação da espessura da camada.

Por sua vez, Li e Wang (2017) discorrem que os resultados dos módulos de elasticidade são influenciados pelas propriedades viscoelásticas do ligante betuminoso, temperatura do pavimento e perda de continuidade entre as camadas e a presença de um material rígido no subleito (base rochosa). Dentre os fatores que afetam o módulo de elasticidade das camadas asfálticas na prática, o efeito da temperatura tem uma grande influência nos resultados e na interpretação dos valores de deflexão medidos, principalmente nas deflexões medições próximas ao eixo de carga (Zheng, Zhang E Liu, 2017).

Durante a retroanálise, adota-se comumente que o subleito possui espessura infinita. Caso o subleito esteja a poucos metros do leito rochoso, essa hipótese leva a erros significativos no valor de módulo de elasticidade das camadas (Irwin, 2002). Estudo realizado por Mera (1995), mostrou que as deflexões medidas pelo FWD/HWD, sofrem influências de camadas rochosas em profundidade de até 7 metros, podendo gerar anomalias.

2.5.3. Influência da aderência no processo de retroanálise

De acordo com Bueno (2016) e Scherer (2018), a aderência entre o revestimento e a base do pavimento ocorre principalmente por adesão, devido ao processo de imprimação e da pintura de ligação. Todavia, Raab et al. (2004) e Sutanto (2010) complementam que mesmo utilizando essas técnicas, pode ocorrer uma falha de aderência entre as interfaces desses materiais. Nas demais camadas (base e sub-base) e subleito a aderência ocorre por meio do atrito e da aderência mecânica entre os materiais granulares (Bueno, 2016). Desse modo, quando ocorre má aderência entre as camadas, o comportamento mecânico do pavimento é alterado, levando a diferentes esforços e deformações, causando precocemente ruptura por fadiga e deformação permanente, alterando a sua vida útil e durabilidade (ABEDA, 2010; Silva et al., 2015; Rocha et al., 2021).

Preussler et al. (2000 e Bueno et al. (2020) destacam que as condições de interface (aderência) entre os materiais empregados nos pavimentos ainda não são bem conhecidas e

avaliação relacionada à questão de aderência ainda não é uma prática usual no meio técnico. Nessa perspectiva, os estudos são focados principalmente na aderência entre misturas asfálticas, concreto de cimento *portland* e materiais estabilizados (Pereira, 2003; Lopes, 2019).

Conforme Romanoschi e Metcalf (2003) e Tiliouine *et al.* (2012), no processo de retroanálise, os módulos de elasticidade são sensíveis à condição de interface, influenciando na prescrição do desempenho estrutural do pavimento sob condições de tráfego. Desse modo, deve ser utilizado um modelo de condição de interface que representa as características em campo de maneira confiável ao comportamento elástico das camadas (Tiliouine *et al.*, 2012).

Wu *et al.* (2017) complementam que durante a modelagem do pavimento no processo de retroanálise existem três possíveis condições de contato na interface (aderência total, parcial e nula). Contudo, Huang (2003) recomenda que durante o procedimento de retroanálise, deve-se assumir que os pavimentos flexíveis são formados por materiais asfálticos sobre camadas granulares não aderidas entre si.

Nos estudos realizados por Romanoschi e Metcalf (2001), Tiliouine *et al.* (2012), Bueno (2016) e Lopes (2019) indicaram que a condição de interface adotada durante o processo de retroanálise influencia os valores de módulos de elasticidade finais e, conseqüentemente, afetaram os resultados de desempenho do pavimento. Nessa situação, Silva *et al.* (2015) e Lopes (2019) verificaram, por meio de simulações, que a condição de aderência adotada durante o procedimento de retroanálise resultou em diferenças significativas na vida de fadiga do pavimento flexível estudado

Bueno *et al.* (2020), Vieira (2020) e Rocha *et al.* (2021) verificaram uma diminuição dos valores de módulos de elasticidade obtidos quando consideradas as camadas totalmente aderidas, especialmente para as camadas granulares. Por sua vez, estudo realizado por Lopes (2019), obteve valores de módulos de elasticidade para a camada de revestimento próximos para as duas condições (com e sem aderência).

Romanoschi e Metcalf (2003) e Canestrari *et al.* (2013), por sua vez, complementam que o módulo de elasticidade do subleito não é influenciado significativamente pelas as condições de aderências adotadas durante o processo de retroanálise. Ainda de acordo com Romanoschi e Metcalf (2003), foi verificado que os módulos de elasticidade para a camada de revestimento, quando se considera aderência entre as interfaces dos materiais durante a retroanálise, foram inferiores aos estimados pelo ensaio destrutivo.

2.5.4. Softwares de Retroanálise

A avaliação da capacidade estrutural de pavimento por meio de retroanálise vem

sendo cada vez mais empregada para a obtenção dos módulos de elasticidade. Todavia, ainda é um processo trabalhoso, pela falta de consenso e padronização no tocante à interpretação dos resultados, podendo variar significativamente conforme o usuário, *software*, algoritmos e procedimentos de otimização computacional (Terzi *et al.*, 2013).

Conforme Bueno (2016) e Schmalzer (2006), para a retroanálise não é necessariamente obrigatório utilizar um *software* específico de ajustes entre as bacias deflectométricas reais e teóricas. Alguns *softwares* de análise de tensões, deformações e deslocamentos pode obter, indiretamente, a combinação de módulo de elasticidade das camadas com os deslocamentos verticais (deflexões) existentes na superfície, sob pontos de cargas determinados, assemelhando aos valores obtidos na avaliação deflectométrica em campo. Contudo, os processos indiretos de retroanálise, por meio de *softwares*, que realizam análise de esforços, tornam o processo trabalhoso e lento.

Os *softwares* utilizados no procedimento de retroanálise são divididos em simplificados e iterativos. O primeiro grupo faz uso de recursos, tais como gráficos e equações empíricas, empregando a Teoria da Elasticidade para estimar as características dos materiais que compõem as camadas da estrutura ou pertencentes ao subleito. Por tratar-se de uma simplificação de algumas características do pavimento, os métodos simplificados garantem maior rapidez, à medida que retornam menor precisão (Santos e Soares, 2015).

Por sua vez, os métodos iterativos são a partir da obtenção do módulo elasticidade equivalente das múltiplas camadas da estrutura, buscando convergir os valores de uma bacia deflectométrica teórica aos da bacia medida por levantamentos não destrutivo até que os valores sejam iguais, ou que se obtenha resíduos mínimos, estipulados previamente no início da operação. Desse modo, a retroanálise pode auxiliar a gerência de pavimentos na elaboração de projetos de reforço e na estimativa da vida útil da estrutura (Moreira, 2021 e Silvério, 2021).

De acordo com Broutin (2010) e FAA (2011a), no processo de retroanálise, a maioria dos *softwares* iterativos adotam para a modelagem das bacias deflectométricas teóricas (calculadas), modelos geométricos da estrutura com base no conjunto de módulos de elasticidade sementes e no coeficiente de Poisson, comprimento lateral do pavimento infinito, subleito com profundidade infinita ou situado ao leito rochoso, material isotrópico, homogêneo e linear. Contudo, alguns *softwares* podem considerar comportamentos não linear e viscoelásticos (para materiais asfálticos e ligantes). Romanoschi e Metcalf (2003) complementam que essas hipóteses adotadas em alguns casos podem levar a erros significativos nos módulos aferidos dos materiais devido à modelagem imprópria das condições de aderência entre as camadas do pavimento.

Camarini, Silva Junior e Fontenele (2018) complementam que existem diversos *softwares* iterativos desenvolvidos para estimar as propriedades de elasticidade das camadas e do subleito de um pavimento, tais como EVERCALC, ELSYM, BAKFAA, ELMOD e BackMedina. Entretanto, mesmo considerando as similaridades entre eles, podem ocorrer divergências entre os resultados obtidos. Essas diferenças estão relacionadas aos aspectos característicos de cada *software*, como algoritmos de iteração, hipóteses assumidas e número de variáveis adotadas.

Por sua vez, Ulidtz e Coetze (1995), FAA (2011a) e Tarefder e Ahmed (2014) acrescentam que as possíveis divergências entre os *softwares* de retroanálise têm relação com o tipo de análise (linear ou não-linear), método (teoria elástica de multicamada e método dos elementos finitos), hipóteses e modelo constitutivo do material. Cada um desses *softwares* de retroanálise tem suas vantagens e desvantagens no referente à utilização. Nesse sentido, segundo a FHWA (2006), distintos *softwares* não resultam em valores modulares iguais, mas, tais resultados devem ser próximos.

Segundo Tutumluer e Sarker (2015), os *softwares* iterativos de retroanálise mais usados ao redor do mundo são o BAKFAA, MODULUS, EVERCALC, ELMOD, MICHBACK, MODCOMP e WESDEF (Tabela 12). Ao contrário dos demais *softwares*, o MODULUS realiza a estimativa do módulo de elasticidade das camadas por meio da construção de um banco de dados baseado na bacia de deflexão calculada.

Tabela 12 - Característica de alguns dos *softwares* de retroanálise mais utilizados

<i>Software</i>	Desenvolvedor	Rotina de Cálculo	Condição de camada (aderência)	Número máximo de camada	Convergência de bacia
BAKFAA	FAA	Elástico linear	Variável	10	<i>Root Mean Squared - RMS</i>
MODULUS	Scullion, Uzan e Paredes, 1990.	Elástico linear	Fixado	4	<i>Root Mean Squared - RMS</i>
ELMOD	Dynatest	Método das esp equivalentes	Fixado	4	<i>Relative error on five sensors</i>
EVERCALC	Sivaneswaranet, Kramer e Mahoney, 1991.	Elástico não linear	Fixado	3	<i>Root Mean Squared - RMS</i>
MICHBACK	Harichandran, Mahmood e Raab, 1993	Elástico linear	Fixado	4	<i>Root Mean Squared - RMS</i>
MODCOMP	Irwin, 2001	Elástico não linear	Fixado	5	<i>Relative deflection error at sensors</i>
WESDEF	Van Cauwelaert <i>et al.</i> , 1989	Elástico linear	Variável	5	<i>Root Mean Squared - RMS</i>

Fonte: Tutumluer e Sarker (2015); FAA (2011a).

Segundo Medina e Mota (2015) e Lopes (2016), no Brasil, tem sido comumente empregado os seguintes *softwares* de retroanálise, o ELMOD, da fabricante Dynatest, o EVERCALC da fabricante KUAB, o BAKFAA desenvolvido pela Universidade de Washington em parceria com a FAA. Por sua vez, tem-se os nacionais, o BackMedina que é um importante componente do conjunto de programas relacionados ao novo Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos – Medina desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas rodoviárias - IPR e o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia da UFRJ com a colaboração do Centro de Pesquisas da Petrobrás – CENPES e de diversas universidades do Brasil (Franco e Motta, 2020) e o BackCAP, desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará – UFC (Silva, 2014).

Outros métodos computacionais de retroanálise vem se popularizando, baseados em métodos de regressão linear, Redes Neurais Artificiais - RNAs, Algoritmos Genéticos - GAs e outros sistemas fuzzy. Esses procedimentos resultam em valores de módulo de elasticidade mais precisos quando comparados com os métodos tradicionais de retroanálise (Tutumluer e Sarker, 2015).

De modo a verificar as principais distinções entre os resultados obtidos por diferentes *softwares*, Lopes (2019) comparou três *softwares* de retroanálise (BackMedina, ELMOD e PITRABACK) quanto aos valores calculados de módulo de elasticidade para diversos trechos de rodovias. O autor identificou correlação adequada entre as respostas dos dois primeiros *softwares* BackMedina e ELMOD, mas divergência em alguns trechos considerando os valores do PITRABACK. Foi identificado, ainda, que algumas dessas ferramentas tendem a superestimar valores para determinadas camadas, como o ELMOD, especialmente em relação ao subleito.

Estudos realizados por Yin e Mrawira (2009) discorreram que os resultados obtidos pelo *software* ELMOD apresentaram valores similares aos aferidos em ensaios laboratoriais. Por sua vez, comparações entre os *softwares* BackMedina e ELMOD, realizados por Marques (2002) e Lopes (2019) apresentaram diferenças entre os módulos de elasticidades retroanalizados, principalmente para as camadas de base, sub-base e subleito.

2.5.5. Critérios de convergência entre as bacias deflectométricas medidas e calculadas

O cálculo dos módulos de elasticidade por retroanálise é realizado a partir dos valores de módulos sementes (*seed values*) que podem produzir uma bacia deflectométrica semelhante à medida em campo pelo FWD/HWD (Alkasawneh, 2007). Ahmed (2010) discorre

que determinados *softwares* de retroanálise, a exemplo do BAKFAA, do MODULUS e do EVERCALC, consideram como principal critério de confiabilidade as discrepâncias entre as deflexões medidas e as deflexões calculadas ao final do processo de retroanálise. Esse critério é conhecido como raiz média quadrática do valor absoluto (*Root Mean Squared* – RMS), o qual é empregado como métrica para interromper as iterações do processo. Por sua vez, Bueno (2016) complementa que esse critério, não leva em consideração as diferenças percentuais entre as deflexões, acarretando compensações muito grandes nos módulos de elasticidade das camadas visando obter um valor de RMS dentro do intervalo proposto.

Para a aceitação ou rejeição do conjunto final de módulos de elasticidade mensurados pelo *software* para o pavimento, Medina, Macedo e Motta (1994) acrescentam que há diversas métricas possíveis de se estabelecer o critério de convergência entre essas bacias deflectométricas (teóricas e de campo). Dentre esses critérios matemáticos, Albernaz, Motta e Medina (1995) citam o erro relativo calculado para cada ponto da bacia, o somatório dos módulos das diferenças relativas, o somatório das diferenças absolutas aos quadrados ponderados, o somatório das diferenças relativas aos quadrados ponderados e a raiz média quadrada. Entretanto, o melhor critério segundo a ASTM (2015) para se definir a acurácia no procedimento de retroanálise é o *Root Mean Square Error* – RMSE, mostrada na Equação 7.

$$RMSE (\%) = 100 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{dmi-dcij}{dmi} \right]^2}{n}} \quad (\text{Equação 7})$$

Em que dmi é a deflexão medida em campo no sensor i (μm), $dci.i$ é a deflexão calculada no sensor i (μm), n é o número de pontos de deflexão na bacia deflectométrica ou o número de sensores do equipamento FWD/HWD empregado no levantamento e RMSE a raiz média quadrática entre as bacias medidas e as calculadas.

O valor de RSME aceitável para as bacias deflectométricas retroanalizadas pode variar a depender do órgão regulamentador ou do projetista. FAA (2021b) recomenda que os módulos de elasticidade obtidos por meio do procedimento de retroanálises com erros de RMSE superiores a 5% deverão ser descartados. Por sua vez, Von Quintus e Simpson (2002) adotaram que uma minimização aceitável seria de 3%. Contudo a ASTM (2015) indica que a máxima tolerância recomendada para esse fator é de 2% e 5%.

Estudo realizado por Fernandes (2000) mostrou que valores de RMSE extremamente baixos são difíceis de serem alcançados, principalmente os sugeridos pela norma americana. Tal razão acontece, devido que as leituras de deflexão a uma distância superior a 1

m do ponto de aplicação de carga provocam a incerteza do valor medido para aquele sensor. Ainda segundo Fernandes (2000), por meio da comparação e discussão de módulos de elasticidade obtidos pelos softwares ELSYM5 e KENLAYER, propôs que se deve estabelecer um valor aceitável de erro, variando de acordo com a distância do sensor em relação à área de carregamento. Esse critério de erro e de acordo com a distância do sensor à carga, foi estudado por Witczak (1989) e Rocha Filho e Rodrigues (1998) que propuseram o critério de confiabilidade da Tabela 13.

Tabela 13 – Critérios de confiabilidade para o procedimento de retroanálise

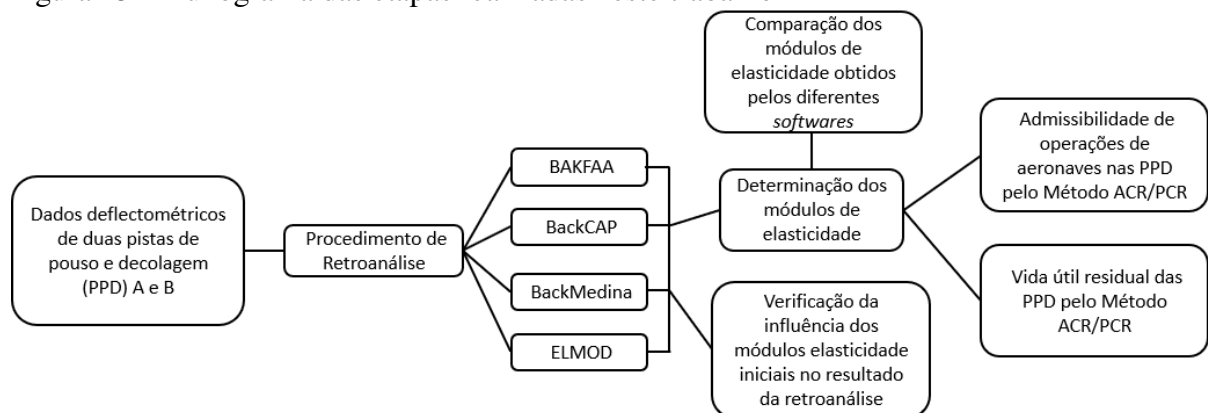
Distância do ponto de aplicação da carga (cm)	Erro admissível (%)
0	10
12,5	10
25	10
45	10
65	20
90	20
120	50

Fonte: Fernandes (2000).

3 MÉTODO DE PESQUISA

O presente trabalho consiste de uma análise da capacidade estrutural de duas pistas de pouso e decolagem (PPD) brasileiras, planejada para ser executado nas seguintes etapas: (i) obtenção e análise dos dados deflectométricos (bacias de deflexões); (ii) realização dos procedimentos de retroanálise com distintos *softwares* (BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD); (iii) análise da admissibilidade de operações de aeronaves pelo Método ACR/PCR com base nos módulos de elasticidade retroanalizados empregados no FAARFIELD e (iv) averiguação da vida útil residual das PPD por meio do FAARFIELD utilizando os módulos de elasticidade advindo de diferentes *softwares*. A Figura 15 mostra, resumidamente, um fluxograma das etapas metodológicas deste estudo.

Figura 15 - Fluxograma das etapas realizadas neste trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Como local de estudo, foram selecionadas duas PPD brasileiras identificadas como A e B, de forma a manter o sigilo dos dados. A escolha dessas PPD consistiu na disponibilidade de informações sobre levantamentos não destrutivos, composição da estrutura do pavimento e tráfego operante, obtidas junto à Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária da Agência Nacional de Aviação Civil (SIA/ANAC).

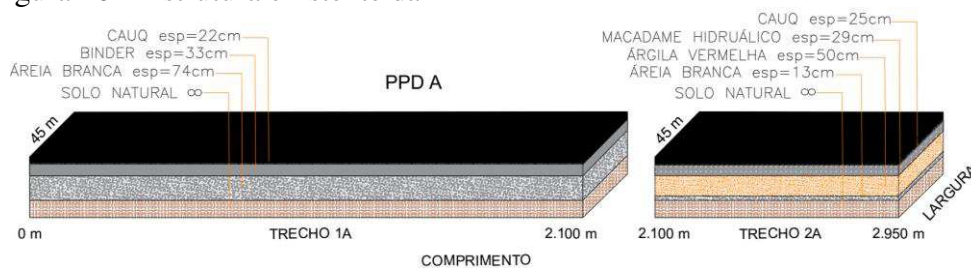
3.1 Descrição e obtenção dos dados deflectométricos

As duas PPD possuem pavimento flexível. Onde foram realizados ensaios não destrutivos por meio do *Heavy Weight Deflectometer* (HWD), visando obter as bacias deflectométricas da estrutura para posterior determinação dos módulos de elasticidade das camadas constituintes e do subleito. Para os pavimentos estudados (PPD A e B), considerou-se que os materiais existentes mantêm uma espessura uniforme ao longo de todos os trechos.

3.1.1. PPD A

A PPD A possui 2.950 m de extensão, 45 m de largura, com revestimento asfáltico, dividida em dois segmentos (trechos 1A e 2A), conforme as espessuras e materiais existentes ao longo da pista. O Trecho 1A da PPD tem comprimento de 2.100 m, sendo composto de três camadas, revestimento em Concreto Asfáltico (CA), base em Binder e sub-base em areia branca. Por sua vez, o Trecho 2A tem 850 m e é constituído de quatro camadas, revestimento em CA, base de macadame hidráulico, sub-base em argila vermelha e uma camada de reforço do subleito em areia branca, ambos os trechos são assentados em subleito de solo natural (Figura 16).

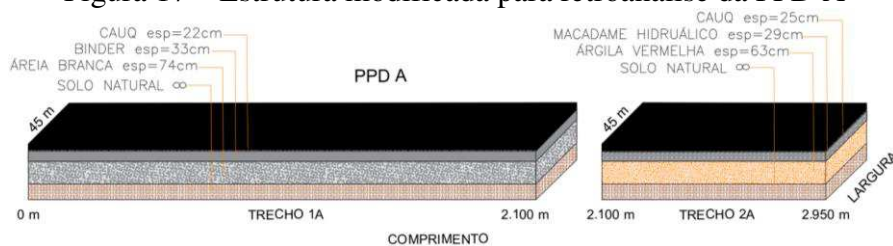
Figura 16 – Estrutura existente da PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Como a PPD é composta de quatro camadas no Trecho 2A, das quais duas apresentaram características de rigidez similares (sub-base e reforço), considerou-se que essas fossem uma só camada de 63 cm (50 cm+13 cm) para obtenção dos módulos de elasticidade (Figura 17). Essa estratégia para o procedimento de retroanálise também foi usada no estudo de Levenberg, McDaniel e Pellinen (2008), e corroborada por Correia (2014) e Lopes (2019), que indicam que material de espessura esbelta, entre outros mais robustos, podem ocasionar valores de módulos de elasticidade imprecisos acerca da condição estrutural. Além disso, para a retroanálise de um sistema de quatro camadas pelo método da espessura equivalente de Odemark-Boussinesq, é necessário conhecer a relação de módulo de elasticidade entre a quarta camada e o subleito, a qual ainda é desconhecida (Dynatest, 2013).

Figura 17 – Estrutura modificada para retroanálise da PPD A



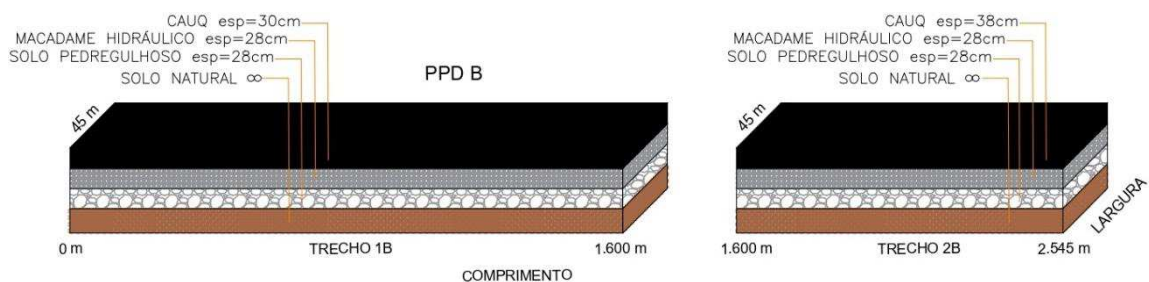
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os levantamentos deflectométricos realizados pelo HWD, adotaram cargas de 80 KN e 200 KN, em toda a extensão da PPD, a cada 25 metros, nos *offsets* de $\pm 3,0\text{m}$ e $\pm 6,0\text{m}$ (à direita e à esquerda em relação ao eixo central da PPD). Os deslocamentos das bacias deflectométricas foram medidos por meio de 9 sensores (*geofones*) posicionados no ponto de concentração do carregamento e distantes 0, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 cm. As bacias foram medidas em três aplicações de mesmas cargas sequenciais (em uma mesma posição), possibilitando verificar a confiabilidade e repetibilidade das deflexões obtidas pelo HWD. Dessa forma, foram coletadas 478 bacias deflectométricas por carregamento, usadas no processo de retroanálise.

3.1.2. PPD B

A PPD B possui 2.755 m de comprimento por 45 m de largura. Por meio de sondagens, identificou-se que a PPD B possui características de dimensionamento homogêneas quanto às camadas de base e sub-base. Todavia, a camada de rolamento apresenta variação na espessura, dividindo a PPD em dois segmentos distintos (Trechos 1B e 2B), com, respectivamente, 1.600 m e 945 m (Figura 18). Ambos os trechos são compostos por um revestimento em CA, base em macadame hidráulico, sub-base em solo pedregulhoso e subleito de solo arenoso.

Figura 18 - Estrutura existente da PPD B aferidas nas sondagens



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para os ensaios não destrutivos, realizados por meio de HWD, foram empregados três níveis de cargas de impacto (placa com diâmetro de 45 cm), 80 KN, 200 KN e 280 KN, com três repetições de queda para cada carregamento em um mesmo ponto da PPD. As bacias deflectométricas de cada ponto foram obtidas por nove sensores (*geofones*), distantes do local de carregamento a 0, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 cm. O levantamento foi realizado em ambos os lados direito e esquerdo a 3m e 6m a partir do eixo, de modo a avaliar a resposta estrutural do pavimento nos locais com maior aplicação de cargas das aeronaves, sendo obtidos,

no total, 517 pontos.

3.2. Determinação dos módulos de elasticidade (retroanálise das bacias deflectométricas)

Precedente à retroanálise, realizou-se análise estatística das deflexões medidas no campo em ambas as PPD. Buscando identificar bacias deflectométricas que apresentaram algumas das anomalias descritas pela FAA (2011a). Além disso, também averiguou-se a presença de *outliers* entre as deflexões. Para tanto, foram considerados valores que excederam a soma da média do sensor com 1,5 vezes a amplitude interquartil, ou valores que ficaram abaixo da subtração entre a média do sensor e 1,5 vezes a amplitude interquartil. A amplitude interquartil é a diferença entre o primeiro e o terceiro quartis.

Uma vez que, mesmo mantendo o carregamento fixado para a carga padrão aplicada de 200 KN, a força real empregada no levantamento não destrutivo foi divergente para cada bacia deflectométrica. Dessa forma, todas as deflexões foram normalizadas a partir da interpolação linear, em função da carga pré-estabelecida e da carga realmente aplicada. Essa normalização deve ser realizada somente quando houver análise comparativa de valores de deflexão.

A partir das bacias deflectométricas ajustadas (normalizadas), foram realizados os procedimentos de retroanálise com o emprego de quatro *softwares*: BAKFAA (v.2.1.0.1), BackCAP (v.1.10), BackMedina (v.1.2.0) e ELMOD (v.6.1). Durante o processo de retroanálise, todas as camadas das PPD foram consideradas totalmente aderidas entre si. Essa aderência total na modelagem do pavimento desta pesquisa ocorreu devido ao fato de que o Método da Espessura Equivalente (*Method of Equivalent Thickness – MET*) e o Método dos Elementos Finitos (MEF) utilizados pelos *softwares* ELMOD e BackCAP, respectivamente, adotam esse tipo de aderência como configuração padrão.

Devido ao procedimento iterativo de retroanálise, adotou-se como critério de erro admissível o *Root Mean Square Error – RMSE*, com valor aceitável inferior ou igual a 5%, conforme FAA (2011a). Na realização desse procedimento, os *softwares* possuem as seguintes hipóteses: (i) os materiais são elásticos lineares, (ii) isotrópicos e homogêneos; (iii) condição completa de aderência entre os materiais; (iv) as camadas possuem espessuras finitas na vertical e (v) subleito semi-infinito.

Para a determinação dos módulos de elasticidade atribuíram-se dados para a caracterização das propriedades dos materiais de cada camada do pavimento, como módulos de elasticidade (*Young Modulus*) iniciais e coeficiente de Poisson (*Poisson Ratio*), indicados por

DER/SP (2006) e FAA (2011a) (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14 - Parâmetros de entrada (*input seeds*) para a retroanálise - PPD A

Camadas	Esp. (cm)	Materiais	BAKFAA (MPa)	BackCAP (MPa)	BackMedina (MPa)	ELMOD (MPa)	Coefficiente de Poisson
Trecho 1A							
Revestimento	22	CBUQ	3.500	3.500	3.500	3.500	0,30
Base	33	Binder	3.500	3.500	3.500	3.500	0,30
Sub-base	74	Areia branca	250	250	250	250	0,35
Subleito	∞	Solo natural	150	150	150	150	0,40
Trecho 2A							
Revestimento	25	CBUQ	3.500	3.500	3.500	35.00	0,30
Base	29	Macadame hidráulico	350	350	350	350	0,35
Sub-base	63	Argila vermelha	250	250	250	250	0,35
Subleito	∞	Solo natural	150	150	150	150	0,40

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Tabela 15 - Parâmetros de entrada (*input seeds*) para a retroanálise - PPD B

Camadas	Esp. (cm)	Materiais	BAKFAA (MPa)	BackCAP (MPa)	BackMedina (MPa)	ELMOD (MPa)	Coefficiente de Poisson
Trecho 1A							
Revestimento	30	CBUQ	3.500	3.500	3.500	3.500	0,30
Base	28	Macadame hidráulico	350	350	350	350	0,30
Sub-base	28	Solo pedregulhoso	250	250	250	250	0,35
Subleito	∞	Solo natural	150	150	150	150	0,40
Trecho 2A							
Revestimento	38	CBUQ	3.500	3.500	3.500	35.00	0,30
Base	28	Macadame hidráulico	350	350	350	350	0,35
Sub-base	28	Solo pedregulhoso	250	250	250	250	0,35
Subleito	∞	Solo natural	150	150	150	150	0,40

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No total para a PPD A, foram retroanalisadas 478 bacias deflectométricas em cada *software* totalizando 1.912 procedimentos. Por sua vez, para a PPD B, foram retroanalisadas 517 bacias deflectométricas, sendo realizado, 2.068 processos iterativos.

Os módulos de elasticidade das camadas asfálticas obtidos foram ajustados para a temperatura de referência de 25°C, seguindo o método proposto por Chen *et al.* (2000) na Equação 8. Essa temperatura é a padrão utilizada no Brasil para ensaios e projetos (DER/SP, 2006).

$$E_{25^{\circ}\text{C}} = \frac{E_T T^{2.81}}{18500} \quad (\text{Equação 8})$$

Sendo: $E_{25^{\circ}\text{C}}$ definindo como o módulo de elasticidade para a temperatura de referência de 25°C (MPa); E_T como o módulo de elasticidade retroanalisados para a temperatura

T (MPa) e T a temperatura da camada asfáltica durante o ensaio (°C).

3.2.1 Verificação da influência dos módulos de elasticidade iniciais

Visando entender a influência dos módulos de elasticidade iniciais nos resultados do procedimento de retroanálise, após a determinação dos módulos de elasticidade usando os valores recomendados, conduziram-se novas retroanálises das bacias deflectométricas. Nesse processo, variou-se o módulo de elasticidade de uma camada específica, adotando o valor de 1 MPa, o mínimo e o máximo recomendado pela FAA (2011a), enquanto mantiveram-se constantes os valores das demais camadas (tabelas 16 e 17). Os procedimentos iterativos foram realizados em cada um dos quatro *softwares*: BAKFAA, BackCAP, BackMedina e ELMOD.

Tabela 16 – Variação dos módulos de elasticidade adotada para verificar a influência dos módulos iniciais na retroanálise dos dados do PPD A

Trecho 1A (0 m – 2.100 m)				
Iteração	Revestimento (MPa)	Base (MPa)	Sub-base (MPa)	Subleito (MPa)
	CBUQ	Binder	Areia branca	Solo natural
1	1	3.500	250	150
2	500	3.500	250	150
3	10.000	3.500	250	150
4	3.500	1	250	150
5	3.500	500	250	150
6	3.500	10.000	250	150
7	3.500	3.500	1	150
8	3.500	3.500	70	150
9	3.500	3.500	1.500	150
10	3.500	3.500	250	1
11	3.500	3.500	250	50
12	3.500	3.500	250	1.000
Trecho 2A (2.100 m a 2.950 m)				
Iteração	CBUQ	Macadame hidráulico	Argila vermelha	Solo natural
1	1	350	250	150
2	500	350	250	150
3	10.000	350	250	150
4	3.500	1	250	150
5	3.500	75	250	150
6	3.500	3.000	250	150
7	3.500	350	1	150
8	3.500	350	70	150
9	3.500	350	1.500	150
10	3.500	350	250	1
11	3.500	350	250	50
12	3.500	350	250	1.000

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 17 – Variação dos módulos de elasticidade adotada para verificar a influência dos módulos iniciais na retroanálise dos dados do PPD B

Iteração	Revestimento (MPa)	Base (MPa)	Sub-base (MPa)	Subleito (MPa)
	CBUQ	Macadame hidráulico	Solo pedregulhoso	Solo natural
1	1	350	250	150
2	500	350	250	150
3	10.000	350	250	150
4	3.500	1	250	150
5	3.500	75	250	150
6	3.500	3.000	250	150
7	3.500	350	1	150
8	3.500	350	70	150
9	3.500	350	1.500	150
10	3.500	350	250	1
11	3.500	350	250	50
12	3.500	350	250	1.000

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para esse procedimento, foram selecionadas as bacias deflectométricas que resultaram em módulos de elasticidade considerados possíveis *outliers*. Além disso, também foram incluídas bacias deflectométricas que apresentaram valores próximos aos valores-padrão. Por fim, a influência dos módulos sementes nos valores finais da retroanálise foi verificada por meio da diferença percentual entre os dois valores finais obtidos com módulos iniciais diferentes (Equação 9).

$$V_p = \left[\frac{ME1 - ME2}{ME1} \right] * 100 \quad (\text{Equação 9})$$

Sendo: V_p a variação percentual entre módulos retroanalizados para uma mesma bacia com os valores iniciais diferentes (%); ME1 módulo de elasticidade retroanalizado com o valor semente recomendado (MPa) e ME2 módulo de elasticidade retroanalizado com o valor semente variado (MPa).

3.2.2. Comparação dos módulos de elasticidade retroanalizados

Foram realizados testes de normalidade dos módulos de elasticidade retroanalizados, por meio do Teste *Shapiro-Wilk*, sendo constatado que os dados não seguem uma distribuição normal. Após as análises de normalidade, considerou-se que a análise estatística mais apropriada para os dados é do tipo não paramétrica. Nesse sentido, o Teste de *Friedman* é proposto como uma alternativa a uma ANOVA para medidas repetidas, considerando o não cumprimento da premissa paramétrica de distribuição normal (Zimmerman e Zumbo, 1993).

Dessa maneira, por meio do *software* livre R *studio* (v.4.2.1), o teste de *Friedman* foi aplicado para cada uma das camadas constituintes da estrutura, tomando os resultados dos quatro *softwares* de retroanálise mencionados. Por fim, realizou-se uma análise estatística descritiva dos dados e elaboração de gráficos de linhas na verificação do comportamento entre valores de módulos de elasticidade ao longo das PPD, oriundos dos *softwares* BAKFAA (2.1.0.1), BackCAP (v.2.0), BackMedina (v.1.2.0) e ELMOD (v.6).

3.2.2 Determinação dos módulos de elasticidade característicos

Após a retroanálise das bacias deflectométricas, separou-se as PPD em segmentos homogêneos que apresentassem locais com características similares quanto à sua condição estrutural, que nesse caso foram as deflexões máximas contidas nas bacias deflectométricas medidas. Para a sua determinação, empregou-se o método das diferenças acumuladas desenvolvida pela AASHTO (1993), conforme recomendado por Vrancianu (2006), Cafiso e Graziano (2012) e Bernucci *et al.* (2022).

Após essa etapa, realizou-se um processo estatístico para a determinação dos módulos de elasticidade característico das camadas e do subleito das PPD para os resultados obtidos em cada *software*. Os módulos de elasticidade foram separados conforme os segmentos definidos e *offsets* e, a partir daí, foram tratados de modo a identificar e excluir os *outliers*, com o seguinte intervalo de aceitação mostrado na Equação 10.

$$\text{Intervalo} = x \pm z \times DP \quad (\text{Equação 10})$$

Sendo x a média do n valor de módulo de elasticidade do material, z o coeficiente de majoração, em função do número de amostras e DP o desvio padrão da amostra. Para maior confiabilidade dos resultados, adotou-se z igual a 1,96, conforme recomendado por Nascimento (2017). Dessa forma, aproximadamente 95% dos valores estarão dentro do intervalo proposto.

Esse processo foi repetido até que os valores de módulos de elasticidade dos materiais de cada camada e do subleito estivessem dentro do intervalo de aceitação adotado. Em seguida, realizou-se a média aritmética dos valores restantes, obtendo assim um número representativo do módulo de elasticidade característico a ser utilizado na determinação do PCR por meio do *software* FAARFIELD v.2.0.18. Desse modo, foi possível mensurar os parâmetros de rigidez que caracterize o comportamento mecânico estrutural de cada segmento homogêneo analisado.

3.3. Cálculo do ACR e do PCR por meio do FAARFIELD 2.0.18

Além dos parâmetros geométricos e módulos de elasticidade iniciais das camadas e do subleito das PPD A e B, foi determinado o *mix* de aeronaves operantes (tabelas 18 e 19, respectivamente) considerando o ano de 2019 (ANAC, 2022b). A justificativa para a escolha desse ano diz respeito a pandemia de COVID-19 (SARS-CoV-2), conforme discorrem Lopes e Rodrigues Filho (2021), que afetou o setor de aviação civil, devido à redução das operações em mais de 90%.

As tabelas 18 e 19 mostram os modelos das aeronaves, média anual de decolagem, *mix* de aeronaves, peso máximo operacional e pressão dos pneus, a serem inseridos no *software* FAARFIELD v.2.0.18. Ressalta-se, que, para o cálculo dos parâmetros ACR e PCR, empregaram-se as aeronaves com números de operação média anual superior a 1% e peso máximo de decolagem maior que 57.000 (ANAC, 2022b).

Tabela 18 – *Mix* de aeronaves operantes da PPD A utilizado no *software* FAARFIELD v.2.0.18

Modelos	Média anual de decolagem	Mix (%)	Peso Máximo Operacional (t)	Pressão dos Pneus (KPa)
Airbus A320-200	8.175	24,41%	78.400	1.441
Boeing 737-800	7.411	22,13%	79.240	1,407
Airbus A321 - 200	2.452	7,32%	93.900	1,503
Embraer 190	2.310	6,90%	47.950	1,014
Embraer 195	1.857	5,54%	48.950	1,062
Boeing 737-700	1.518	4,53%	70.310	1,358
Boeing 737-400	850	2,54%	68.266	1,276
Airbus A319-100	591	1,77%	68.400	1,190

Fonte: ANAC (2022b).

Tabela 19 – *Mix* de aeronaves operantes da PPD B utilizado no *software* FAARFIELD v.2.0.18

Modelos	Média anual de decolagem	Mix (%)	Peso Máximo Operacional (t)	Pressão dos Pneus (KPa)
Boeing 737-800	6.701	26,70%	79.240	1,407
Airbus A320-200	5.775	23,01%	78,400	1,441
Airbus A321-200	4.459	17,76%	93.900	1,503
Embraer E190	2.034	8,11%	47.950	1,014
Boeing 737-700	1.248	5,97%	70.310	1,358
Airbus A330-200	996	4,39%	230.900	1.420
Boeing 737-400	394	1,57%	68.266	1,358
Airbus A319-100	202	1,53%	64.400	1,248
Embraer E195	140	1,06%	48.950	1,062

Fonte: ANAC (2022b).

Na PPD A, os relatórios disponibilizados pela ANAC (2018), não mencionam a

taxa de previsão de crescimento futuro das operações de decolagem para os próximos anos. Assim, para esta Dissertação, considerou-se, que haverá um aumento anual no tráfego das aeronaves nos próximos 20 anos, de 3%, conforme estudo de Marcos e Ferreira (2015). Para a PPD B, o operador do aeródromo estimou uma taxa de crescimento anual linear de 3,45% entre os anos 2019 e 2039, conforme ANAC (2022c).

Por sua vez, conforme o *layout* do sistema de pátios e pistas das PPD A e B, a pista de taxíamento do pátio tem acesso direto às cabeceiras. Assim, durante a operação de decolagem, a aeronave só realiza uma passagem sobre o pavimento. Além disso, assumiu-se que ocorre o abastecimento das aeronaves nesses aeroportos (peso bruto da decolagem maior que o peso bruto do pouso). Desse modo, considerou-se que o *Passes to Traffic Cycle (PTC)* adotado no cálculo do PCR é igual a 1.

Por último, com essas informações, determinou-se o PCR de cada um dos segmentos homogêneos das PPD estudadas usando o FAARFIELD, tendo como base os módulos de elasticidade característicos advindo dos processos de retroanálise.

3.4. Análise da admissibilidade de operações de aeronaves e vida útil

Com o PCR calculado pelo FAARFIELD para as estruturas das PPD A e B, com base nos módulos de elasticidade retroanalizados pelos *softwares*, foi verificado a admissibilidade de operações das aeronaves do *mix* de tráfego. Para o quesito de admissibilidade foram usados os critérios da Tabela 20.

Tabela 20 – Critérios para aceitabilidade das operações das aeronaves para o método ACR/PCR

Relação entre ACR e PCR	Parecer
ACR \leq PCR	Operação permitida
PCR < ACR $< 1,1$ PCR	Operação permitida com restrição
ACR > 1.1 PCR	Operação não permitida

Fonte: ANAC (2022a)

O cenário “Operação permitida” significa que a aeronave pode operar sem qualquer tipo de restrição de tráfego ou de carga, ou seja, suas operações não causam qualquer diminuição na vida útil do pavimento. Por outro lado, “Operação permitida com restrição”, a aeronave é autorizada a trafegar, porém, é necessário reduzir o seu número de partidas (a fim de respeitar o limite máximo de 5% das operações realizadas) e de carregamento, conforme recomenda ANAC (2022a)

A partir do modo “*life*” do FAARFIELD v.2.0.18 foi calculado a porção da vida

útil restante para a estrutura, expressa pela variável CDF (*Cumulative Damage Factor*) que pode ser calculada para qualquer camada do pavimento. Entretanto, no Método ACR/PCR está sempre associado ao revestimento (HMA CDF) e ao subleito (SUB CDF). Ressalta-se que o PCR é determinado usando o dano acumulado do subleito (considerando os modelos associados a tensão e a deformação permanente nesse material). Assim, segundo ANAC (2022a), um material com um CDF de 0,00 apresenta condições adequadas e CDF de 1,00 denota que o material teve sua condição estrutural comprometida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados da pesquisa por meio da análise dos dados deflectométricos medidos pelo *Heavy Weight Deflectometer* (HWD) e de uma comparação dos módulos de elasticidades retroanalisados dos materiais que compõem as camadas e o subleito das pistas de pouso e decolagem (PPD), de dois aeroportos diferentes, estudadas por meio dos *softwares* BAKFAA, BackCAP, BackMedina e ELMOD. Com esses valores o índice de classificação do pavimento das PPD foi adquirido por meio do Método *Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating* (ACR/PCR). Por fim, foram executadas análises de admissibilidade de operações de aeronaves e da vida residual das PPD usando os módulos de elasticidades originados pelos distintos *softwares*.

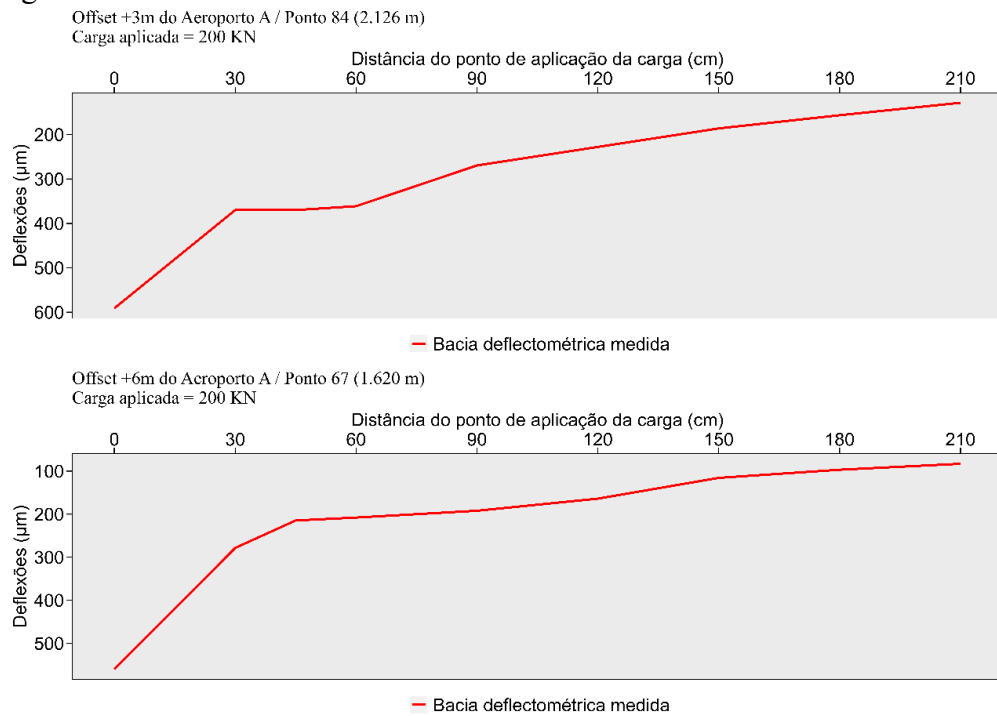
4.1 Análise dos dados deflectométricos

Os levantamentos não destrutivos realizados por meio do HWD nas PPD A e B resultaram em 478 e 521 bacias deflectométricas (somando os quatro *offsets*), respectivamente. Mediante o tratamento estatístico, constatou-se que 13 bacias deflectométricas apresentaram algum tipo de problema, como descontinuidade durante a leitura do equipamento e valores que são possíveis *outliers*.

As anomalias nas bacias deflectométricas detectadas nas PPD A e B foram todas dos tipos I e II (figuras 19 e 20). Observa-se que no ponto 84 (2.126 m) da PPD A (Figura 19), a anomalia detectada é do tipo I, na qual as deflexões medidas pelos sensores 2 (30 cm) e 3 (45 cm) possuem o mesmo valor, 370,02 μm . Teoricamente, a deflexão de um pavimento tende a diminuir à medida que a distância do sensor, em relação ao ponto de aplicação da carga aumenta. De acordo com Casia Boza (2015), essa anomalia pode ser um indicador da presença de vazios entre as camadas e baixa resistência do subleito.

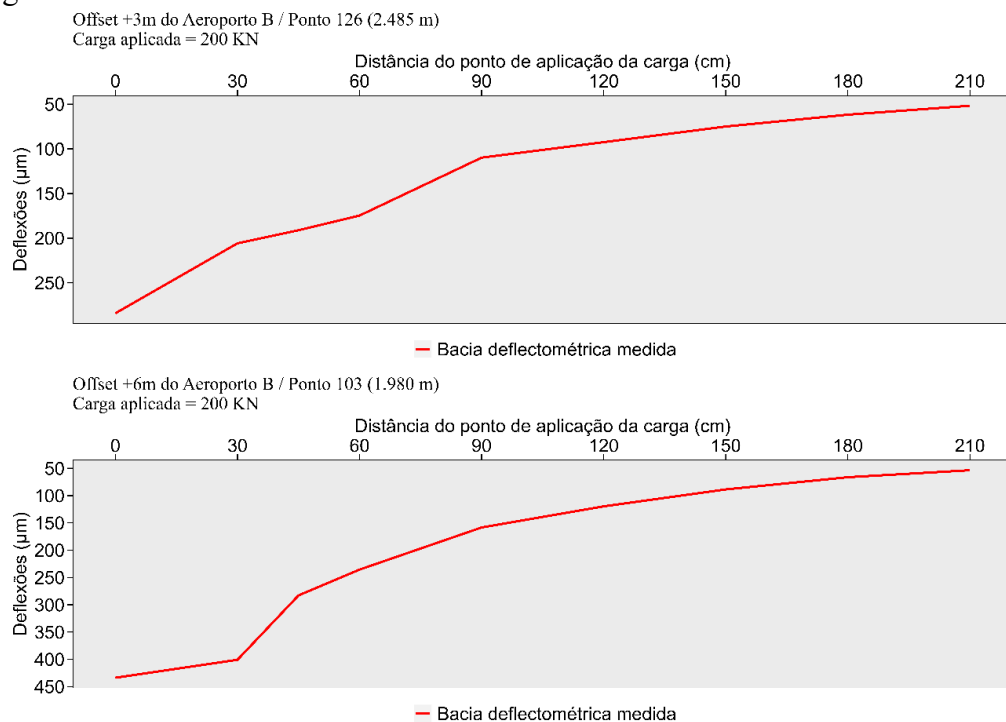
Por sua vez, na PPD B (Figura 20), as anomalias são do Tipo II, caracterizada por uma diminuição brusca das deflexões medidas entre dois sensores adjacentes. Percebe-se que no ponto 103 (1.980 m), a diferença entre as deflexões medidas nos sensores 2 (400,68 μm) e 3 (282,86 μm) foi de 117,82 μm . Esse comportamento, geralmente ocorre quando há uma transição significativa de rigidez entre duas camadas de materiais, principalmente entre a base e sub-base.

Figura 19 – Bacias deflectométricas medidas na PPD A com anomalias



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 20 – Bacias deflectométricas medidas na PPD B com anomalias

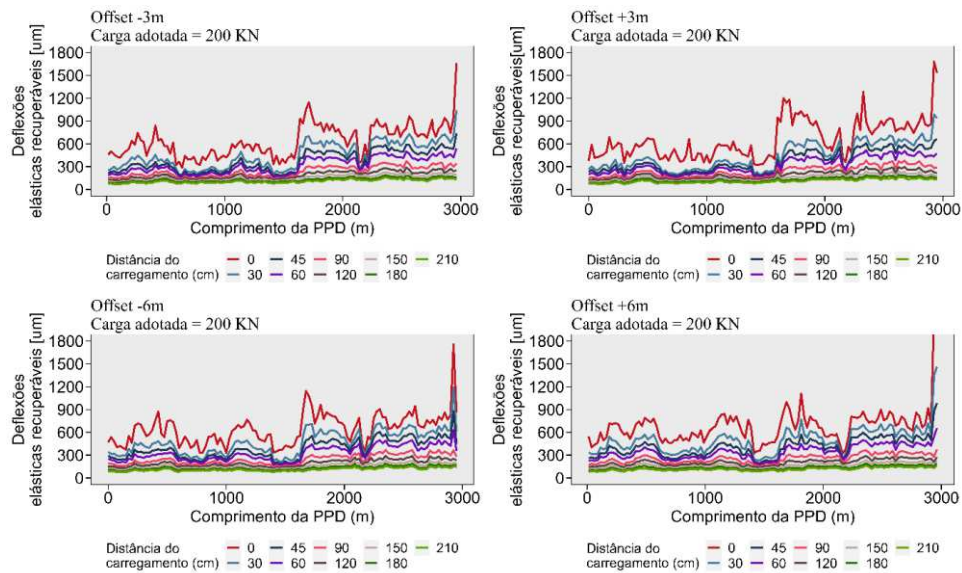


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As figuras 21 e 22 mostram a distribuição espacial das deflexões medidas através da aplicação de uma carga de 200 kN nas PPD A e B. É importante observar que, embora o equipamento estivesse configurado para uma carga padrão de 200 kN, a carga efetivamente

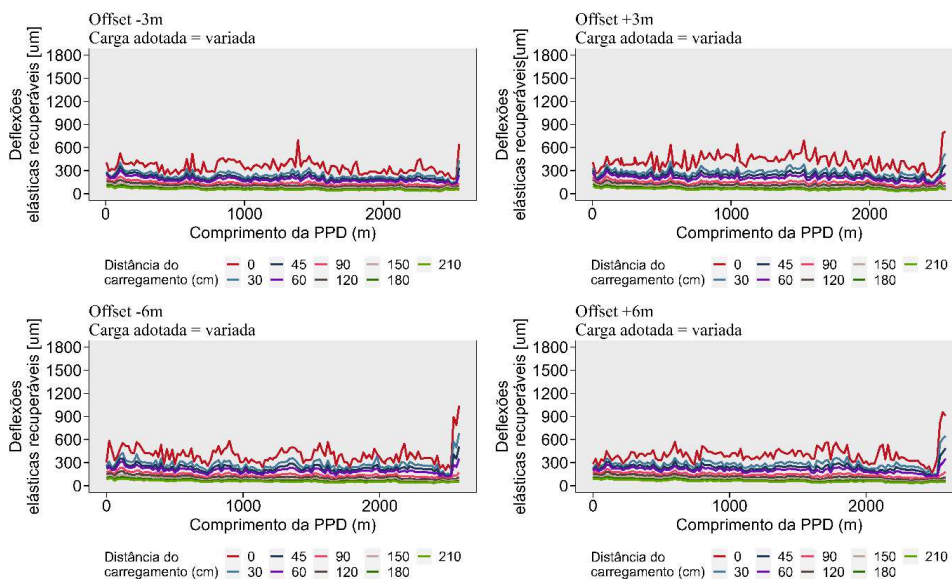
aplicada à superfície do pavimento variou entre 179,88 kN e 208,51 kN durante o levantamento da PPD A. No caso da PPD B, as variações foram de 166,04 kN a 279,12 kN. Essas variações na carga aplicada podem ter sido causadas por diversos fatores, como a condição estrutural das camadas do pavimento, a presença de defeitos funcionais, falta de calibração do equipamento ou questões operacionais.

Figura 21 – Distribuição espacial das deflexões medidas ao longo da PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 22– Distribuição espacial das deflexões medidas ao longo da PPD B



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando a variação nas cargas efetivamente aplicadas, os dados deflectométricos passaram por um processo de normalização para a carga de 200 kN, seguindo

o procedimento recomendado pela FAA (2011a). Após a normalização das deflexões, foram elaborados os gráficos das figuras 23 e 24 com a variação espacial das deflexões em cada *offset* ao longo da extensão das PPD. Notou-se uma variação das deflexões e magnitude dos deslocamentos verticais, principalmente na PPD A. Além disso, essa PPD apresentou maiores valores de deflexão máxima (D_0) quando comparada à PPD B. Variações nas deflexões obtidas no sensor D_0 indica mudança na propriedade de rigidez da camada asfáltica.

Figura 23– Distribuição espacial das deflexões normalizadas ao longo da PPD A

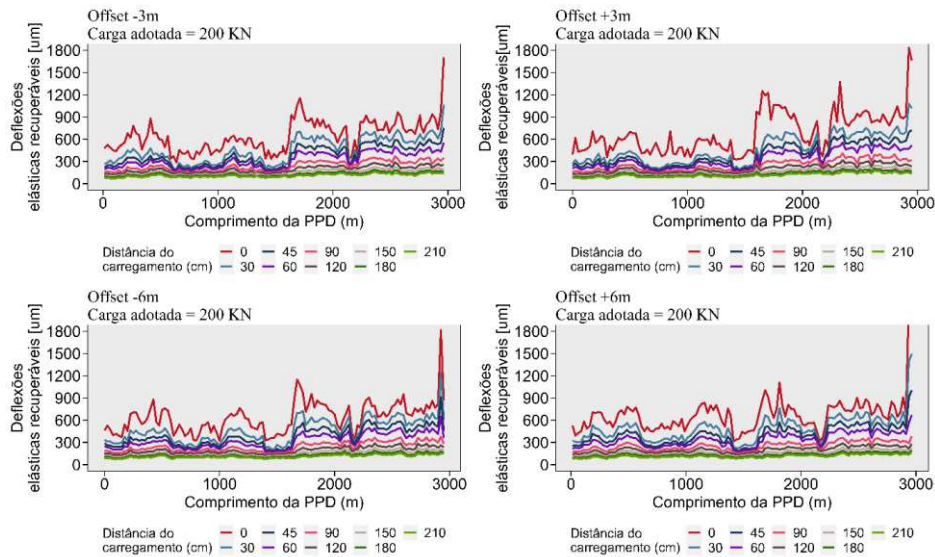
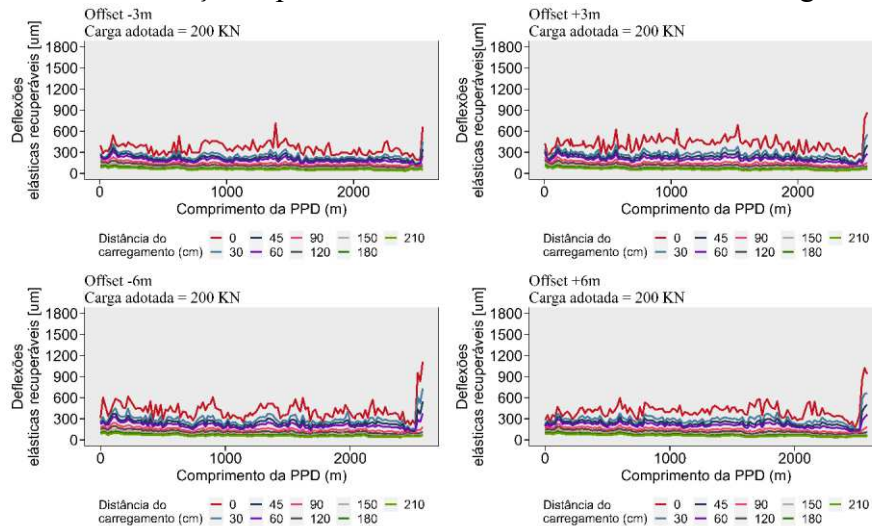


Figura 24– Distribuição espacial das deflexões normalizadas ao longo da PPD B



Nas figuras 23 e 24, percebe-se que na PPD A existem duas zonas de comportamentos estruturais distintos. A primeira, entre 0 m e 1.600 m, apresenta bacias

deflectométricas com menores magnitudes de deflexões (próximo a 600 μm), enquanto que, após os 1.600 m, os valores chegam a 1.200 μm . Esse aspecto pode estar relacionado aos materiais que constituem a estrutura da PPD, pois segundo ANAC (2018), os furos de sondagens identificaram que o pavimento possui diferentes materiais empregados na sua camada de base nessas seções identificadas, dentre Concreto Asfáltico e Macadame Hidráulico. Apesar da PPD B possuir camadas de revestimento com espessuras de 30 cm e 38 cm, não ocorreram mudanças de magnitude de valores das deflexões ao longo da pista.

Estudos realizados por Medina *et al.* (1994) e Rocha Filho (1996) ressaltam que fatores como mudança de espessura das camadas e diferentes tipos de materiais podem influenciar diferenças no comportamento das deflexões, como também a presença de umidade e distintos parâmetros de resistência do subleito. Esses fatores, por sua vez, afetam os deslocamentos elásticos das camadas até retornar à sua condição geométrica inicial e, conseqüentemente, a confiabilidade e acurácia da estimativa da capacidade estrutural de um pavimento (Elshaer, Ghayoomi e Daniel, 2018).

Nas tabelas 21 e 22 são mostradas as deflexões máximas que representam a resposta das camadas estruturais e do subleito à aplicação do carregamento, cujo resultados completos estão expostos nos Anexos de A a P. De maneira geral, verificou-se que as deflexões recuperáveis da PPD A variaram entre 202,55 μm e 1.834,52 μm , e da PPD B, de 186,80 μm a 1.115,10 μm . Por sua vez, as médias calculadas para as linhas de levantamentos ficaram entre 637,91 e 686,65 μm e 355,11 e 420,10 μm , respectivamente. Observa-se que a PPD B apresenta valores menores que as deflexões obtidas na PPD A.

Tabela 21 – Análise estatística descritiva das deflexões máximas (D_0) da PPD A

	Offset -3m	Offset -6m	Offset +3m	Offset +6m
Média (μm)	641,52	637,91	686,65	671,21
Desv. Padrão (μm)	212,34	207,86	279,35	252,02
Coefficiente de Variação (CV)	33,10%	32,58%	40,68%	37,55%
Mínimo (μm)	236,51	202,55	326,59	309,54
Máximo (μm)	1701,93	1816,08	1834,52	2234,80

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Tabela 22 – Análise estatística descritiva das deflexões máximas (D_0) da PPD B

	Offset -3m	Offset -6m	Offset +3m	Offset +6m
Média (μm)	355,11	418,80	420,10	414,0
Desv. Padrão (μm)	83,71	122,71	99,77	113,03
Coefficiente de Variação (CV)	23,57%	29,30%	23,75%	27,30%
Mínimo (μm)	189,80	212,80	216,10	159,20
Máximo (μm)	712,20	1115,10	866,30	1023,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quando verificado o coeficiente de variação (CV) das deflexões máximas (D_0) é possível inferir que a PPD A apresenta valores elevados de CV para esse parâmetro ($>30\%$) em todos os *offsets*, segundo Pimentel-Gomes (2009) e White e Beehag (2022). White e Beehag (2022) ressalta que CV superior a 30% para as deflexões medidas por equipamentos FWD e HWD indica uma heterogeneidade nas condições do pavimento. Em contraste, a PPD B demonstra deflexões mais uniformes em termos de CV, embora o parâmetro ainda seja considerado elevado.

4.2 Retroanálise das bacias deflectométricas

Neste tópico são mostrados os gráficos de comportamento dos valores de módulos de elasticidade e a análise estatística descritiva dos dados. Também é considerada a análise do *Root Mean Square Error* – RMSE, que busca verificar o quanto as deflexões calculadas são próximas das medidas em campo.

A respeito da normalidade dos dados por meio do Teste de *Shapiro-Wilk*, observou-se que a hipótese nula (os valores têm distribuição normal, com $p\text{-valor} \geq 0,05$) é rejeitada para todos os materiais (asfálticos e granulares) de ambas as PPD avaliadas. Desse modo, para as comparações entre os módulos de elasticidade mensurados, utilizou-se as medianas e o Teste de *Friedman*, pois os parâmetros de média e desvio padrão não configuram medidas representativas adequadas para dados cuja distribuição não atendeu à normalidade.

4.2.1 Módulos de elasticidade retroanalizados

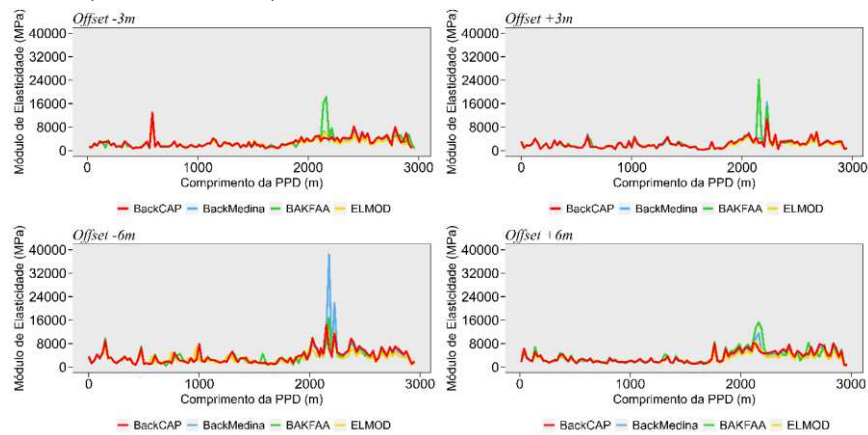
Este tópico divide as análises dos *softwares* de retroanálise em três categorias: material asfáltico, granular e de subleito. Para isso, foram elaborados gráficos de linhas e *Boxplot* que relacionam os módulos de elasticidade retroanalizados, considerando os quatro *softwares* empregados para cada uma das camadas das PPD. É importante ressaltar que os módulos de elasticidade das camadas asfálticas foram ajustados para a temperatura de referência de 25°C .

4.2.1.1 Material asfáltico

A partir das figuras 25 e 26, que trazem o comportamento dos módulos de elasticidade do revestimento asfáltico, constatou-se a existência de diversos picos de valores

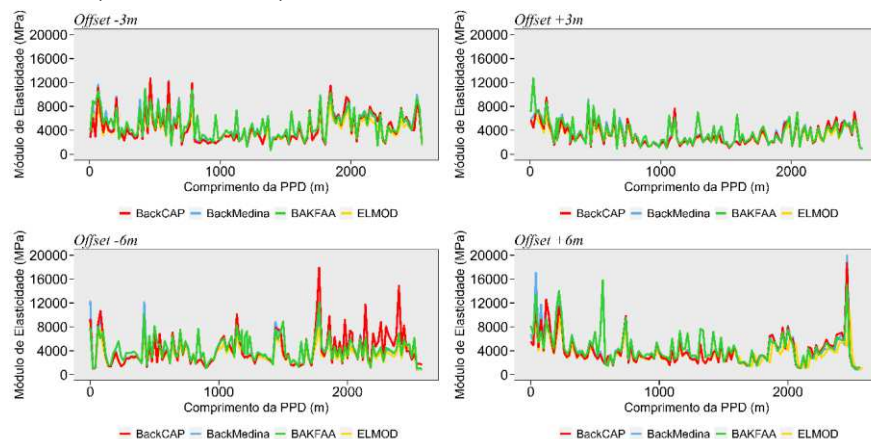
(*outliers*), principalmente nos resultados obtidos no BackCAP, no BackMedina e no BAKFAA. Além disso, esses três *softwares* estimaram valores superiores em alguns pontos ensaiados aos calculados pela ferramenta ELMOD. Com exceção dos picos de valores e de alguns pontos levantados, não foram observadas diferenças significativas nos comportamentos determinados pelos diferentes *softwares*.

Figura 25 – Valores de módulos de elasticidade para a camada de revestimento por meio dos *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 26 – Valores de módulos de elasticidade para a camada de revestimento por meio dos *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD B



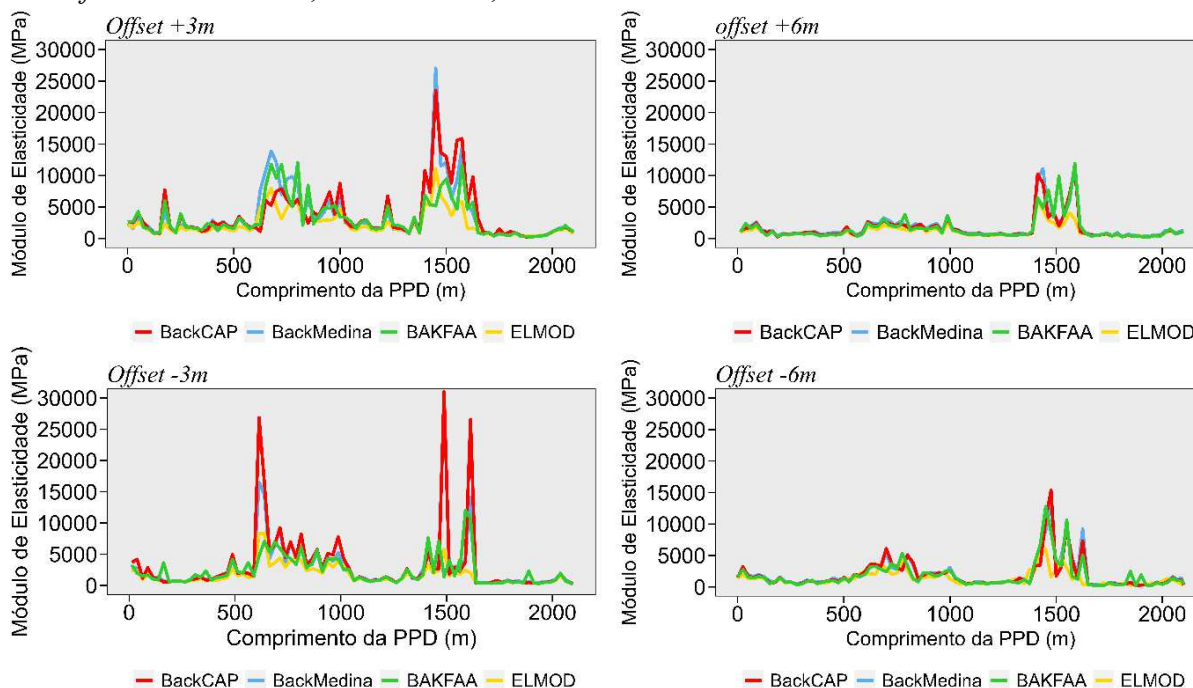
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ainda de acordo com a Figura 25, também se observou que no Trecho 2A (entre 2.100 m e 2.950 m) da PPD A, no qual a estrutura do pavimento é composta por uma camada de CA e uma camada de Macadame Hidráulico, foram aferidos valores superiores de módulos de elasticidade no material do revestimento, quando comparado ao Trecho 1A (0 a 2.100 m).

Além disso, a camada de Binder da PPD A (Figura 27), que é constituída de Concreto Asfáltico, apresentou, em 19,71% dos procedimentos de retroanálise, valores de

módulos de elasticidade superiores aos calculados para o revestimento flexível. Ainda na camada de base, a investigação também mostrou a existência de diversos picos de valores (entre o segmento 500 m e 1.600 m da PPD) nessa camada, especificamente nos resultados obtidos no BackCAP, no BackMedina e no BAKFAA.

Figura 27 – Valores de módulos de elasticidade obtidos para o Trecho 1A da base por meio dos *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD A



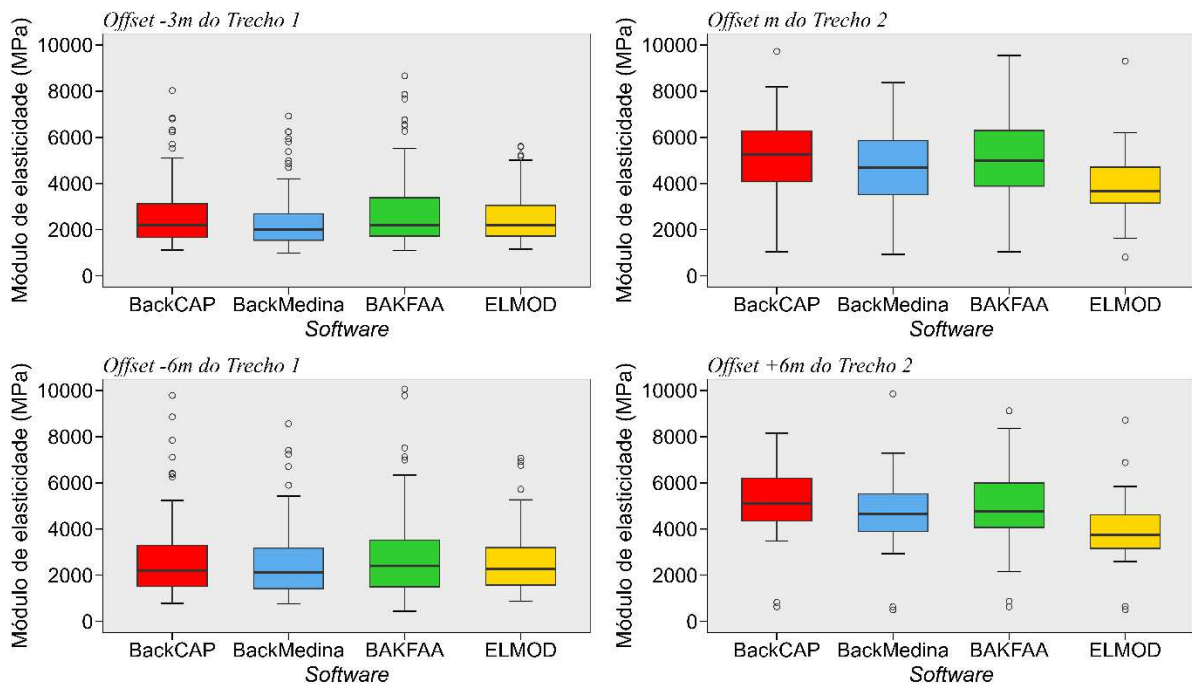
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Cerca de 4,45% dos módulos de elasticidade para as camadas asfálticas da PPD A (figuras 25 e 27), assim como os mensurados da PPD B (Figura 26), foram maiores que 14.000 MPa. No *offset* -3m (PPD A), os módulos de elasticidade retroanalizados pelo BackCAP e BackMedina para alguns pontos da camada de Binder, chegaram a 29.935 MPa e 27.049 MPa, respectivamente. Pode-se dizer que tais valores estimados possivelmente foram superestimados e são incoerentes para pavimentos flexíveis em serviço, o que pode caracterizar de maneira equivocada o comportamento estrutural das PPD. Isso pode ser percebido pela discrepância entre os valores obtidos e os limites máximos indicados por DER-SP (2006) e por FAA (2011).

Esses elevados resultados podem ser em decorrência das tentativas do *software* (BackCAP, BackMedina e BAKFAA) de aproximar as deflexões teóricas e reais a partir de uma bacia deflectométrica com alguma anomalia ou descontinuidade das deflexões, conforme ressalta Ahmed (2010). Ademais, notou-se uma maior dispersão e heterogeneidade dos dados, sobretudo no *offset* +6m da PPD A.

Apesar das diferenças observadas entre os módulos de elasticidade do Trecho 1A da PPD A, verifica-se por meio da Figura 28, que as medianas apresentam semelhanças e simetria de valores. Entretanto, é possível notar que, nos *offsets* $\pm 6m$, os módulos de elasticidade obtidos no BackMedina e no BAKFAA possuem maior quantidade de *outliers* no conjunto de valores aferidos. No Trecho 2A, por sua vez, observou-se valores mais discrepantes e medianas distintas das demais. Pode-se notar que as menores medianas são oriundas do ELMOD e 75% (terceiro quartil) dos dados ficaram abaixo de 4.000 MPa.

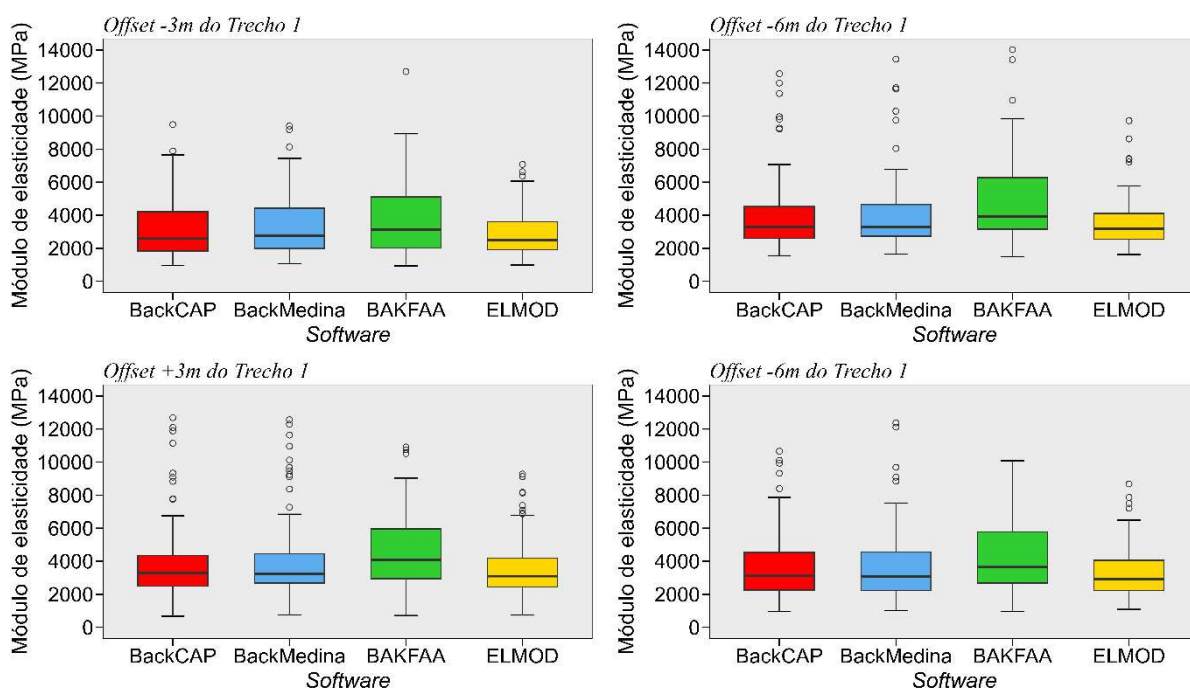
Figura 28 – *Boxplot* dos módulos de elasticidade do revestimento da PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Figura 29 é possível observar que, assim como o Trecho 1A da PPD A, na PPD B os módulos de elasticidade retroanalizados apresentam medianas próximas. É importante notar que os dados mensurados pelo BackCAP, BackMedina e BAKFAA tiveram as maiores amplitudes de valores, o que já era esperado, visto que foram esses *softwares* que apresentaram módulos superiores aos demais.

Figura 29 – *Boxplot* dos módulos de elasticidade do revestimento da PPD B



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ainda com base nos gráficos das figuras 28 e 29, comparando-se visualmente os resultados, nota-se que as medidas aferidas no ELMOD foram menores, como é possível observar nos *offsets* $\pm 3m$ e $\pm 6m$. Constatou-se que quando a estrutura do pavimento possui uma camada de base granular, o processo de retroanálise por meio do *software* ELMOD, afere menores valores de módulos de elasticidade no revestimento (material asfáltico). Uma hipótese para isso é o método de mensuração empregado no *software*, que se trata da metodologia *Method of Equivalent Thickness* (MET) baseada no modelo de *Odemark-Boussinesq*. Além disso, é considerado durante o processo que o subleito tem um comportamento não linear. Enquanto que nas outras ferramentas o subleito tem comportamento elástico linear.

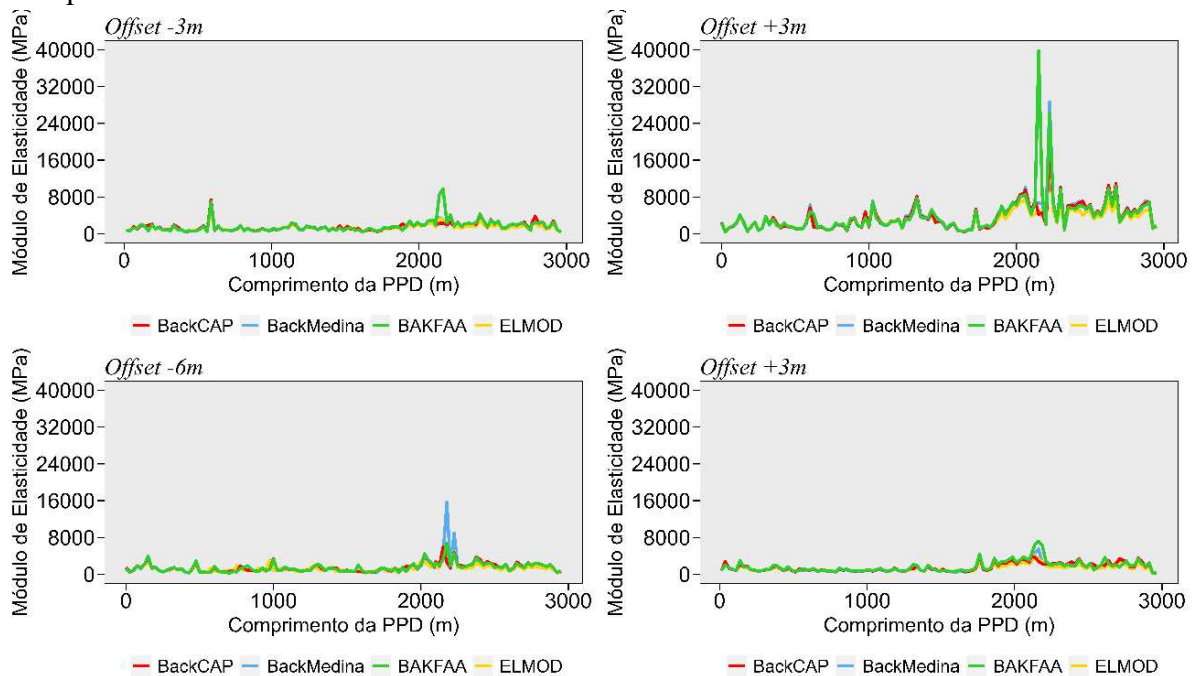
De forma geral, os resultados dos gráficos das figuras 25 a 29 revelam que os módulos de elasticidade retroanalizados pelos *softwares* para a camada asfáltica apresentaram semelhança de valores e de mediana quando a estrutura apresenta uma base de material asfáltico. Outro resultado observado foi que no Trecho 2 da PPD A e ao longo da PPD B, que é constituída de Macadame Hidráulico (camada granular), o ELMOD mensurou, em média, 16,25% de valores inferiores aos demais *softwares*.

Ademais, observou-se também que, em alguns desses pontos onde os módulos da camada de Binder foram superiores a 3.500 MPa, os módulos de elasticidade da camada de CA foram inferiores a 1.000 MPa, com diferenças que atingiram 776,03%. Isso pode ser atribuído

ao fato de que um módulo mais baixo de CA foi compensado por uma parcela maior de resistência da segunda camada (base). Com base nesse fenômeno, torna-se importante não avaliar a estrutura somente por meio de uma única bacia deflectométrica, pois isso poderia levar a conclusões equivocadas sobre a distribuição de resistência e a qualidade estrutural das camadas. Portanto, é fundamental considerar esse efeito ao interpretar os resultados da retroanálise e ao realizar avaliações sobre o desempenho do pavimento.

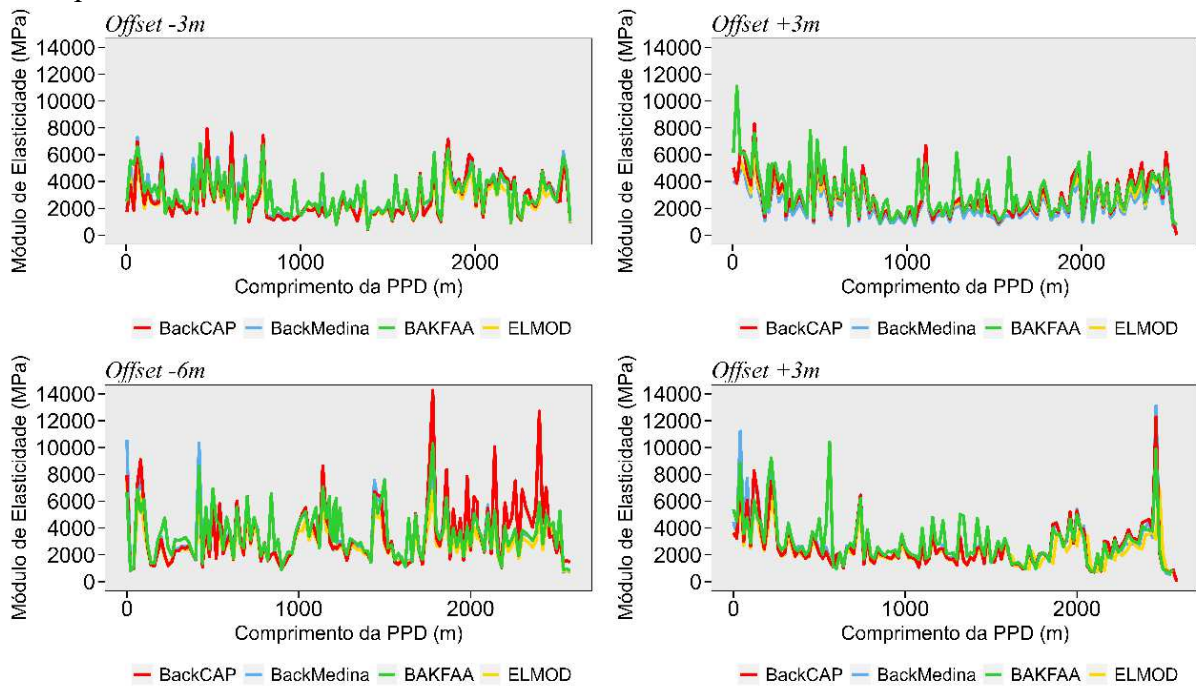
Sabe-se que os materiais asfálticos apresentam comportamento termossensível, ou seja, podem exibir diferentes deflexões conforme o carregamento imposto e a temperatura do pavimento. Nesse contexto, as figuras 30 e 31 mostram os módulos de elasticidade retroanalizados para a camada de revestimento, corrigidos para a temperatura de 25°C, usando a Equação 8.

Figura 30 - Valores de módulos de elasticidade para a camada de revestimento corrigidos para a temperatura de 25°C – PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 31- Valores de módulos de elasticidade para a camada de revestimento corrigidos para a temperatura de 25°C – PPD B



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Observou-se que, com exceção do *offset* de +3m da PPD A, após a correção, os módulos de elasticidade apresentaram uma redução em seu valor em comparação com aqueles determinados pelo processo iterativo a partir das bacias sem nenhuma correção nos valores medidos em campo. Isso ocorre porque, à medida que a temperatura aumenta, a massa asfáltica se torna menos viscosa, resultando em deflexões maiores. E as deflexões nas bacias deflectométricas foram medidas a uma temperatura média de superfície superior a 25°, que é a referência. Além disso, notou-se uma diminuição da histerese (variação) dos módulos de elasticidade, principalmente nos casos considerados *outliers*.

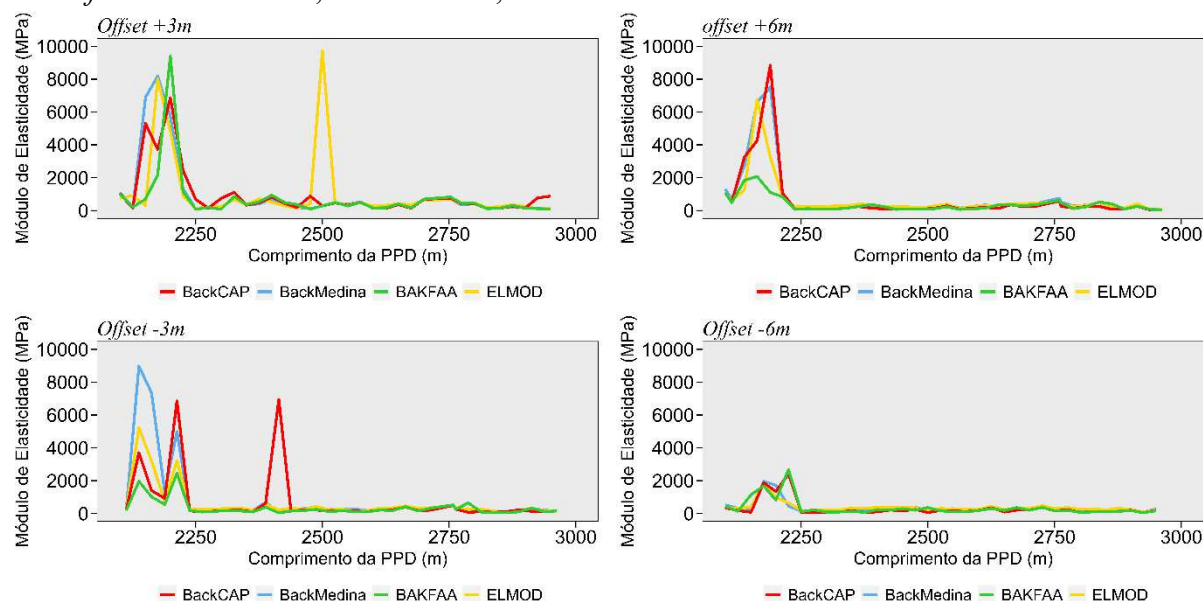
Ainda, observou-se uma diferença significativa nas temperaturas medidas entre o *offset* +3m e os demais (-3m e ±6m). No primeiro levantamento não destrutivo, *offset* +3m, as temperaturas medidas na camada de asfalto variaram de 38,7°C a 40,4°C, enquanto nos outros *offsets*, variaram de 26,7°C a 29,7°C. Essa disparidade nas temperaturas pode ser atribuída ao horário em que as bacias deflectométricas foram medidas, uma vez que os levantamentos do *offset* +3m foram realizados à tarde (com temperaturas médias na superfície do pavimento maiores do que 25°C), enquanto os demais foram à noite. Essa diferença de horário teve um impacto direto no aumento dos módulos de elasticidade retroanalísados após a correção, especialmente nos *outliers*.

Uma vez que os valores retroanalizados foram submetidos à correção de temperatura, ocorreram acréscimos ou decréscimos, como no caso do ponto 90 (a 2.300 metros do início da cabeceira no *offset* +3), o módulo de elasticidade retroanalizado no BackMedina alterou-se de 4.594 MPa (40,04 °C) para 8.492,27 MPa (25 °C) após a correção da temperatura. Por outro lado, o módulo do ponto 2 (a 38 metros do início da cabeceira no *offset* +6) diminuiu de 5.808 MPa (4,47 °C) para 2.505,63 MPa (5 °C). Esse comportamento foi observado em todos os *softwares* de retroanálises.

4.2.1.2 Material granular

Em contrapartida ao Trecho 1A da PPD A, o Trecho 2A, constituído de Macadame Hidráulico, apresentou semelhança no comportamento entre os módulos de elasticidade (Figura 32). Entretanto, foram obtidos valores elevados para as características de rigidez do material, com módulos de elasticidade superiores a 1.000 MPa em alguns pontos ensaiados da PPD. Ainda na camada de base, quando analisados os dados mensurados pelo ELMOD no ponto 2.175 m, do *offset* -6m, a diferença de valores chega a 716% comparado aos demais *softwares*.

Figura 32 – Valores de módulos de elasticidade obtidos para o Trecho 2A da base por meio dos *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD A



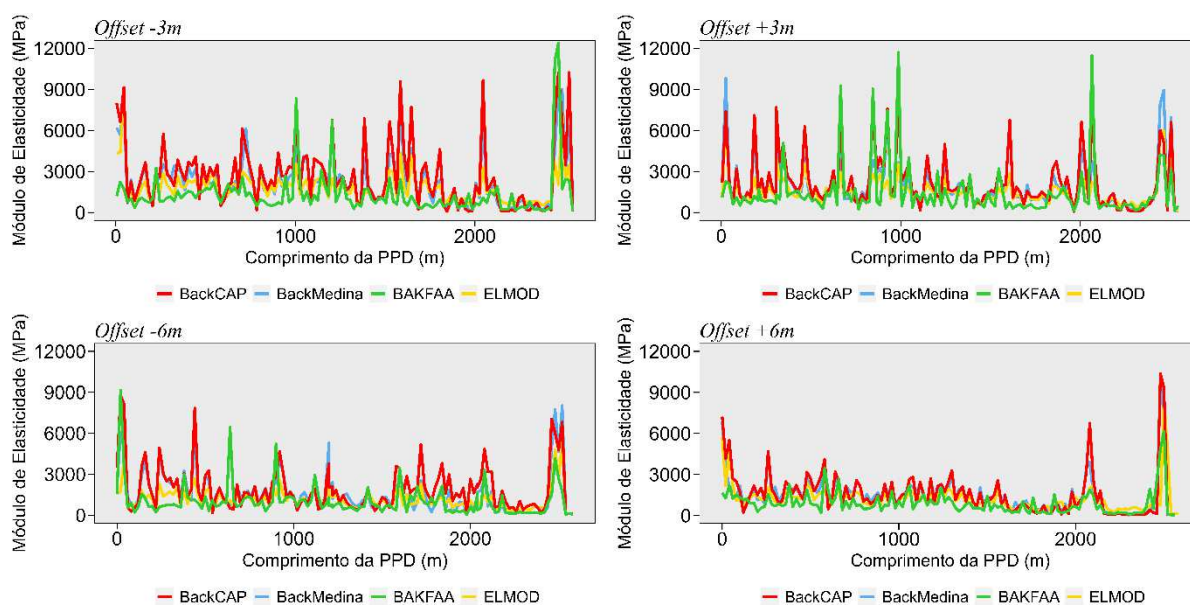
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Acrescenta-se que maioria dos valores elevados (possíveis *outliers*) mostrados nos gráficos da Figura 32, foram encontrados próximos à área de transição entre o material asfáltico e o macadame hidráulico, localizada a 2,10 km do início da pista. Esse comportamento suscita

a hipótese de que a camada de Binder pode se estender além da delimitação prevista. Isso se deve ao fato de que apenas 5 furos de sondagem foram realizados, e a pista foi construída na década dos anos 40, o que pode resultar em imprecisões.

Por sua vez, ao analisar os resultados da PPD B, verificou-se a existência de diversos picos (*outliers*) de módulos de elasticidade ao longo dos quatro *offsets* para a base em Macadame Hidráulico (Figura 33). Esses valores elevados foram mensurados em sua totalidade pelos *softwares* BackMedina, BAKFAA e BackCAP, como averiguado na PPD A. Alguns dos módulos, como aquele mensurado pelo BAKFAA para o ponto 124 (2.465 m do início da pista) do *offset* -3m, chegaram a quase 12.000 MPa, um valor superior ao esperado para esse tipo de material granular (350 MPa), não retratando adequadamente a característica da camada.

Figura 33 – Valores de módulos de elasticidade para a camada de base por meio dos *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD B



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Pode-se observar, conforme evidenciado nas figuras 32 e 33, que existe uma variação de comportamento entre os módulos de elasticidade ao longo das PPD, isso implica que a camada de base apresenta, uma possível heterogeneidade nas propriedades dos materiais que refletem nos resultados da retroanálise. Outra hipótese para os comportamentos observados é uma possível variação do greide da camada durante a sua execução, uma vez que se sabe que isso pode afetar os valores de módulos de elasticidade quando retroanalizados. Um estudo conduzido por Réus e Fontenele (2021) demonstrou que pequenas variações nas espessuras das camadas podem causar mudanças significativas nos módulos de elasticidade e nas previsões de

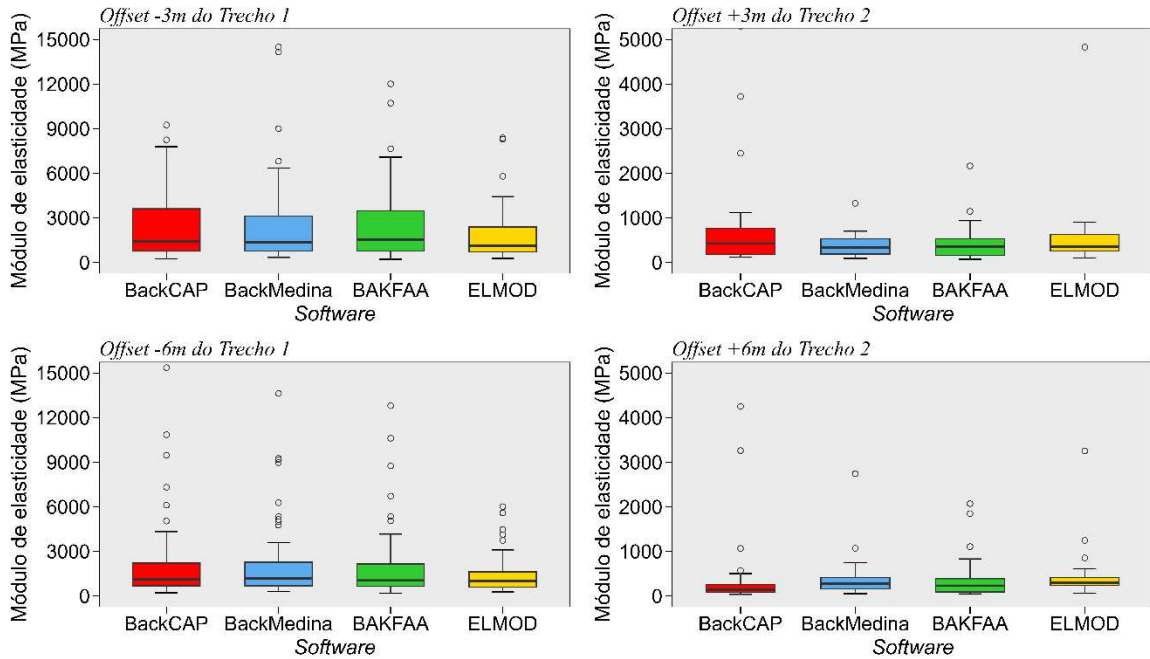
danos pelos métodos empregados. Entretanto, ainda é necessário realizar pesquisas mais aprofundadas que considerem outros fatores, como tráfego e clima, a fim de compreender melhor a relação entre as variáveis independentes nos modelos construtivos adotados na retroanálise.

Outro fator que pode ter influenciado esses altos valores de módulos de elasticidade para o Macadame Hidráulico são possíveis anomalias nas bacias deflectométricas, ocasionadas pela presença de trincas ou fissuras sob aplicação da carga e elevadas temperaturas, como mostrado no estudo desenvolvido por Martins *et al.* (2018). Diante dessa circunstância, o *software* busca minimizar os erros de ajustes entre as bacias deflectométricas medidas e calculadas, gerando um aumento dos valores de módulos de elasticidade.

Vale ressaltar que os dados mensurados pelo BackCAP, apresenta o mesmo comportamento, (similaridade) dos aferidos pelo BackMedina e BAKFAA, apesar de possui metodologia (Método dos Elementos Finitos) diferente para a convergência das bacias deflectométricas medidas e calculadas. Em um estudo conduzido por Chaves, Mota e Oliveira (2023) que adotaram uma versão anterior do BackCAP (v1.0), os valores de módulo de elasticidade foram inferiores aos obtidos por outros *softwares* de retroanálise. Ainda de acordo com os autores, esse fenômeno foi devido ao fato de que, ao contrário das outras ferramentas, a versão usada do BackCAP adotava um intervalo (máximo e mínimo) para os módulos de elasticidade, o que impediu, durante as iterações, que os valores calculados extrapolassem essa condição de entrada. Mas tal condição ocasionou erros de convergência (RSME) acima de 30%. Por sua vez, os parâmetros de elasticidade calculados pelo ELMOD foram em torno de 1.000 MPa, embora elevados, tais valores são mais coerentes com os módulos de elasticidade típicos para o material (macadame hidráulico).

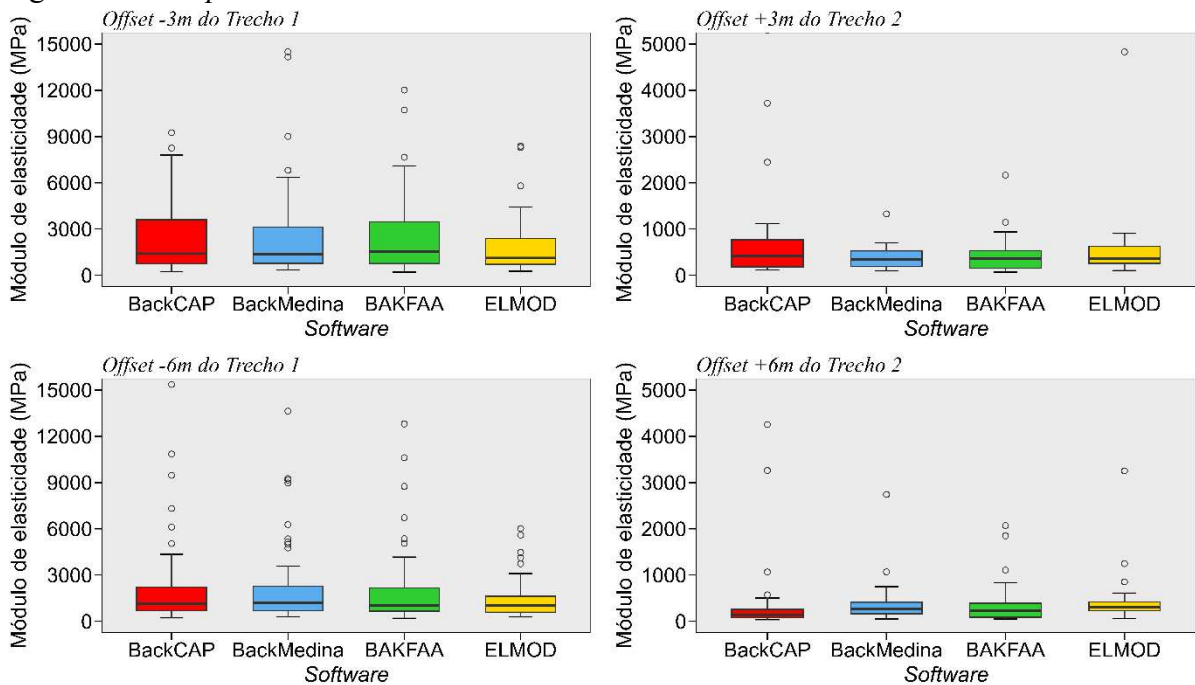
Apesar das diferenças de valores dos módulos de elasticidade observados nos gráficos das Figuras 32 e 33, os *boxplots* (Figuras 34 e 35) demonstraram uma proximidade de mediana dos dados resultantes da retroanálise para a camada de base (Macadame Hidráulico) das PPD A e B. Ainda de acordo com a Figura 33, é possível constatar que todos os *softwares* apresentam valores discrepantes (*outliers*). Além disso, é possível verificar que o ELMOD resultou em menor variação de dados.

Figura 34 – *Boxplot* dos módulos de elasticidade da base da PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 35 – *Boxplot* dos módulos de elasticidade da base da PPD B



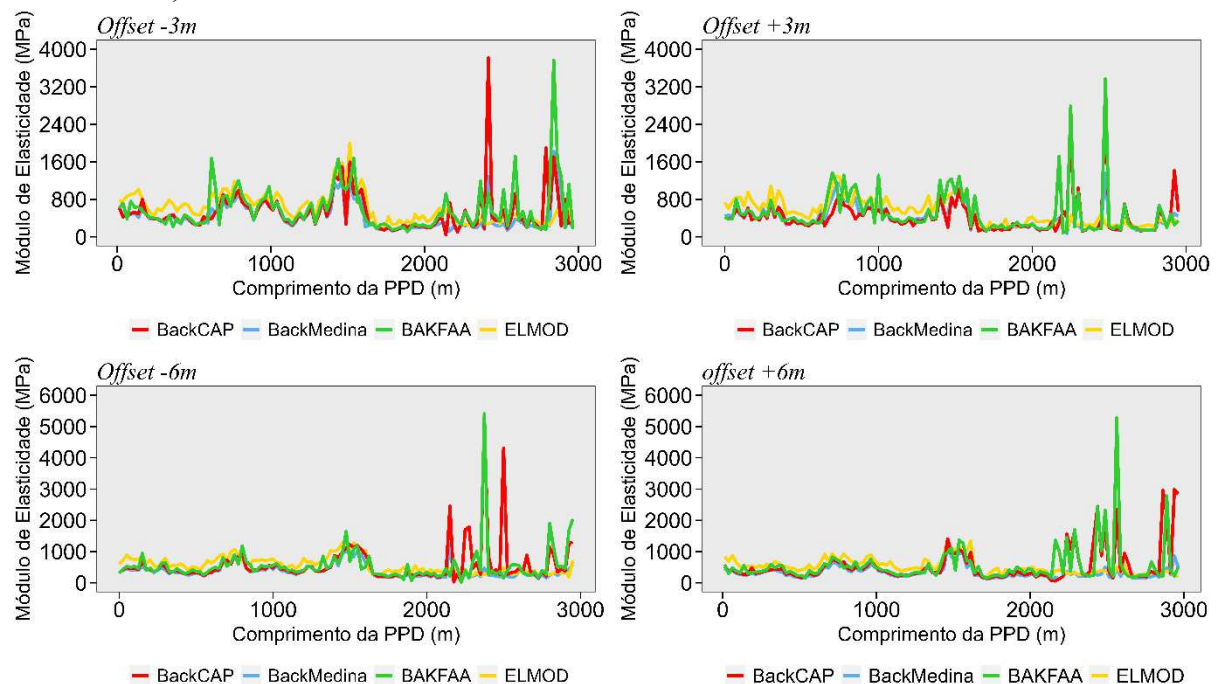
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ainda baseado nas verificações da camada de base da PPD B, foi observado que os valores oriundos do BackMedina foram os que produziram as maiores medianas e distâncias interquartil (Figura 35). Além disso, pode-se averiguar que os dados mensurados por meio do ELMOD resultaram em medianas superiores às aferidas pelos demais *softwares* de retroanálise

(BAKFAA e BackCAP) e levemente próximas às do BackMedina e do BackCAP. Assim, como na PPD A, foi possível constatar que os *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD apresentam valores discrepantes (atípicos).

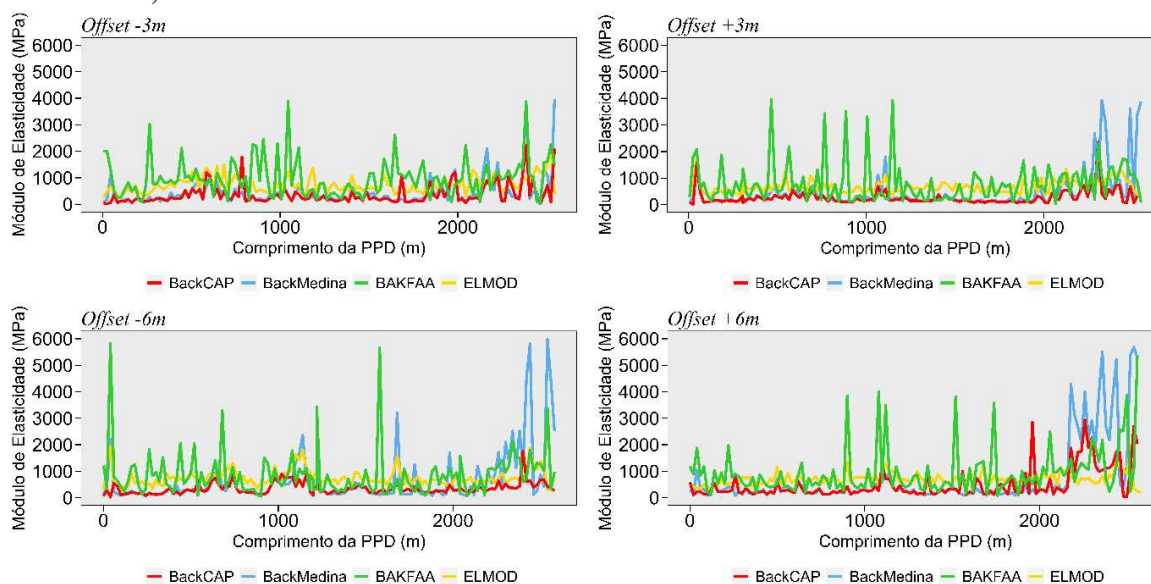
No que diz respeito à camada de sub-base (figuras 36 e 37), os módulos de elasticidade obtidos com o ELMOD são, de forma geral, maiores que os demais *softwares*. Resultados similares também foram observados nas comparações realizadas por Irwin (2002) e Lopes (2019), que utilizaram o ELMOD, ressaltando a superestimação dos valores na sub-base e no subleito. Entretanto, nota-se que no Trecho 2A da PPD A e ambos os trechos da PPD B, o BAKFAA resultou em alguns pontos valores que são superiores aos obtidos pelos demais *softwares*, como para a bacia deflectométrica 2.375 m do *offset* -6m da PPD A, quando comparado com BackMedina, BackCAP e ELMOD tem-se uma diferença, respectivamente de 1.270,93%, 2.098,59% e 2.208,98%. Além disso, é importante destacar que, embora o BackCAP tenha atribuído valores menores em geral, em alguns pontos também resultou em valores elevados, que podem ser considerados possíveis *outliers*.

Figura 36 - Valores de módulos de elasticidade da sub-base por meio dos *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 37 - Valores de módulos de elasticidade da sub-base por meio dos *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD B



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao contrário do que foi verificado nos *softwares* BackMedina, BAKFAA e ELMOD, os módulos de elasticidade retroanalizados para a sub-base pelo BackCAP apresentaram baixa variabilidade (uniformidade) de resultado em toda a extensão da PPD. Além disso, os valores para essas camadas granulares (Areia Branca e Argila Vermelha) foram inferiores aos mensurados pelas outras ferramentas de retroanálise.

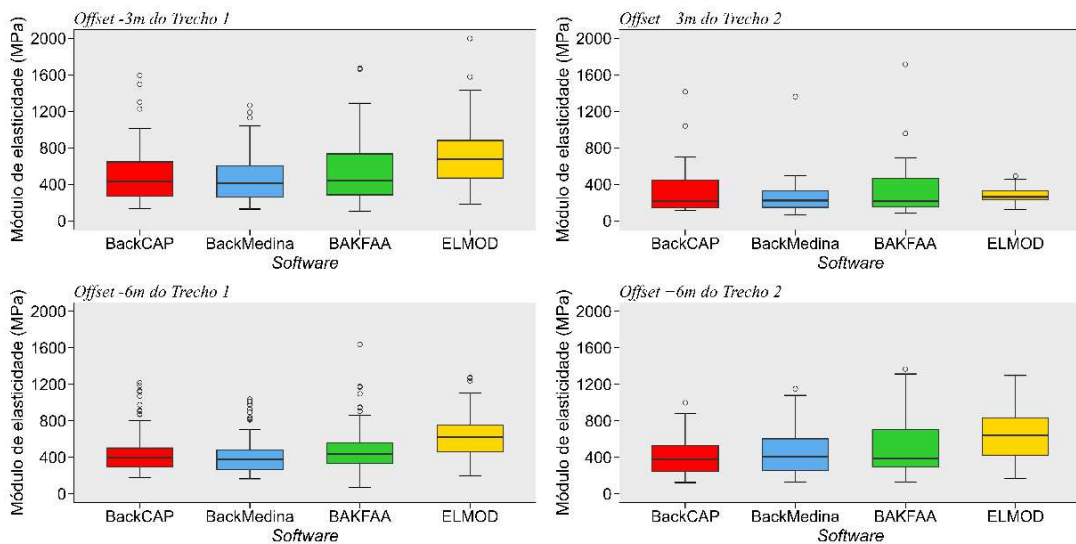
Essa dispersão dos resultados e picos de valores observados nas Figuras 35 e 36, pode ter relação com a compensação modular, pois como discorrido por Ullidtz (2000) e Simm Junior (2007), os *softwares* que trabalham com análise elástica fixam os módulos de elasticidade calculados para o subleito e ajustam os valores subsequentes dos materiais granulares. Esse fenômeno decorrente da retroanálise ocorre usualmente nas camadas intermediárias, como base e sub-base, visto que esses materiais são mais fáceis de serem ajustados, conforme ressalta Bueno (2016). Outra hipótese para os módulos de elasticidade elevado para esse material, segundo Santos *et al.* (2019), refere-se adoção de uma umidade ótima abaixo do recomendando durante a compactação da camada, resultando em um aumento da sucção do solo.

Caso os valores iniciais das camadas e do subleito sejam fixados, com exceção da sub-base, os novos procedimentos iterativos nos *softwares* BackMedina e BAKFAA (aqueles que possuem essa opção) resultaram em módulos de elasticidade muito mais elevados do que os estimados anteriormente. Por exemplo, no ponto 71 (a 1.750 metros do início da pista), o módulo de elasticidade medido pelo BackMedina para o material granular da sub-base foi de

416 MPa. No entanto, ao manter as outras camadas fixas, o novo valor foi de 10.710 MPa, representando um aumento de 2.574%.

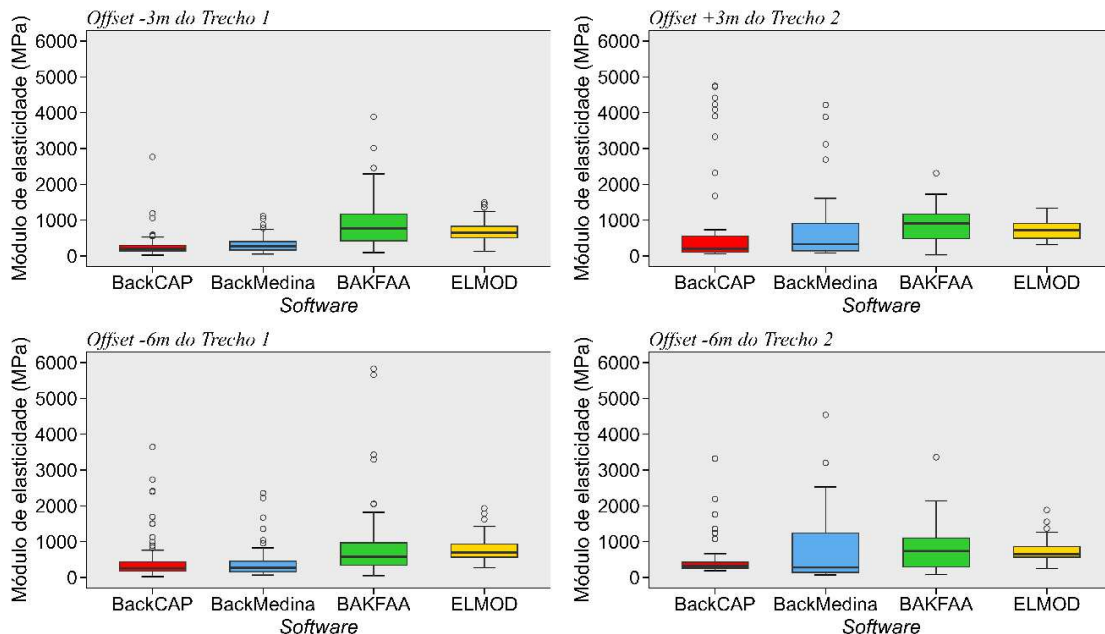
Assim como averiguado nos gráficos das figuras 36 e 37, os *boxplots* exibidos nas figuras 38 e 39 mostram que as maiores medianas dos módulos de elasticidade retroanalizados foram mensuradas pelo *software* ELMOD e BAKFAA. Além disso, nota-se que os dados oriundos do BackCAP são mais homogêneos, com 75% dos valores em torno de 400 MPa e sem a presença de *outliers* em alguns *offsets*.

Figura 38 – *Boxplot* dos módulos de elasticidade da sub-base da PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 39 – *Boxplot* dos módulos de elasticidade da sub-base da PPD B



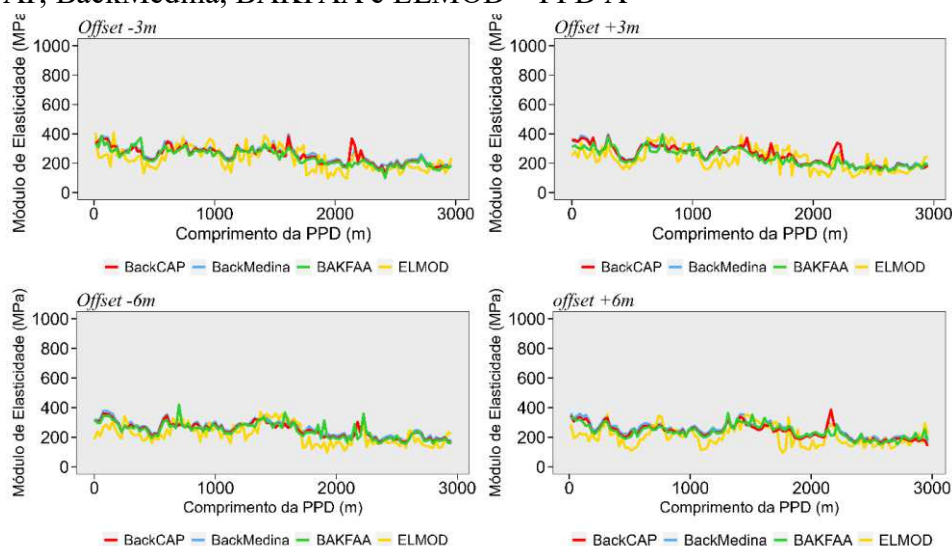
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Verificando os resultados dessa camada de forma geral, notou-se que os *softwares* BackCAP e BackMedina apresentaram medianas próximas umas das outras e que 82,50% dos valores são inferiores a 400 MPa. Em contrapartida, no BAKFAA e no ELMOD, como visto no gráfico da Figura 30, resultaram em medianas discrepantes relacionadas àquelas obtidas nos demais processos iterativos (BackCAP e BackMedina). Além disso, 50% dos seus valores obtidos são superiores a 400 MPa e possuem maior variabilidade dos módulos de elasticidade. Dessa forma, constatou-se que, para a camada de sub-base, os resultados obtidos nos *softwares* BackCAP e BackMedina se mostraram mais coerentes e próximos dos valores recomendados pela FAA (2011).

4.2.1.3 Material de subleito

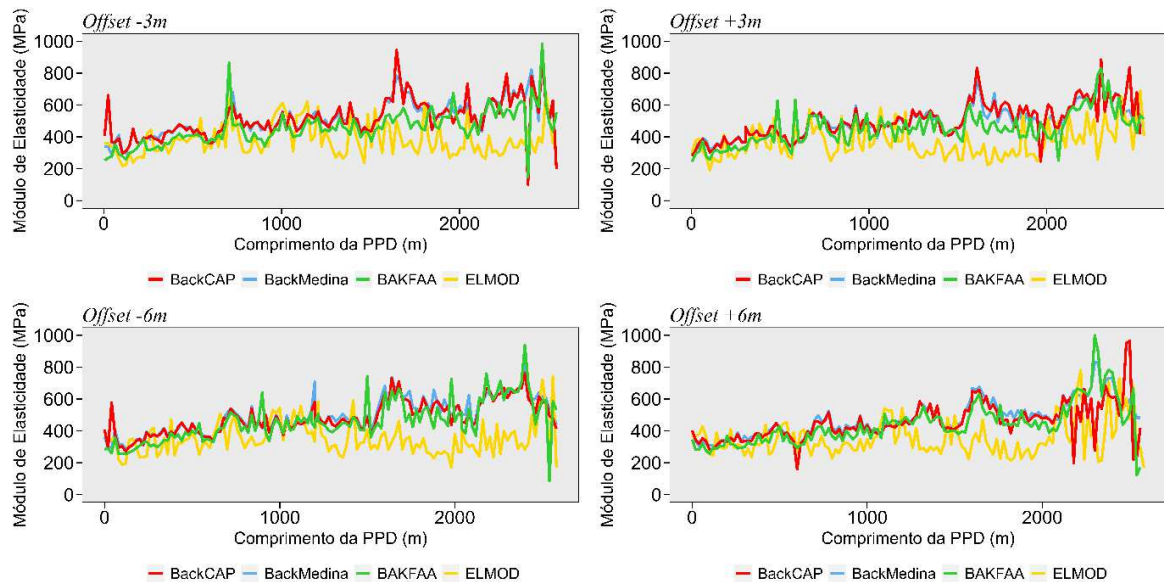
Em seguida, conforme as figuras 40 e 41, nota-se a dispersão dos módulos de elasticidade obtidos pelos *softwares* para o subleito, com valores superiores no BackMedina para alguns pontos ensaiados. Além disso, são observadas semelhanças na distribuição dos dados pelas ferramentas BAKFAA e BackMedina, e não foram encontrados picos de valores (possíveis *outliers*), como verificado nas camadas de revestimento, base e sub-base. Estudos feitos por Oberez *et al.* (2015), Bueno (2016) e Lopes (2019), constataram resultados análogos ao observado para esse material (solo natural), como a semelhança de módulos de elasticidade mensurados por distintos *softwares* de retroanálises e a simetria de comportamento ao longo do trecho inspecionado.

Figura 40 - Valores de módulos de elasticidade para o subleito por meio dos *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 41- Valores de módulos de elasticidade para o subleito por meio dos *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD – PPD B

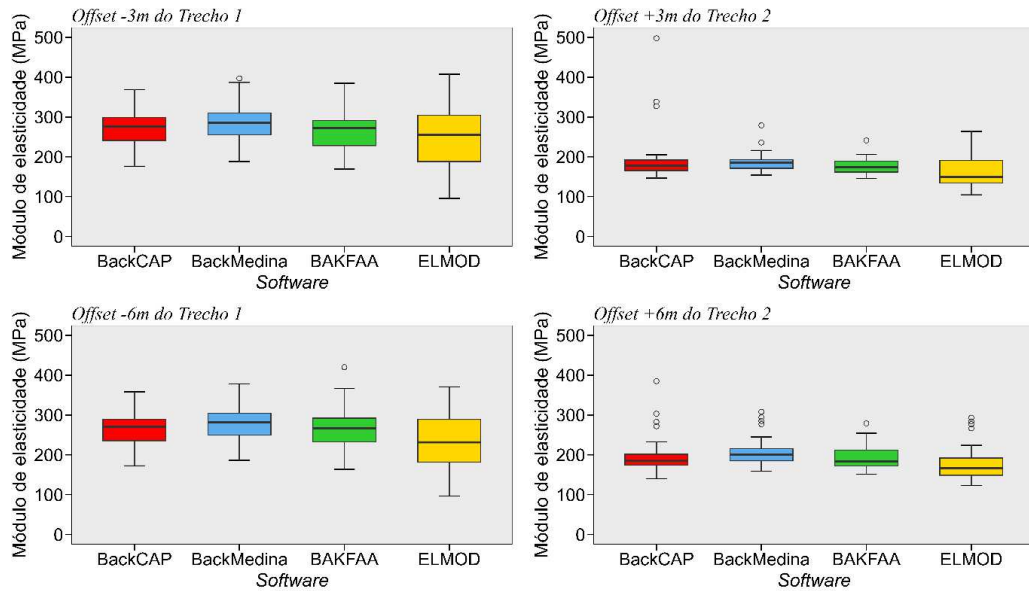


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ainda em relação à Figura 41, nota-se que a PPD B apresentou maior divergência de distribuição dos módulos de elasticidade do subleito ao longo da pista, à medida que os valores obtidos pelo ELMOD são comparados aos demais *softwares*, e, na maior parte dos pontos ensaiados, foram inferiores. Resultados divergentes foram encontrados por AMERI *et al.* (2009), Oberez *et al.* (2015) e FHWA (2017), com estudos que averiguaram que o ELMOD pode superestimar, em alguns casos, o valor do módulo do subleito.

Pelas análises dos *boxplot* da Figura 42, é verificado que o *software* ELMOD apresenta valores mais dispersos para esse material (subleito de solo natural). Entretanto, essa ferramenta (ELMOD), assim como o BackCAP, tiveram menores medianas, com 50% dos valores inferiores a 250 MPa no Trecho 1A e 200 MPa no Trecho 2A, ambos da PPD A. Por sua vez, os resultados mostram semelhanças de medianas e simetria dos valores aos obtidos pelo BAKFAA e BackMedina.

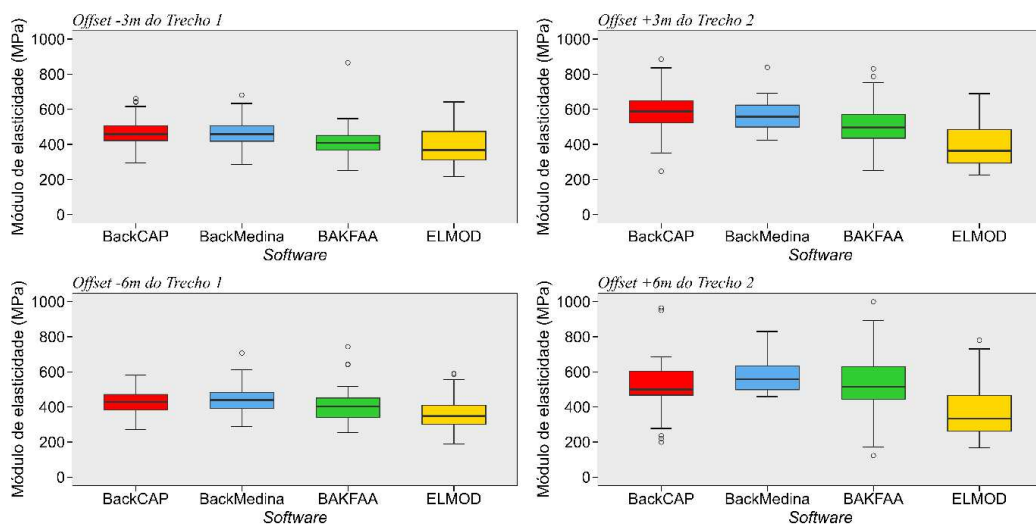
Figura 42 – *Boxplot* dos módulos de elasticidade do subleito da PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Figura 43 mostra os *Boxplots* dos módulos de elasticidade do subleito em ambos os trechos da PPD B. De maneira semelhante, a análise demonstrou o mesmo padrão: BackMedina com as maiores medianas, com 50% dos valores superiores a 400 MPa no Trecho 1B e 500 MPa no Trecho 2B.

Figura 43 – *Boxplot* dos módulos de elasticidade do subleito da PPD B



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

É necessário destacar que os módulos de elasticidade do subleito da PPD B foram superiores a 300 MPa em 83% das bacias deflectométricas retroanalizadas. Esse valor é considerado alto para os materiais comumente empregados em subleitos. Um estudo conduzido

por Almeida *et al.* (2022), que realizaram ensaios triaxiais dinâmicos em diversos solos de subleito próximos à região da pista, obteve módulos de elasticidade variando entre 94 MPa e 268 MPa, valores inferiores aos obtidos pela retroanálise. Ainda de acordo com os autores, embora a classificação da AASHTO considere o comportamento desses materiais (Silto-Argilosos) como regular a fraco, eles apresentaram uma elevada coesão e resistência quando submetidos a cargas confinantes. Pois é sabido que o módulo de elasticidade aumenta com o aumento da carga confinante (Maher *et al.*, 2000).

Observou-se que os módulos de elasticidade retroanalizados pelos *softwares* empregados podem ter sido subestimados, em comparação aos obtidos em laboratório para solos próximos do local investigado. Isso sugere a necessidade de realizar mais estudos das variáveis que podem influenciar os módulos e a realização de ensaios destrutivos para verificar a coerência dos resultados. Reforçando a ideia de que as possíveis inconsistências nos resultados da retroanálise não estão relacionadas especificamente ao *software*, mas sim às diversas simplificações realizadas para reproduzir as condições *in loco* (comportamento estrutural), que ajustam as deflexões teóricas às encontradas no campo.

Além disso, é importante mencionar que os fatores que podem ter influenciado a diferença de valores, especialmente no BackMedina e no BAKFAA, incluem a não consideração de um possível material rígido abaixo do subleito e o comportamento não elástico, uma vez que esses fatores são levados em conta no cálculo do ELMOD. Por outro lado, o BackCAP apresentou uma menor histerese de módulos e valores mais coerentes com as características dos materiais.

4.2.2 Root Mean Square Error – RMSE

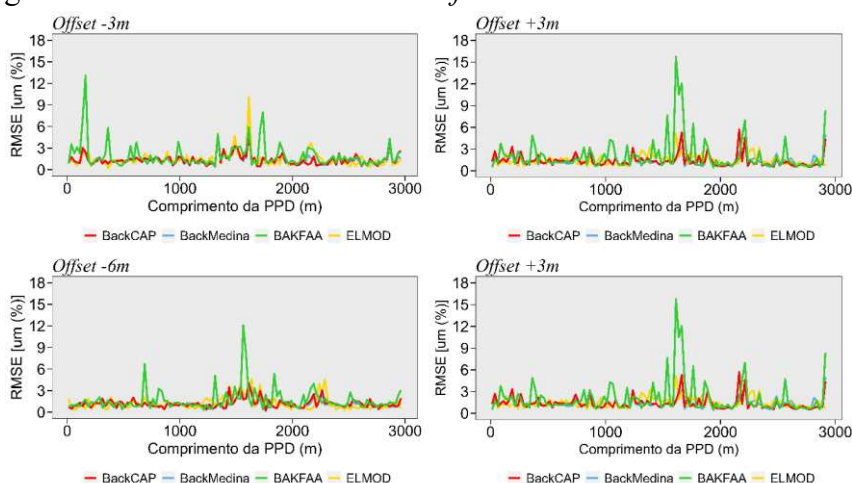
Apesar de os *softwares* empregados buscarem calcular deflexões teóricas próximas das medidas obtidas pelo HWD, a fim de estimar os módulos de elasticidade, verificou-se que o modo de convergência difere, no BackCAP e no BAKFAA, o módulo de elasticidade é calculado por meio da minimização absoluta da diferença entre as bacias deflectométricas calculadas e medidas pela HWD, mas no final do processo é reportado o RMSE relativo. A distinção entre os dois reside no fato de que, no BackCAP, o modelo de estrutura é discretizado com elementos finitos, proporcionando derivadas parciais exatas das deflexões em relação aos módulos. Por outro lado, no BAKFAA, as bacias são exatas, mas as derivadas são aproximadas por diferenças finitas além disso, No BAKFAA, caso uma das deflexões teórica esteja divergindo mais de 5 μm da deflexão medida no sensor, os módulos das camadas são

aumentados ou diminuídos em uma pequena quantidade (10%), se o erro for menor do que antes, são feitos ajustes adicionais na mesma direção. Caso contrário, o ajuste é revertido. Esse processo é repetido até que uma tolerância definida para a diferença de deflexão seja alcançada ou o erro não possa ser minimizado ainda mais.

Por sua vez, no ELMOD e no BackMedina, o erro de convergência é calculado a partir da mínima diferença relativa entre as deflexões das bacias deflectométricas. Vale destacar que o *software* BackMedina varia este módulo por uma faixa que depende do erro de retroanálise. Para erros elevados, a faixa de cada módulo é de 50% do valor indicado (para maior ou menor) na estrutura, a fim de abranger um maior nível de seleções. Para erros menores, a faixa de valores de módulos de elasticidade diminui para 10%. A ferramenta realiza grande quantidade de análises para escolher o conjunto de módulo de elasticidade que apresentar o menor erro quadrático médio (RMS), por isso o *software* é bem mais lento. Mediante essa diferença de minimização da diferença entre as bacias deflectométricas (medidas e calculadas), isso resulta em diferenças nos resultados obtidos pelos *softwares*.

Ao verificar-se o *Root Mean Square Error* – RMSE relativo dos módulos de elasticidade retroanalizados da PPD A pelos *softwares* empregados, percebe-se que o BAKFAA apresentou o maior percentual de bacias deflectométricas calculadas (teóricas) fora do intervalo $\leq 5,00 \mu\text{m}$ (%) (Figura 44). Esses valores chegaram a 5,79% dos ajustes de deflexões no *offset* -3m (Tabela 23), por exemplo. Em seguida, nas outras ferramentas, observou-se que menos de 2,52% dos processos iterativos realizados foram acima da medida de erro desejada. Por sua vez, o BackCAP e o BackMedina foram os *softwares* que melhor conseguiram aproximar as deflexões calculadas, com base nas informações inseridas, às coletadas em campo por meio de ensaio não destrutivo, conforme evidenciado na Tabela 23.

Figura 44 – RMSE resultantes dos *softwares* – PPD A



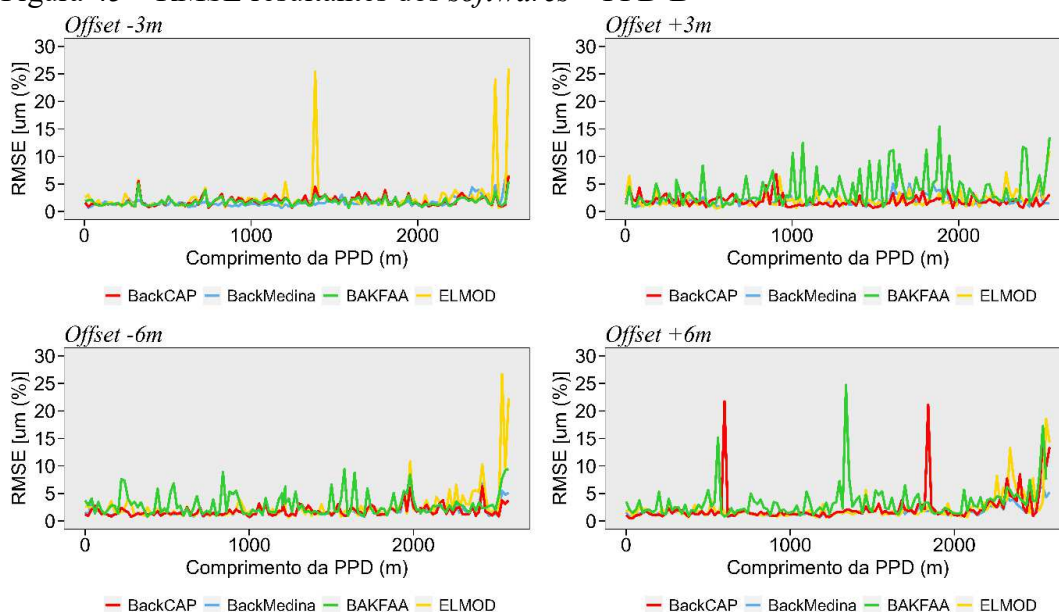
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 23 - Valores de RMSE $\geq 5,0$ [μm (%)] para os *softwares* - PPD A

Valores de RMSE $\geq 5,0$ [μm (%)]				
Offset	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
-3m	0,00	0,83	5,79	1,65
-6m	0,00	0,00	4,20	0,00
+3m	2,50	0,00	5,08	1,69
+6m	2,50	0,00	3,36	2,52

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os gráficos da Figura 45 mostram os resultados de RMSE do ajuste teórico das bacias deflectométricas da PPD B. Como pode ser constatado pela Figura 38 e a Tabela 24, 94,70% dos processos iterativos tiveram valores da métrica RMSE $\leq 5,00$ μm (%), semelhantes aos obtidos na PPD A, com o *software* BAKFAA apresentando elevada predominância de erros na convergência das deflexões, por exemplo, no *offset* +3m, no qual alcançou um percentual de 17,83%. Logo depois tem-se o ELMOD, que resultou em um percentual de 8,46% (*offset* +6m) dos processos iterativos com RMSE igual ou superior a 5,00 μm (%).

Figura 45 – RMSE resultantes dos *softwares* – PPD B

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 24 - Valores de RMSE $\geq 5,0$ [μm (%)] para os *softwares* - PPD B

Valores de RMSE $\geq 5,0$ [μm (%)]				
Offset	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
-3m	2,23	1,55	2,34	3,88
-6m	1,56	2,99	15,67	7,46
+3m	0,77	2,33	17,83	6,20
+6m	6,15	0,00	10,00	8,46

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Destaca-se que, assim como na PPD A, os resultados de módulos de elasticidade obtidos pelo BackMedina para a PPD B resultaram em aproximações de deflexões com um valor de RMSE abaixo dos $\leq 5,0 \mu\text{m}$, desse modo, 100% dos processos de retroanálise no *offset* +6m ficaram nesse intervalo. Por sua vez, as ferramentas BackCAP e ELMOD apresentaram um percentual ligeiramente superior aos obtidos na PPD da PPD A, chegando a erro de métrica de $25 \mu\text{m}$.

Ao verificar os resultados dos mínimos locais oriundos do ELMOD, constatou-se que as principais divergências foram nas deflexões responsáveis por estimar os módulos de elasticidade das camadas de base e de sub-base. Uma das hipóteses para isso, conforme ressalta Valle e Thom (2018), é a limitação do método de Odemark de espessuras equivalentes na retroanálise, no qual os módulos das camadas devem diminuir conforme a profundidade do material. Isso não é atendido em alguns dos pontos da PPD B, com a sub-base possuindo um módulo maior que a base.

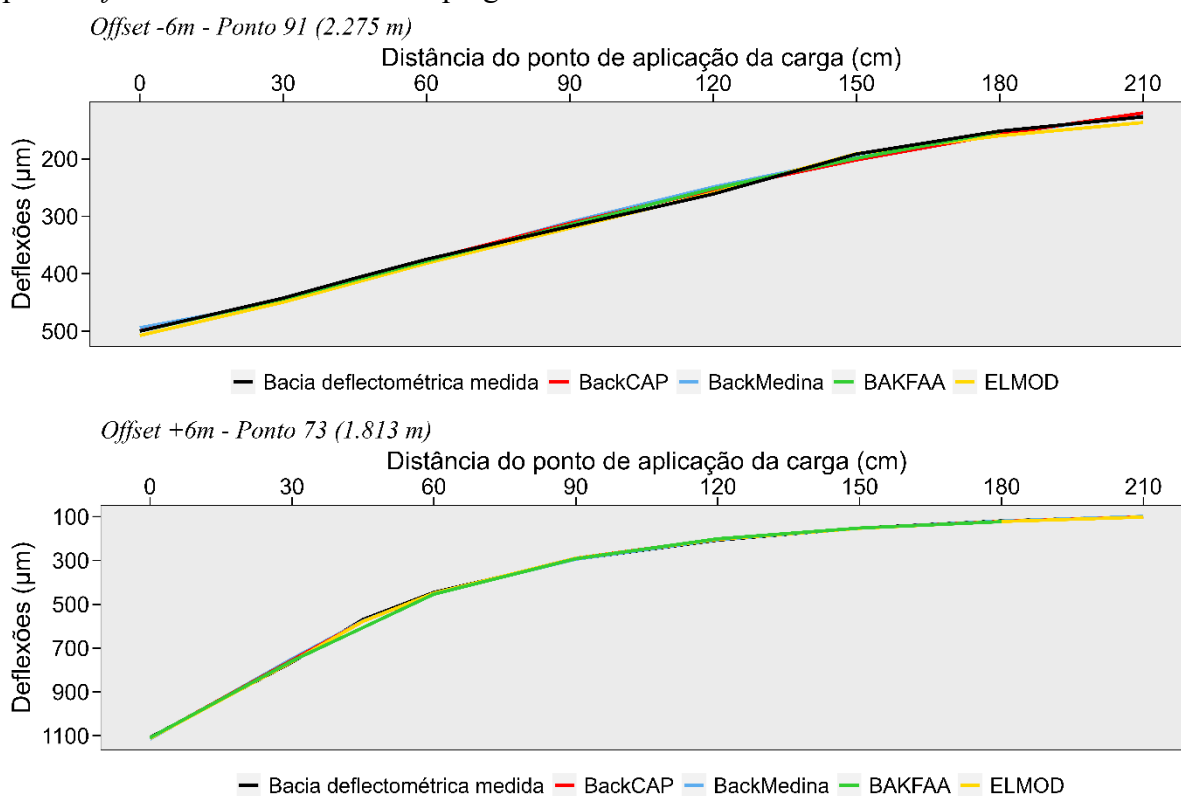
Apesar de os resultados do RMSE dos módulos de elasticidade retroanalizados no BackMedina para os materiais que compõem as PPD estudadas serem inferiores a $5,0 \mu\text{m}$ (%), em 94,1% dos pontos ensaiados, a solução adotada pelo *software* para a aproximação entre as deflexões resultou em módulos de elasticidade elevados nas camadas de revestimento e de base. No *offset* -6m da PPD A, especificamente no ponto 91 (2.275 m do início da pista), por exemplo, o valor calculado para a camada de revestimento foi de 21.888 MPa e RMSE de 2,6%. Mesmo com um erro aproximado de 2,61%, o ELMOD calculou para esse material um valor igual a 12.075,40 MPa. Possivelmente, tais valores são incoerentes com as características de elasticidade do material da estrutura avaliada, pois no Brasil é incomum encontrar tal magnitude de elasticidade para os asfaltos empregados na construção e manutenção de aeroportos, superando, respectivamente, em 218,0% e 120,8% o limite estipulado pela FAA (2011).

Ainda no ponto 91 (2.275) do *offset* -6m, o RSME do BackCAP foi igual a 1,23% para o processo iterativo, inferior ao valor de $5,0 \mu\text{m}$ (%), o módulo de elasticidade encontrado para o revestimento foi de 4.970 MPa, 440,0% menor que do BackMedina. Resultado semelhante de parâmetro de elasticidade também foi encontrado no *software* BAKFAA, 4.676,92 MPa com erro de equivalência de 3,0% entre as deflexões medidas e calculadas.

A Figura 46 mostra dois exemplos das deflexões determinadas por cada um dos *softwares* utilizados durante o processo iterativo. Percebeu-se que as bacias deflectométricas dos pontos ensaiados com os maiores erros de RMSE apresentam um comportamento que se aproxima a uma curva linear, como o ponto 91 (2.275) do *offset* -6m (PPD A). Ao contrário disso, as bacias deflectométricas que se aproximaram a uma parabólica, apresentaram métricas

de ajuste das deflexões com valores menores, como o ponto 73 (1.813 m) do *offset* +6m da PPD A, no qual todas as deflexões teóricas (calculadas) pelas ferramentas resultaram em um erro de RSME inferior a 5,0 μm (%). Tais observações também foram constatadas por Nóbrega (2003), o qual verificou que o formato da bacia deflectométrica apresentou grande relevância na determinação das características estruturais do pavimento e do subleito.

Figura 46 –Bacia deflectométrica medida em campo e as bacias deflectométricas calculadas pelos *softwares* de retroanálise empregados – PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ainda de acordo com a Figura 39, notou-se que em ambas as situações, com valor de RSME inferior e superior a 5,0 μm (%), o BAKFAA resultou em conjuntos de módulos de elasticidade retroanalizados com erros de convergência, principalmente aos sensores próximos da carga aplicada (0, 30 e 60 cm), diferenças que chegaram a 1,81%, 3,04% e 2,95%, respectivamente, no ponto 73 (1.813 m) do *offset* +6m. Apesar desses erros nas deflexões, os módulos de elasticidade do BAKFAA juntamente com os do BackCAP foram mais próximos dos módulos sementes. Apesar desses erros nas deflexões, os módulos de elasticidade do BAKFAA, juntamente com os do BackCAP, foram mais próximos das características típicas dos materiais das camadas.

Um exemplo do abordado foi evidenciado no estudo conduzido por Chaves, Mota e Lacerda (2023), ao utilizar uma versão anterior do BackCAP, que adotava limites inferiores e superiores para os módulos de elasticidade, observou-se um erro de RMSE superior a 30 μm (%). Quando os autores empregaram um limite inferior de 500 MPa para o Binder em concreto asfáltico, conforme recomendado pela norma técnica FAA (2011), o processo iterativo de retroanálise não conseguiu aferir uma bacia deflectométrica teórica que representasse o comportamento mecânico da estrutura. Isso ocorreu porque o módulo estimado era inferior, como foi evidenciado durante o procedimento nas ferramentas BackMedina, BAKFAA e ELMOD, as quais retornaram módulos de elasticidade semelhantes: 298,00 MPa, 262 MPa e 286,16 MPa, respectivamente (Tabela 25). Assim como as deflexões medidas, as teóricas referentes aos pontos mais próximos do ponto de aplicação de carga influenciam os valores de elasticidade das camadas e do subleito, principalmente nas camadas mais superficiais, como revestimento e base.

Tabela 25 – Módulos de elasticidade retroanalizados e os valores de RMSE resultante

Camada	Módulos de elasticidade retroanalizados (MPa)			
	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
Revestimento	1821,00	1506,00	1904,00	1383,01
Base	425,00	298,00	262,44	286,16
Sub-base	202,09	157,00	202,09	188,74
Subleito	215,00	275,00	274,89	336,61
RSME μm	4,60%	1,06%	2,67%	2,16%

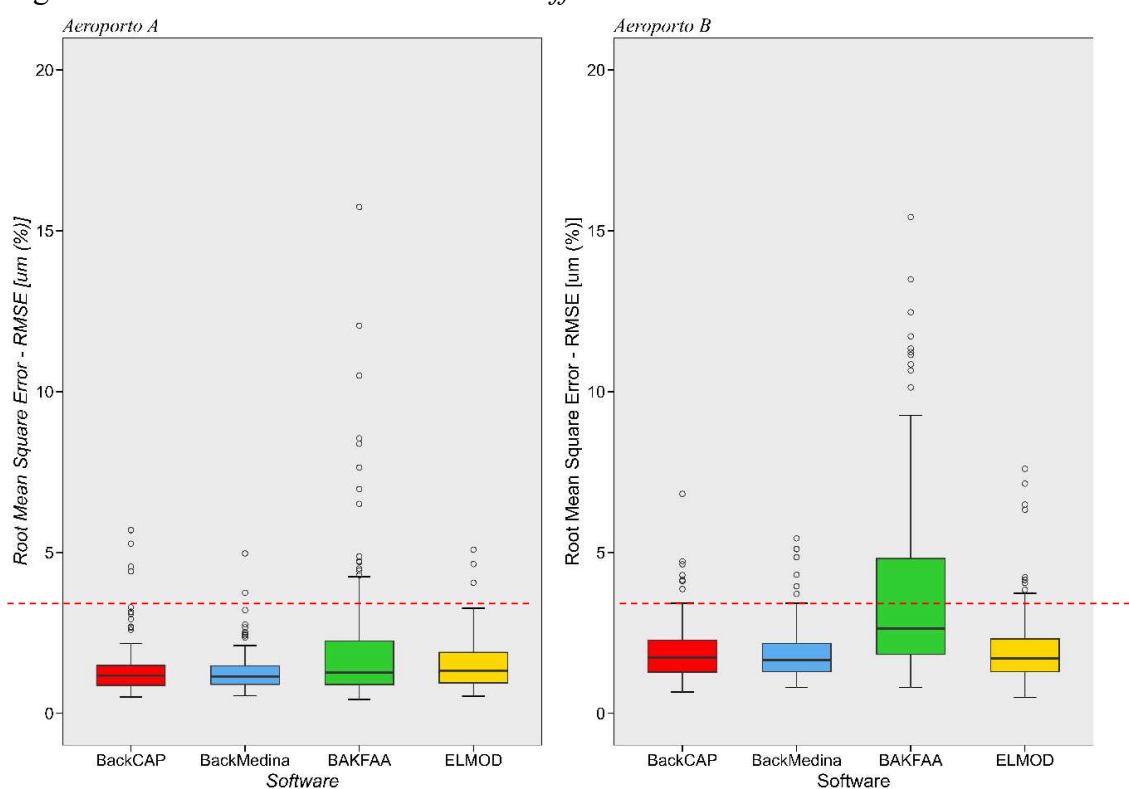
Fonte: Chaves, Moto e Lacerda (2023).

Quando se realizou o procedimento de retroanálise no BackCAP, sem limite inferior, obteve-se um novo valor de módulo de elasticidade para esse material, semelhante aos calculados pelos demais *softwares*, conforme mostra a Tabela 25. O novo erro de ajuste entre as bacias teóricas e reais resultou em um valor igual a 2,6 μm (%).

Acrescenta-se, como ressaltado por Fernandes (2000), que valores de RMSE extremamente baixos são difíceis de serem alcançados, principalmente para leituras de deflexão medida a uma distância superior a 1 metro, como neste caso de estudo, no qual os deslocamentos verticais provocados pela aplicação de carga foram coletados a uma distância que chegou a 2,10 metros (geofones nove). Outro fator que também precisa ser levado em consideração é que essa métrica tende a superestimar erros grandes. Desse modo, o operador de aeródromo deve ter cautela quanto aos resultados oriundos da avaliação não destrutiva que irá compor o banco de dados do SGPA, pois o valor máximo tolerável de ajuste pode influenciar na avaliação estrutural do pavimento.

Apesar de Fernandes (2000) discorrer da dificuldade em se obter valores baixos, conforme mostram os gráficos de *boxplots* da Figura 47, no *offset* +3m, as medianas dos valores de RMSE obtidos nos processos iterativos dos *softwares* BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD foram inferiores a 2,00 μm na PPD A e 5,00 μm na PPD B. Dessa forma, conforme Correia (2014) e Camarini, Silva Junior e Fontenele (2014), os procedimentos de retroanálise apresentaram para ambas as PPD uma boa estimativa dos módulos de elasticidades das camadas que constituem o pavimento.

Figura 47 – *Boxplot* dos dados de *Root Mean Square Error* – RMSE dos *softwares* empregados na retroanálise das PPD A e B – *Offset* +3m



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De maneira geral, afere-se que apesar das métricas de ajuste entre as deflexões calculadas e medidas serem importantes para percepção do usuário acerca da acurácia da solução encontrada, não pode ser o único parâmetro de triagem do aceite ou descarte do conjunto de módulos de elasticidade retroanalizados. Pois foram observadas semelhanças entre os valores que constituem o pavimento retroanalizados pelas distintas ferramentas, significa que as funções usadas para a minimização absoluta ou relativa das bacias são bem calibradas. Como foi visto, alguns dos conjuntos de módulos retroanalizados no *software* BAKFAA, que utiliza o método da análise elástica de múltiplas camadas e função de minimização da diferença

absoluta, tiveram um valor de RMSE consideravelmente mais alto que as demais ferramentas (método das espessuras equivalentes e dos elementos finitos), entretanto os valores de elasticidade calculados para os materiais apresentaram coerência e em algumas camadas, como revestimento e base, semelhança com os mensurados pelo BackMedina, BackCAP e ELMOD. Desse modo, entende-se que um erro pequeno não garante por completo a veracidade dos módulos de elasticidade retroanalizados por determinada ferramenta empregada, como o BackMedina, mas é apenas um indicio que a solução encontrada convergiu entre as bacias deflectométrica. Ainda nesse âmbito, não se pode afirmar que os resultados aferidos pelo *software* BackCAP, BAKFAA e ELMOD estão errando os módulos por apresentar em algumas bacias um maior RMSE.

Acrescenta-se que, nesse caso, provavelmente, essas discrepâncias nos *softwares* entre as deflexões podem ter sido ocasionadas por diversos fatores. Um deles envolve o cálculo das deflexões teóricas a partir da modelagem da estrutura, que pode diferir das características existentes das camadas. Isso ocorre porque uma variação espacial nas espessuras das camadas impulsiona um maior erro de convergência, pois não é possível reproduzir as propriedades dos materiais *in loco*. Outro fator que pode influenciar na métrica das deflexões, conforme sugerido por Nega, Nikraz e Al-Qadi (2016), é quando o sistema de camadas do pavimento não se comporta inteiramente como elástico linear. Nesse caso, a correspondência entre as bacias deflectométricas calculadas e medidas pode fornecer resultados de métrica alta. Além desse fenômeno, a configuração dos sensores do equipamento HWD (número e localização) também influencia.

Além disso, é necessário refletir sobre a importância das variáveis adotadas para a modelagem teórica do sistema construtivo do pavimento, incluindo condição de interface, módulos iniciais, viscoelasticidade e não linearidade dos materiais granulares. Nesse contexto, percebe-se a importância da realização de ensaios destrutivos concomitantes aos ensaios não destrutivo. Ao obter-se informações sobre as propriedades dos materiais oriundos de laboratório, os operadores de aeródromos e os analistas, poderão realizar uma validação mais robusta dos resultados obtidos pelos distintos *softwares*, se elevado ou baixo erro apresentam uma solução que retrata com segurança o comportamento da estrutura. Uma análise combinando métricas de convergência das bacias deflectométricas e dados de ensaios destrutivos pode oferecer uma abordagem mais holística e confiável para avaliação dos módulos de elasticidade retroanalizados, contribuindo para confiabilidade dos resultados.

4.2.3 Teste de Friedman

Os resultados do Teste *Friedman*, utilizado para comparar os módulos de elasticidade retroanalizados pelos *softwares* empregados para os materiais das PPD A e B, são mostrados nas tabelas 41 a 44. Na PPD A (tabelas 26 e 27), observa-se que os valores de “*p*” foram inferiores a 0,05 para todas as camadas, com exceção do revestimento no *offset* +3m (Trecho 1A). Nesses materiais, as faixas de levantamentos das medianas variaram entre 1560 a 1.879 MPa. No Trecho 2A, observa-se que a hipótese nula do teste é rejeitada (<0,005) para todas as camadas e subleito, com exceção da sub-base no *offset* -3m.

Tabela 26 – Comparação dos módulos de elasticidade do Trecho 1A obtidos pelos *softwares* empregados – PPD A

<i>Offset</i>	Camada	<i>Friedman</i>		Mediana (MPa)			
		Qui-quadrado	p-valor	BAKFAA	BackCAP	BackMedina	ELMOD
-3m	Revestimento	8,30	0,04005	1.801	1.636	1.805	1.938
	Base	64,327	6,97e-14	1.522	1.921	1.376	1.116
	Sub-base	138,92	2,20e-16	439	377	410	675
	Subleito	45,94	5,82e-10	273	282	286	245
-6m	Revestimento	110,99	2,20e-16	2.404	2.193	2.117	2.258
	Base	136,41	2,20e-16	1.042	875	1.186	1.017
	Sub-base	197,67	2,20e-16	437	331	378	622
	Subleito	97,47	2,20e-16	267	248	281	233
+3m	Revestimento	8,30	0,23	1.741	1.879	1.560	1.737
	Base	81,05	2,20e-16	2.166	1.398	1.946	1.580
	Sub-base	166,14	2,20e-16	390	432	406	642
	Subleito	85,29	2,2e-16	271	276	285	245
+6m	Revestimento	32,74	3,63e-07	2.207	2.212	1994	1332
	Base	44,67	1,08e-09	801	1.136	966	788
	Sub-base	158,33	2,2e-16	401	394	300	532
	Subleito	103,77	2,2e-16	250	251	265	216

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 27 – Comparação dos módulos de elasticidade do Trecho 2A obtidos pelos *softwares* empregados – PPD A (continua)

<i>Offset</i>	Camada	<i>Friedman</i>		Mediana (MPa)			
		Qui-quadrado	p-valor	BAKFAA	BackCAP	BackMedina	ELMOD
-3m	Revestimento	49,85	8,59e-11	4.421	2.993	3.859	3.221
	Base	4,23	0,04	176	424	276	282
	Sub-base	5,29	0,15	443	216	244	325
	Subleito	38,20	2,56e-08	187	178	201	173
-6m	Revestimento	57,89	1,65e-12	4.992	5.109	4.688	3.678

Tabela 27 – Comparação dos módulos de elasticidade do Trecho 2A obtidos pelos *softwares* empregados – PPD A (conclusão)

<i>Offset</i>	Camada	<i>Friedman</i>		Mediana (MPa)			
		Qui-quadrado	p-valor	BAKFAA	BackCAP	BackMedina	ELMOD
-6m	Revestimento	57,89	1,65e-12	4.992	5.109	4.688	3.678
	Base	41,60	4,86e-09	182	143	243	302
	Sub-base	31,97	5,30e-07	403	360	245	317
	Subleito	31,97	2,12e-12	185	184	200	164
+3m	Revestimento	49,04	1,27e-10	2.873	4.263	3.062	2.416
	Base	41,50	5,11e-09	357	202	341	355
	Sub-base	37,32	3,97e-08	214	368	223	262
	Subleito	49,45	1,27e-10	174	193	186	149
+6m	Revestimento	63,91	8,54e-14	4.764	5.271	4.651	3.732
	Base	54,45	8,95e-12	229	159	273	299
	Sub-base	23,12	7,11e-08	320	381	211	310
	Subleito	44,29	1,30e-09	184	187	200	167

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Apesar do teste global (*Friedman*) indicar divergências entre as medianas e distribuição dos módulos de elasticidade do revestimento asfáltico no Trecho 1A, nos *offsets* ± 6 m, a análise pareada entre diferentes *softwares* pelos testes *post-hoc* de *Dunn-Bonferroni*, demonstrou valores superiores a 0,05 apenas quando se compara os módulos de elasticidade obtido entre “BackMedina e BackCAP” e “ELMOD e BAKFAA”.

Ao analisar as medianas para cada conjunto, constatou-se que na camada de Binder composta por material asfáltico da PPD A os menores valores entre os dados calculados foram no ELMOD e no BackCAP, enquanto, por exemplo, no *offset* +3m o BAKFAA resultou em uma mediana de 2.166 MPa, no BackCAP foi igual 1.398 MPa. Entretanto, para a camada de sub-base, os valores de mediana atribuídos pelos *softwares* ELMOD e BAKFAA tendem a ser superiores aos módulos de elasticidade obtidos nos demais (BackMedina e BackCAP).

No subleito, o BackMedina originou os maiores valores de módulos de elasticidade, apresentando uma superioridade média de mediana de 10,2%, 22,0% e 12,4%, quando comparado, respectivamente com BAKFAA, BackCAP e ELMOD. Também se notou uma proximidade entre as medianas resultante dos *softwares* BackCAP e Backmedina.

Por sua vez, em ambos os trechos da PPD B (tabelas 28 e 29), também foram obtidos resultados semelhantes (com ressalva na camada de revestimento dos *offsets* +6m e -6m do Trecho 2B), o que indica que há efeito do *software* de retroanálise sobre os módulos de elasticidade calculados a partir das bacias deflectométricas medidas pelo HWD.

Tabela 28 – Comparação dos módulos de elasticidade do Trecho 1B obtidos pelos *softwares* empregados – PPD B

<i>Offset</i>	<i>Camada</i>	<i>Friedman</i>		<i>Mediana (MPa)</i>			
		<i>Qui-quadrado</i>	<i>p-valor</i>	<i>BAKFAA</i>	<i>BackCAP</i>	<i>BackMedina</i>	<i>ELMOD</i>
-3m	Revestimento	91,94	2,20e-16	4.083	2.602	3.248	3.101
	Base	66,88	1,98e-16	1.063	1.728	2.225	1.086
	Sub-base	138,29	2,20e-16	777	172,75	275	646
	Subleito	87,622	2,20e-16	409	453,66	459	359
-6m	Revestimento	73,40	7,98e-16	3.635	3.236	3.091	2.900
	Base	91,23	2,20e-16	783	1.631	1.466	1.199
	Sub-base	141,99	2,20e-16	577	232	269	701
	Subleito	57,80	1,70e-12	403	406	439	347
+3m	Revestimento	113,96	2,20e-16	3.131	3.272	2.772	2.497
	Base	103,41	2,20e-16	1.005	2.654	1.502	1.411
	Sub-base	157,46	2,20e-16	464	204,97	218	589
	Subleito	96,33	2,20e-16	408	459,27	452	331
+6m	Revestimento	88,95	2,20e-16	3.921	3.104	3.273	3.189
	Base	84,75	2,20e-16	830	1362,95	1.658	1.284
	Sub-base	133,34	2,20e-16	571	259,49	248	623
	Subleito	91,41	2,20e-16	381	427,75	418	316

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 29 – Comparação dos módulos de elasticidade do Trecho 2B obtidos pelos *softwares* empregados – PPD B

<i>Offset</i>	<i>Camada</i>	<i>Friedman</i>		<i>Mediana (MPa)</i>			
		<i>Qui-quadrado</i>	<i>p-valor</i>	<i>BAKFAA</i>	<i>BackCAP</i>	<i>BackMedina</i>	<i>ELMOD</i>
-3m	Revestimento	8,28	0,04047	5.143	3161,10	5.549	4.712
	Base	43,67	1,77e-11	523	1.158,74	910	1.069
	Sub-base	50,82	5,34e-11	998	183,20	303	750
	Subleito	62,10	2,08e-13	526	593,62	601	347
-6m	Revestimento	6,03	0,1098	4.174	3880,17	3.696	3.362
	Base	29,03	2,23e-06	369	263,95	628	805
	Sub-base	8,63	0,0346	736	518,79	284	656
	Subleito	49,23	1,162e-10	550	500,46	602	317
+3m	Revestimento	58,96	9,77e-13	3.501	5.459,92	3.325	3.024
	Base	21,05	0,00053	595	1.057,64	942	1.006
	Sub-base	42,29	3,47e-09	914	250,23	332	724
	Subleito	74,41	4,84e-16	496	598,67	557	363
+6m	Revestimento	45,44	7,43e-10	3.614	4.678,24	3.638	3.299
	Base	70,97	2,63e-15	277	1.586,48	519	588
	Sub-base	25,84	1,02e-05	1.011	317,86	335	736
	Subleito	82,88	2,20e-16	514	577,00	558	334

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Por outro lado, a análise pareada entre os módulos de elasticidade da PPD B pelo Teste de *Dunn-Bonferroni* apresentou algumas divergências entre os dados observados. A camada de revestimento por meio do *Post-hoc* salientou que as diferenças de valores ocorreram particularmente quando se comparou os resultados obtidos pelo ELMOD com os outros

softwares, principalmente com o BackMedina e o BackCAP. Conseqüentemente, pôde-se inferir que não há diferenças significativas entre os módulos de elasticidade quando se considera os dados relacionados previstos pelos *softwares* BackMedina e BackCAP, que trabalham com a Teoria Elástica de Multicamada e Método dos Elementos Finitos.

Para os materiais das camadas de base e sub-base, a análise pareada (Teste *Dunn-Bonferroni*) entre os diferentes *softwares* apresentou que a divergência ocorreu quando se comparou os resultados calculados pelo BAKFAA e ELMOD com os demais *softwares*. É importante destacar que ao analisar as medianas para a argila vermelha (sub-base), percebe-se que existe uma tendência de maiores valores entre os dados oriundos desses dois *softwares* para esses trechos, que possuem base em solo granular.

Acrescenta, que a análise pareada não constatou predominância de semelhança quanto aos valores de módulos de elasticidade e distribuição dos dados retroanalizados pelo BackCAP, BackMedina, BAKFAA e ELMOD para o subleito. Assim como o observado para o PPDA, foi verificado que o BackMedina apontou as maiores medianas para material de subleito.

A partir dos resultados obtidos mostrados nas tabelas 41 a 44, é possível inferir, de maneira geral, que o processo de retroanálise é influenciado pelo *software* empregado, principalmente quando se pretende usar alguma medida de tendência central para representar as características estruturais de elasticidade de um trecho homogêneo. As maiores divergências entre os eventos foram relacionadas aos materiais que compõem a sub-base e o subleito, em ambos os aeroportos, corroborando com a indicação de Marques (2002) e Lopes (2019). Contudo, o *pos-hoc* de *Dunn-Bonferroni* resultou em um p-valor acima de 0,05 na maioria dos casos quando se comparou os módulos entre “BackMedina e BackCAP” e “BAKFAA e ELMOD”, ou seja, não há diferença estatisticamente significativa entre esses *softwares*.

4.2.4 Análise da sensibilidade dos valores iniciais de módulo de elasticidade no resultado final da retroanálise

Este tópico apresenta os resultados dos procedimentos de retroanálise variando apenas o módulo de elasticidade inicial de um material específico. Os procedimentos iterativos foram realizados em cada um dos quatro *softwares*: BAKFAA (v.2.1.0.1), BackCAP (v.1.10), BackMedina (v.1.2.0) e ELMOD (v.6.1).

4.2.4.1 Software BackCAP

As tabelas 30 e 31 mostram os resultados das iterações variando os módulos de

entrada no processo de retroanálise. Na camada de revestimento, a variação do módulo de elasticidade (1 MPa, 500 MPa e 14.000 MPa) não resultou em diferenças estatísticas significativas na rigidez dos materiais das camadas asfálticas, granulares e do subleito, nos quais os valores finais permaneceram iguais aos obtidos nas iterações utilizando os valores recomendados.

Tabela 30 – Variação percentual média dos módulos de elasticidade retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A

Iteração	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE μm (%)
1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,09
2	0,75%	0,00%	0,00%	0,00%	1,08
3	1,01%	0,00%	-0,06%	0,00%	1,12
4	41,31%	-269,06%	89,97%	-97892,03%	90,51
5	0,98%	0,00%	0,00%	0,00%	1,01
6	0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	1,09
7	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,02
8	0,01%	0,00%	0,00%	0,02%	1,10
9	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,97
10	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,02
11	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	1,00
12	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,01

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 31 – Variação percentual média dos módulos de elasticidade retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD B

Iteração	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE μm (%)
1	0,02%	0,04%	0,15%	-0,05%	0,97
2	0,02%	0,04%	0,15%	-0,05%	0,91
3	0,03%	0,04%	0,15%	-0,05%	0,93
4	33,43%	-198,29%	80,63%	-271216,53%	159,40
5	0,01%	0,01%	0,03%	-0,01%	1,12
6	0,03%	0,01%	0,04%	-0,03%	0,94
7	0,05%	0,04%	0,15%	-0,05%	0,90
8	0,07%	0,05%	0,15%	-0,01%	1,08
8	0,07%	0,04%	0,14%	0,04%	0,93
10	0,02%	0,04%	0,15%	-0,05%	0,90
11	0,00%	0,01%	0,08%	0,05%	1,19
12	0,02%	0,04%	0,14%	-0,05%	0,90

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ainda de acordo com as tabelas 30 e 31, quando se adotou módulos de elasticidade iguais a 1 MPa para as camadas de base e sub-base, o *software* BackCAP não conseguiu convergir as bacias deflectométricas medidas e calculadas para um valor aceitável ($\text{RMSE} \leq 5,00$). Por sua vez, quando empregou-se um módulo de entrada igual a 1 MPa na base, observou-se um aumento superior a 100% da rigidez do material da sub-base, enquanto para o subleito o *software* estimou um valor inferior a 1 MPa em todos os pontos, nos quatro *offsets*

(± 3 e ± 6) para as PPD A e B.

Em relação à sub-base e ao subleito, foi observado um comportamento semelhante ao da camada de revestimento, na qual a variação do módulo inicial não influenciou de maneira significativa seu valor, assim como nos outros materiais. Desse modo, acredita-se que os algoritmos do BackCAP adotem uma solução única para esse problema, pelo menos para os valores adotados, o que torna o método de otimização da ferramenta eficaz. Resultados semelhantes também foram encontrados no estudo realizado por Silva *et al.* (2023), verificou que a propagação de erros de retroanálise só foi significativo quando variou-se a espessura e os coeficiente de Poisson.

Também avaliou-se a influência da variação do valor de módulo de elasticidade em bacia que apresentou resultados acima do limite recomendado pela FAA (2011), a qual constatou que o emprego de módulos de elasticidades inferiores ou superiores aos utilizados não resultou em diferenças no resultado final, com exceção da utilização de um valor de 1 MPa como entrada do material da base. Nessa circunstância, percebeu-se uma redução do valor da base, de 43.500,90 MPa para 17.185,00 MPa. Entretanto, o novo valor do subleito foi 37.431,15% inferior estimado nas demais condições de entrada (Tabela 32).

Tabela 32 – Variação percentual média dos módulos de elasticidade retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A

Bacia deflectométrica com outlier (MPa)									
	Rev.	Base	Sub-base	Subleito	RSME				
	1560,14	43.500,90	203,35	373,51	3,10	Varição espacial (%)			
Novos módulos de elasticidade (MPa)									
Iteração	Rev.	Base	Sub-base	Subleito	RSME	Rev.	Base	Sub-base	Subleito
1	1.560,14	43.499,60	203,36	373,51	0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	1.560,14	43.499,50	203,36	373,52	0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	1.560,00	43.499,60	203,37	373,51	0,91%	-0,01%	0,00%	0,01%	0,00%
4	1.578,64	17.185,00	3969,76	1,00	40,00	1,17%	-153,13%	94,88%	37.431,15%
5	1.560,14	43.499,50	203,36	373,52	0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	1.560,14	43.499,50	203,37	373,52	0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	1.560,14	43.499,80	203,36	373,10	0,90	0,00%	0,00%	0,01%	-0,11%
8	1.560,14	43.499,60	203,37	373,51	0,91%	-0,01%	0,00%	0,01%	0,00%
9	1.560,14	43.499,50	203,36	373,52	0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	1.560,14	43.500,00	203,36	373,51	0,9	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11	1.560,14	43.499,50	203,36	373,52	0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	1.560,14	43.500,00	203,36	373,52	0,91	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após realizar os procedimentos de retroanálises com módulos de elasticidade iniciais diferentes exclusivamente para uma camada, constatou-se que apenas foram observadas diferenças nos resultados quando o módulo de elasticidade inicial foi estabelecido como 1,00

MPA. Nesse caso, conclui-se que os resultados do BackCAP, que usa o Método dos Elementos Finitos, não apresentaram sensibilidade aos módulos de elasticidade escolhidos, mesmo quando usado valores extremos.

4.2.4.2 Software BackMedina

Verificou-se que a variação nos módulos de elasticidade iniciais resultou em diferenças nos conjuntos de módulos de elasticidade retroanalizados (tabelas 33 e 34). Observou-se que as camadas de revestimento e de sub-base foram as que tiveram maior dependência da variação dos valores adotados no procedimento. Na camada de base, a depender do valor adotado, as diferenças tendem a serem negativas, significando uma pequena redução.

Tabela 33 – Variação percentual média dos módulos de elasticidade retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A

Iteração	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE μm (%)
1	-21,49%	37,29%	-11,44%	2,64%	2,30
2	5,28%	-0,42%	4,16%	16,77%	0,96
3	4,53%	-0,64%	4,37%	0,04%	1,80
4	85,93%	-982,06%	94,44%	-23,05%	12,15
5	5,08%	-0,57%	4,30%	0,01%	0,91
6	5,60%	-0,18%	3,96%	0,04%	0,89
7	-29,44%	86,69%	-429,58%	49,56%	8,15
8	7,20%	-5,18%	6,92%	-0,62%	1,22
9	5,66%	-1,35%	4,59%	0,04%	0,70
10	4,65%	1,53%	2,85%	0,34%	5,00
11	4,57%	1,23%	3,43%	0,18%	1,80
12	5,36%	0,31%	4,37%	0,04%	1,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 34 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD B

Iteração	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE μm (%)
1	-34,34%	51,67%	-17,69%	3,30%	4,58
2	5,57%	-2,10%	7,58%	-1,26%	0,81
3	5,57%	-2,10%	7,58%	32,21%	0,79
4	57,46%	-1072,22%	95,06%	-23,37%	17,50
5	3,29%	3,56%	4,36%	-0,31%	1,15
6	5,87%	-1,39%	7,19%	-1,26%	1,84
7	-48,08%	87,00%	-362,11%	42,29%	6,80
8	7,04%	-5,09%	8,92%	-1,58%	0,90
9	6,04%	-3,04%	7,97%	-1,26%	0,67
10	3,11%	4,91%	3,30%	-0,31%	0,48
11	3,11%	4,91%	3,30%	-0,31%	0,93
12	5,78%	-0,42%	7,77%	-1,26%	0,91

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A alteração nos módulos de elasticidade iniciais resultou em discrepâncias nos valores finais, com as maiores variações evidenciadas nos resultados das camadas de revestimento e sub-base. A camada de base, por sua vez, foi que a menor impactou nas demais.

Ao considerar um valor de 1 MPa como entrada para a camada de revestimento, observa-se um aumento no módulo da base, atingindo 51,67%, ao passo que a rigidez da sub-base diminui. Por outro lado, o uso de 1 MPa na base, proporcionou um acréscimo para os módulos da camada asfáltica e da sub-base. Esse fenômeno é denominado compensação modular, uma vez que a ferramenta busca compensar a redução do módulo aumentando os valores nas demais camadas, nesse caso, na base. Por fim, o subleito é o material menos influenciado pela variação dos módulos de elasticidade iniciais (com exceção quando se adota uma camada granular ou asfáltica com o valor de 1 MPa), mesmo adotando um *input* de 1 MPa, as camadas conseguem resultar em módulos coerentes.

De modo verificar se a possível presença de um *outlier* é causada pelo conjunto de módulos de elasticidade escolhido, foram realizados novos procedimentos iterativos na bacia deflectométrica 56 do *offset* -6, localizada 1.451 metros do início da PPD A (Tabela 35). Observou-se que, dependendo da variação no módulo dos materiais, o BackMedina estimou resultados atípicos para algumas camadas, em comparação a FAA (2011). Adoção de um valor de 10.000 MPa na camada de base resultou em um aumento significativo na rigidez da base (213,76%). Ou seja, a obtenção de valores atípicos, que possivelmente não representam as características de rigidez do material, não está relacionada ao módulo semente, mas à dificuldade de modelar uma estrutura que produza as mesmas deflexões medidas pelo HWD. Nesse caso, acredita-se que a bacia deflectométrica apresente alguma anomalia.

Tabela 35 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A (continua)

Bacia deflectométrica com outlier (MPa)									
	Rev.	Base	Sub-base	Subleito	RSME	Variação espacial (%)			
	1522	27.049	498	330	3,10				
Novos módulos de elasticidade (MPa)									
Iteração	Rev.	Base	Sub-base	Subleito	RSME	Rev.	Base	Sub-base	Subleito
1	1.599	41.043	246	371	2,5 µm	4,82%	34,10%	-102,44%	11,05%
2	1.627	34.729	380	344	0,8 µm	6,45%	22,11%	-31,05%	4,07%
3	1.679	23.412	699	318	1,3 µm	9,35%	-15,53%	28,76%	-3,77%
4	49.258	200	3.443	209	11,3 µm	96,91%	-13424,50%	98,67%	-57,89%
5	1.949	8.621	15.263	300	2,8 µm	21,91%	+213,76%	60,57%	-10,00%
6	1.614	35.420	366	346	0,8 µm	5,70%	23,63%	-36,07%	4,62%
7	3.384	39.188	78	614	0,9 µm	55,02%	30,98%	-538,46%	46,25%
8	1.645	31.335	467	334	0,9 µm	7,48%	13,68%	-6,64%	1,20%
9	1.688	22.875	731	318	0,8 µm	9,83%	-18,25%	31,87%	-3,77%

Tabela 35 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A (Conclusão)

Bacia deflectométrica com outlier (MPa)									
	Rev.	Base	Sub-base	Subleito	RSME	Variação espacial (%)			
	1522	27.049	498	330	3,10				
Iteração	Novos módulos de elasticidade (MPa)					Rev.	Base	Sub-base	Subleito
10	3.688	3.603	12.366	295	5,3 μm	58,73%	-650,74%	63,54%	-11,86%
11	1.710	21.875	742	316	1,4 μm	10,99%	-23,65%	32,88%	-4,43%
12	1.641	28.646	525	331	1,0 μm	7,25%	5,57%	5,14%	0,30%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2.4.3 Software BAKFAA

De acordo com as tabelas 36 e 37, constatou-se que o *software* BAKFAA foi mais sensível aos módulos de elasticidade inicial em comparação às demais ferramentas, BackCAP, BackMedina e ELMOD. Os resultados mostraram que a variação do módulo de elasticidade de entrada da camada de revestimento, sobretudo de 1 MPa, ocasionou as maiores diferenças percentuais, chegando a ter um RMSE médio de 159,59 μm (%). Percebeu-se que a variabilidade do módulo de elasticidade influenciou significativamente (do ponto de vista estatístico) o comportamento dos materiais granulares (camadas de base e de sub-base). Ao utilizar 3.500 MPa para a camada de Binder da PPD A, obteve-se para o mesmo material um valor de 1.082,10 MPa, entretanto, o uso de 500 MPa no novo procedimento de retroanálise resultou em um valor de 747,22 MPa.

Tabela 36 – Variação percentual média dos módulos de elasticidade retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A

Iteração	Revestimento (%)	Base (%)	Sub-base (%)	Subleito (%)	RMSE μm (%)
1	-726,62	99,22	93,45	87,40	159,59
2	12,83	-24,68	14,91	-4,29	2,27
3	11,79	-21,81	15,87	-4,23	2,46
4	82,53	-931,65	50,23	27,05	27,44
5	12,83	-25,71	15,32	-5,40	2,89
6	19,32	-44,82	25,28	-7,42	2,62
7	31,51	40,50	-277,13	65,31	19,69
8	-121,30	77,82	-123,31	22,41	12,99
9	15,88	-24,66	17,23	-4,25	2,48
10	86,00	79,58	86,46	-173,66	50,61
11	84,28	47,62	47,22	-37,65	17,14
12	11,85	-23,47	14,91	-4,38	2,49

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 37 – Variação percentual média dos módulos elasticidade retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD B

Iteração	Revestimento (%)	Base (%)	Sub-base (%)	Subleito (%)	RMSE μm (%)
1	-284,18	99,50	93,50	-250,15	79,23
2	6,48%	-12,44%	7,50%	-2,15%	2,79
3	-5,93%	6,33%	-10,84%	2,38%	5,11
4	88,81	-1413,87	71,21	46,89	48,18
5	6,50%	-12,99%	7,75%	-2,75%	3,79
6	9,70%	-22,45%	12,65%	-3,74%	2,79
7	-95,20	85,10	-396,69	63,71	18,51
8	-60,64%	38,85%	-61,59%	11,19%	2,79
9	8,02%	-12,45%	8,68%	-2,13%	2,78
10	-242,96	98,06	83,52	-138,81	2,15
11	61,75%	-62,38%	59,64%	-28,56%	9,69
12	5,69%	-11,39%	7,26%	-2,14%	1,70

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ainda de acordo com as tabelas 50 e 51, o emprego de diferentes módulos de elasticidade durante a modelagem da estrutura na retroanálise propiciou uma redução para os valores aferidos para o subleito. Por fim, assim como nos outros *softwares*, o uso de um 1 MPa como entrada para os materiais, influenciou a obtenção de conjunto de módulo de elasticidade incoerente para os materiais, com os maiores os maiores erros de convergência entre as bacias deflectométricas.

Ao realizar novos procedimentos para uma bacia deflectométrica que apresentou valores incoerentes para as camadas granulares, observou-se que a variação do módulo de elasticidade, ocasionou valores ainda maiores, principalmente na base e no revestimento (Tabela 38). Com base nisso, nota-se que para a bacia deflectométricas que apresenta valores não condizente com as propriedades dos materiais, novas iterações variando os módulos não resultará em conjunto de módulos dentro dos indicados pelo DER-SP (2007) e FAA (2011).

Tabela 38 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A (Continua)

Bacia deflectométrica com outlier (MPa)									
	Rev.	Base	Sub-base	Subleito	RSME	Variação espacial (%)			
	2.415,65	10.917,22	50,57	318,73	1,87				
Novos módulos de elasticidade (MPa)									
Iteração	Rev.	Base	Sub-base	Subleito	RSME	Rev.	Base	Sub-base	Subleito
1	927,61	30.910,37	8.944,25	41,71	86,68%	-160,42%	64,68%	99,43%	-664,16%
2	4.129,85	7.054,71	20,96	1.8799,45	3,81%	41,51%	-54,75%	-141,27%	98,30%
3	2.862,07	9.162,27	40,98	387,95	2,23%	15,60%	-19,15%	-23,40%	17,84%
4	29.802,17	83,40	1.255,57	182,03	7,05	91,89%	-12990,19%	95,97%	-75,10%
5	1.657,58	1.5741,34	72,46	256,44	3,66	-45,73%	30,65%	30,21%	-24,29%
6	7.621,23	3.491,39	30,75	606,08	2,60	68,30%	-212,69%	-64,46%	47,41%
7	7.579,77	3.554,87	29,39	673,13	2,73	68,13%	-207,11%	-72,07%	52,65%

Tabela 38 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A (Conclusão)

Bacia deflectométrica com outlier (MPa)									
	Rev.	Base	Sub-base	Subleito	RSME				
	2.415,65	10.917,22	50,57	318,73	1,87	Variação espacial (%)			
Novos módulos de elasticidade (MPa)									
Iteração	Rev.	Base	Sub-base	Subleito	RSME	Rev.	Base	Sub-base	Subleito
8	3.734,27	6.790,75	31,92	553,89	2,82	35,31%	-60,77%	-58,43%	42,46%
9	67,40	31.869,86	1.822,93	188,79	7,02	3484,05%	65,74%	97,23%	-68,83%
10	6.466,76	21.787,11	2.153,54	73,49	35,8	62,65%	49,89%	97,65%	-333,71%
11	1.607,93	15.813,90	78,16	245,94	4,27	-50,23%	30,96%	35,30%	-29,60%
12	1.837,19	13.433,71	74,55	250,53	3,39	-31,49%	18,73%	32,17%	-27,22%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2.4.4 Software ELMOD

Verificou-se que, assim como o BackMedina e o BAKFAA, o ELMOD demonstrou sensibilidade à variação dos módulos de elasticidade inicial (tabelas 39 e 40). O uso de 1 MPa como módulo para qualquer um dos materiais mostrou-se o mais crítico, que exerceu maior influência dos resultados finais. No entanto, acredita-se que na prática é um valor incoerente. Em seguida, nota-se que alteração no módulo semente da camada de revestimento resultou no aumento ou na diminuição dos módulos das camadas granulares (base, sub-base e subleito). Ao adotar um valor de 500 MPa, houve um aumento médio de 18,52% e 21,97%, respectivamente, na sub-base e no subleito.

Tabela 39 – Variação percentual média dos módulos de elasticidade retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A

Iteração	Revestimento (%)	Base (%)	Sub-base (%)	Subleito (%)	RMSE μm (%)
1	-1281,23%	99,67%	93,97%	96,83%	192,00%
2	-1,91%	2,65%	18,52%	21,97%	1,00%
3	11,79%	-21,81%	-15,87%	0,48%	1,00%
4	79,76%	-8117,65%	53,78%	54,73%	21,00%
5	0,64%	-1,09%	-20,00%	-5,40%	1,00%
6	1,86%	-3,79%	5,75%	-5,64%	1,00%
7	-17,13%	79,43%	-1580,00%	-164,10%	14,00%
8	-8,73%	14,24%	-59,24%	46,63%	2,00%
9	15,88%	-10,52%	17,23%	-42,07%	1,00%
10	18,13%	-118,97%	84,04%	-442,11%	4,00%
11	8,02%	-22,87%	41,51%	-82,30%	2,00%
12	-7,12%	13,28%	-58,49%	46,63%	2,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 40 – Variação percentual média dos módulos elasticidade retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD B

Iteração	Revestimento (%)	Base (%)	Sub-base (%)	Subleito (%)	RMSE μm (%)
1	-798,10%	99,71%	93,40%	96,79%	186,00%
2	-0,39%	0,66%	1,33%	2,86%	1,00%
3	12,01%	-5,03%	-13,63%	16,28%	1,00%
4	88,04%	-7052,63%	30,65%	37,21%	32,00%
5	-2,42%	-6,34%	-20,32%	23,67%	1,00%
6	-2,61%	-4,63%	-6,66%	6,09%	1,00%
7	-72,49%	87,23%	-1800,00%	-129,79%	7,00%
8	-8,57%	15,96%	-57,12%	46,40%	2,00%
9	6,37%	-17,26%	35,47%	-68,75%	2,00%
10	16,88%	-87,97%	80,98%	-440,00%	4,00%
11	5,79%	-14,78%	35,26%	-71,43%	2,00%
12	-8,72%	16,01%	-54,44%	45,86%	2,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ainda de acordo com as tabelas 39 e 40, percebe-se que os módulos iniciais escolhidos para a camada de base influenciaram os resultados estimados para a sub-base e o subleito, enquanto que para o revestimento, esse efeito foi menos evidente. Em relação à variação da camada de sub-base, foi observado um efeito significativo estatístico sobre o módulo de elasticidade de todos os materiais, principalmente no subleito, que houve uma diminuição média de 68,75%. Essa redução resultou da compensação modular, decorrente do aumento expressivo na sub-base. Resultados similares também foram observados no estudo de Rocha *et al.* (2022). Por sua vez, a alteração no módulo do subleito mostrou a mesma tendência dos demais materiais. Na camada que teve um valor de entrada elevado, observou-se um aumento no próprio módulo de elasticidade, enquanto que nas camadas inferiores houve uma redução.

Avaliando a influência da variação do valor de módulo de elasticidade em uma bacia que apresentou um módulo de elasticidade acima do limite recomendado pela FAA (2011), constatou-se que no ELMOD, alguma das iterações resultaram uma diminuição do valor considerado como *outliers*. Notou-se que a substituição de 3.500 MPa por 500 MPa para a camada de revestimento reduziu o valor da base para 2.457 MPa, uma diminuição de 77,30% (Tabela 41). Nessa iteração, o erro relativo entre as bacias foi de 2,00 μm (%), um valor inferior ao limite adotado de 5,00 μm (%). Assim, verificou-se que, similarmente ao BAKFAA, o ELMOD demonstrou uma sensibilidade maior a possíveis desvios no módulo de elasticidade de entrada. Isso reforça a importância do uso simultâneo de dados de laboratório para garantir uma maior confiabilidade dos resultados da retroanálise. Além disso, o uso arbitrário de módulos de elasticidade pode influenciar na precisão dos valores finais.

Tabela 41 – Variação percentual média dos módulos retroanalizados conforme os módulos sementes empregados – PPD A

Bacia deflectométrica com outlier (MPa)									
					Variação espacial (%)				
Novos módulos de elasticidade (MPa)									
Iteração	Rev.	Base	Sub-base	Subleito	RSME	Rev.	Base	Sub-base	Subleito
	5.656,00	10.840,00	359	220,00					
1	490,00	51,4863,00	11,032,00	7,348,00	191,00%	1.054,29%	374,70%	96,75%	97,01%
2	6.489,00	2,457,00	277,00	107,00	3,00%	-26,00%	-77,30%	-29,60%	-105,61%
3	5.797,00	8.923,00	384,00	195,00	2,00%	2,43%	-17,67	6,51%	-12,82%
4	13.491,00	14,00	490,00	170,00	36,00	50,78%	-99,67%	26,73%	-29,41%
5	7.396,00	5.734,00	407,00	277,00	3,00	23,53%	-47,09%	11,79%	20,58%
6	5.265,00	12.142,00	404,00	173,00	2,00	-7,43%	10,72%	11,14%	-27,17%
7	4.861,00	22.251,00	23,00	227,00	2,00	-16,35%	105,10%	1460,87%	3,08%
8	5.151,00	9.794,00	203,00	314,00	2,00	-10,68%	-9,64%	-76,85%	29,94%
9	6.365,00	11.552,00	508,00	168,00	2,00	11,14%	6,56%	29,33%	-30,95%
10	6.125,00	10.279,00	2146,00	36,00	1,00	-7,66%	-5,17%	83,27%	-511,11%
11	5.832,00	9.326,00	601,00	116,00	2,00	3,02%	5,21%	40,27%	-89,66%
12	5.375,00	10.380,00	195,00	331,00	2,00	-5,23%	14,84%	-84,10%	33,53%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2.5. Percepção acerca do uso processo de retroanálise e dos softwares empregados

Percebeu-se que os *softwares* podem estimar valores distintos para os módulos de elasticidade, especialmente em casos de bacias deflectométricas com anomalias ou que se aproximam de uma curva linear. Apesar das análises estatísticas indicarem diferenças significativas entre os resultados dos *softwares* empregados (BackCAP, BAKFAA, BAKFAA e ELMOD), elas tendem a apresentar valores próximos. Contudo, é necessário ter conhecimento dos materiais do pavimento para avaliar os resultados, a fim determinar se um conjunto de módulo condiz com as características de rigidez esperadas.

Uma vez que o objetivo principal do procedimento de retroanálise é determinar o melhor conjunto de valores de módulo que forneça uma bacia deflectométrica correspondente à medida pelo equipamento, verificar que a métrica usada, como erro relativo, é importante, mas não é o que vai decidir rejeitar ou aceitar os dados resultantes. À medida que mesmo com valores inferiores a 2 μm (%), não é possível assegurar que os valores calculados sejam coerentes ou representativos para o material do ponto de vista de engenharia, como no caso do BackMedina para algumas bacias deflectométricas que previu valores extremos em relação aos habituais.

Percebeu-se que a retroanálise vai muito além de simplesmente realizar o ensaio deflectométrico e inserir os valores em um *software* específico para o cálculo estrutural reverso. É necessário dispor de informações que por vezes são difíceis de obter, como o número de

camadas que compõem a estrutura, o tipo de material e suas respectivas espessuras. A obtenção desses dados foi desafiadora, dado que o operador do aeródromo não dispunha dessas informações e precisaram neste trabalho recorrer a relatórios técnicos e sondagens. Além disso, em muitos casos, negligencia-se a necessidade de realizar ensaios destrutivos para maior acurácia e comparação com os dados disponibilizados. Essas incertezas dos parâmetros de entrada podem impactar no modelo estrutural assumindo e, conseqüentemente, os resultados da retroanálise, independentemente do *software* empregado.

De forma geral, notou-se que a retroanálise é um procedimento que apresenta limitações, pois além das hipóteses e suposições assumidas nos modelos construtivos dos materiais da estrutura, ainda há influência das variáveis de entrada, dados que estão sujeitos a arbitrariedades. Dependendo dos dados adotados, o processo pode gerar valores de módulos diferentes.

4.3 Cálculo do PCR com base nos módulos de elasticidade retroanalizados

Com base nas bacias deflectométricas normalizadas para a carga de 200 KN, medidas nas PPD A e B, segmentou-se as pistas em trechos homogêneos baseados no comportamento estrutural, identificados por meio do método das diferenças acumuladas desenvolvido pela AASHTO (1993), que usa a deflexão máxima (D_0) medida pelo HWD (tabelas 42 e 43). Para cada um desses segmentos homogêneos foi calculado o módulo de elasticidade característico dos materiais que compõem a estrutura das PPD mensurados pelos *softwares* (BackMedina, BackCAP, BAKFAA e ELMOD) empregados no processo de retroanálise (Apêndices AO a AR). Assim, com os módulos de elasticidade retroanalizados e o *mix* de aeronave em operação utilizou-se o *software* FAARFIELD v.2.0.18 para determinação dos parâmetros de *Pavement Classification Rating* – PCR e vida útil residual das PPD.

Tabela 42 – Resumo dos Segmentos Homogêneos (SH) da PPD A

<i>Offset</i>							
-3m		-6m		+3m		+6m	
SH	Extensão (m)	SH	Extensão (m)	SH	Extensão (m)	SH	Extensão (m)
1	0 - 563	1	0 - 575	1	0 - 1.575	1	0 - 588
2	589 - 1013	2	600 - 1000	2	1.600 - 2.100	2	613 - 1013
3	1038 - 1613	3	1025 - 1625	3	2.125 - 2.225	3	1038 - 1613
4	1638 - 2100	4	1650 - 2100	4	2.250 - 2.950	4	1638 - 2100
5	2113 - 2213	5	2125 - 2950			5	2113 - 2213
6	2238 - 2963					6	2238 - 2963

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 43 – Resumo dos Segmentos Homogêneos (SH) da PPD B

<i>Offset</i>							
-3m		-6m		+3m		+6m	
SH	Extensão (m)	SH	Extensão (m)	SH	Extensão (m)	SH	Extensão (m)
1	0 – 425	1	0 – 500	1	0 – 725	1	0 – 420
2	425 – 785	2	500 – 675	2	725 – 1.625	2	420 – 660
3	785 – 1.585	3	675 – 963	3	1.625 – 1.945	3	660 – 1.000
4	1.585 – 2.285	4	963 – 1.221	4	1.945 – 2.545	4	1.000 – 1.320
5	2.285 – 2.545	5	1.221 – 1.501			5	1.320 – 1.660
		6	1.501 – 1.620			6	1.660 – 1.860
		7	1.620 – 1.700			7	1.860 – 2.180
		8	1.700 – 2.580			8	2.180 – 2.581

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.3.1 *Análise da admissibilidade de operações das aeronaves*

A partir dos resultados obtidos no FAARFIELD v.2.0.18 para as PPD A e B, constatou-se que, para os dados de elasticidades estimados para as estruturas existentes e os esforços provenientes do *mix* de aeronaves operantes, foram atribuídos valores de SUB CDF igual a 0,00 durante a vida do projeto (20 anos) e, conseqüentemente, uma vida residual remanescente muito superior à realidade (praticamente infinita). Isso significa que as cargas das aeronaves que utilizam frequentemente as pistas não causarão danos consideráveis no topo do subleito (deformações permanentes no material), estando o pavimento superdimensionado.

Considerando essa situação, Castro (2021), ANAC (2022a) e Alves (2022) discorrem que é comum encontrar no Brasil PPD superdimensionadas para o *mix* de aeronaves. Os autores afirmam ainda que esses pavimentos foram projetados há várias décadas por meio de métodos empíricos, sendo adotado um fator de segurança que impactava diretamente no dimensionamento, resultando em camadas com espessuras maiores que as necessárias. Na PPD A, a camada de sub-base do Trecho 1B possui uma estrutura de 74 cm e módulos de elasticidade retroanalizados que variam entre 277,21 MPa e 662,99 MPa. Na PPD B, por sua vez, a sub-base tem uma espessura de 28 cm e os resultados dos procedimentos de retroanálise, com módulos entre 139,73 MPa e 1.309,15 MPa. Essa robustez das estruturas em paralelo com um subleito, considerado de classe A em ambos os cenários, evita que as tensões verticais oriundas dos repetidos esforços dos trens de pouso das aeronaves causem deformações permanentes e fadiga no material (critérios de danos adotados no Método ACR/PCR).

Tais circunstâncias resultaram em PCR elevados para todos os conjuntos de módulo de elasticidade característicos, variando entre 1.869 e 6.933 para o PPD A e 1.960 a 8.569 para a estrutura da PPD B (tabelas 44 e 45). Esses valores são superiores ao ACR de qualquer aeronave do *mix*, por exemplo o Airbus A321-200 que é 462 (o mais crítico para o pavimento

da PPD A) e o Airbus A330-200 que é igual a 572,4 (PPD B). Comparando ao maior e ao menor PCR obtido na PPD A, temos valores 1.500,64% e 404,54% superiores, respectivamente, o que não é razoável para ser reportado pelo operador do aeródromo, segundo ANAC (2022a).

Tabela 44 - Valores de PCR obtidos em cada segmento homogêneo da PPD A com base nos módulos de elasticidade retroanalizados

<i>Offset -3m</i>					<i>Offset -6m</i>				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	4.547	6.123	5.684	4.825	1	4.850	5.313	6.317	4.654
2	6.341	5.859	6.103	6.076	2	5.480	5.944	6.933	5.797
3	3.323	3.849	4.025	2.844	3	3.898	5.676	6.108	5.589
4	2.861	3.077	3.892	2.375	4	3.044	3.684	3.524	2.302
5	3.162	2.573	2.218	2.328	5	2.643	2.989	3.018	2.024
6	2.322	3.191	3.045	2.226					

<i>Offset +3m</i>					<i>Offset +6m</i>				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	4.876	6.671	6.505	5.648	1	4.687	3.627	5.071	3.802
2	3.196	4.671	6.324	4.315	2	5.104	3.924	5.673	4.795
3	4.504	2.127	3.357	2.421	3	4.692	4.643	3.468	4.392
4	2.376	2.390	2.596	1.988	4	3.720	3.833	4.093	3.503
					5	3.526	3.366	3.515	2.665
					6	2.607	3.193	3.281	3.492

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 45 - Valores de PCR obtidos em cada segmento da PPD B com base nos módulos de elasticidade retroanalizados

<i>Offset -3m</i>					<i>Offset -6m</i>				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	5.791	8.271	6.348	7.099	1	5.366	8.569	5.183	5.386
2	4.893	5.315	4.864	5.112	2	3.509	4.349	4.141	4.251
3	2.987	4.546	2.608	4.109	3	3.959	4.462	3.721	3.929
4	2.138	2.681	2.600	4.262	4	4.220	4.557	4.340	4.458
5	5.195	6.474	5.780	5.588	5	3.680	4.122	1.960	3.878
					6	3.530	4.262	3.257	3.819
					7	4.346	4.012	4.128	3.672
					8	5.202	4.674	3.633	4.032

<i>Offset +3m</i>					<i>Offset +6m</i>				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	5.008	7.907	6.571	6.773	1	3.445	8.418	2.888	6.530
2	2.079	4.491	4.131	3.606	2	3.068	4.546	4.092	4.163
3	3.992	4.600	3.505	3.198	3	4.027	4.535	3.702	3.449
4	3769	4.811	4.534	4.849	4	4.048	4.367	4.209	4.126
					5	3.507	4.212	3.626	3.636
					6	2.933	3.577	3.218	2.712
					7	4.430	5.318	5.074	4.397
					8	4.940	4.548	4.761	4.853

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Diante disso, para que o SUB-CDF determinado seja próximo a 1,00, conforme recomendado pela FAA (2022) e ANAC (2022a), e o PCR seja considerado racional, foram realizados alguns ajustes como o acréscimo no número de partidas anuais da aeronave mais exigente e elevação do peso bruto de taxiamento. Mesmo seguindo os procedimentos, os novos

valores de PCR foram altos e os CDF atribuídos foram iguais a zero ou próximos a isso. Nesse caso, FAA (2020) e ANAC (2022a) orientam a adoção de uma alternativa conservadora, assumindo que o PCR é equivalente a 1,25x do maior ACR entre o *mix* de aeronaves empregado na análise. Assim os valores, respectivamente, de PCR a ser reportados e publicados para as PPD A e B seriam 580/F/A/X/T e 720/F/A/X/T.

Além disso, essa solução para contornar o superdimensionamento das PPD avaliadas despreza a metodologia empírico-mecanicistas do Método ACR/PCR, que se baseia no sistema de camadas elásticas que utiliza os dados reais dos materiais do pavimento, como as espessuras das camadas e os módulos de elasticidade obtidos para cada material. Também é válido ressaltar que esse procedimento de determinação do PCR a partir do ACR da aeronave crítica (que possui o maior CDF), dificulta uma avaliação estrutural com maior acurácia do pavimento. Apesar de possuir uma estrutura com camadas robustas, os materiais asfálticos são suscetíveis ao dano de fadiga e suas trincas decorrentes, ocasionados pelo ciclo repetitivo do trem de pouso dos veículos que realizam movimentações de decolagem e pouso.

Na Tabela 46, verifica-se que o *software* de retroanálise influenciou na vida remanescente do revestimento, variando conforme o *software* que estimou o módulo de elasticidade. Com a análise desse parâmetro, é possível observar que a utilização de dados obtidos no BackCAP e no ELMOD resultaram em um maior HMA CDF, ou seja, a camada asfáltica deteriora mais rapidamente ao ser submetida aos carregamentos provenientes do trem de pouso das aeronaves.

Tabela 46 - Valores de HMA CDF obtidos em cada segmento da PPD A com base nos módulos de elasticidade retroanalizados

<i>Offset -3m</i>					<i>Offset -6m</i>				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	0,01	0,01	0,01	0,02	1	0,02	0,02	0,01	0,03
2	0,00	0,00	0,00	0,01	2	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,42	0,20	0,15	0,45	3	0,56	0,03	0,01	0,10
4	0,32	0,18	0,01	0,30	4	0,16	0,08	0,05	0,16
5	0,12	0,38	0,19	0,20	5	0,23	0,32	0,04	0,32
6	0,15	0,23	0,08	0,25					
<i>Offset +3m</i>					<i>Offset +6m</i>				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,05	0,08	0,02	0,14
2	0,04	0,00	0,00	0,07	2	0,00	0,03	0,00	0,05
3	0,00	0,15	0,01	0,11	3	0,08	0,15	0,37	0,21
4	0,00	0,29	0,11	0,60	4	0,34	0,31	0,35	0,50
					5	0,03	0,32	0,31	0,44
					6	0,12	0,52	0,10	0,06

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Por outro lado, de acordo com a Tabela 47, para todas as iterações resultantes dos diferentes *softwares* de retroanálise propostos, notou-se que o HMA CDF da PPD B foi zero ou próximo disso. Isso significa que o revestimento não sofre com os danos oriundos dos esforços das aeronaves e, conseqüentemente, com deformações e trincas por fadiga, possuindo uma vida remanescente quase infinita. Entretanto, tais estimativas são irrealistas, uma vez que, além das degradações advindas do tráfego existente, também é suscetível às intempéries climáticas e manutenções. Acredita-se que, dada as espessuras das camadas de revestimentos (30 cm a 38 cm) e o número de operações, não fica evidente a influência dos módulos de elasticidade retroanalizados na avaliação da vida útil remanescente.

Tabela 47 - Valores de HMA CDF obtidos em cada segmento da PPD B com base nos módulos de elasticidade retroanalizados

<i>Offset -3m</i>					<i>Offset -6m</i>				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	0,00	0,00	0,02	0,00	1	0,02	0,00	0,01	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	2	0,03	0,00	0,01	0,00
3	0,00	0,00	0,02	0,00	3	0,00	0,00	0,02	0,01
4	0,03	0,01	0,02	0,00	4	0,1	0,00	0,01	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,01	0,00	0,03	0,01
					6	0,02	0,01	0,11	0,01
					7	0,01	0,01	0,01	0,02
					8	0,09	0,01	0,08	0,01
<i>Offset +-3m</i>					<i>Offset +6m</i>				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	0,01	0,00	0,01	0,00	1	0,00	0,00	0,01	0,00
2	0,03	0,00	0,00	0,01	2	0,00	0,00	0,01	0,00
3	0,01	0,01	0,04	0,01	3	0,01	0,00	0,02	0,01
4	0,02	0,01	0,02	0,01	4	0,00	0,00	0,01	0,00
					5	0,04	0,01	0,04	0,02
					6	0,40	0,09	0,34	0,09
					7	0,01	0,00	0,00	0,00
					8	0,00	0,05	0,05	0,02

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Acredita-se que esses valores elevados de PCR e de baixos CDF sejam em decorrência das espessuras robustas e do subleito que se enquadra na categoria “A” do Método ACR/PCR. Isso resultou em valores que não possuem significado prático, conforme as orientações da ANAC (2022a). Em razão dessas situações, foram necessárias alterações nas estruturas das PPD A e B para que os resultados obtidos no FAARFIELD v.2.0.18 fossem considerados válidos e coerentes para os objetivos desta pesquisa (Apêndices AS a AV).

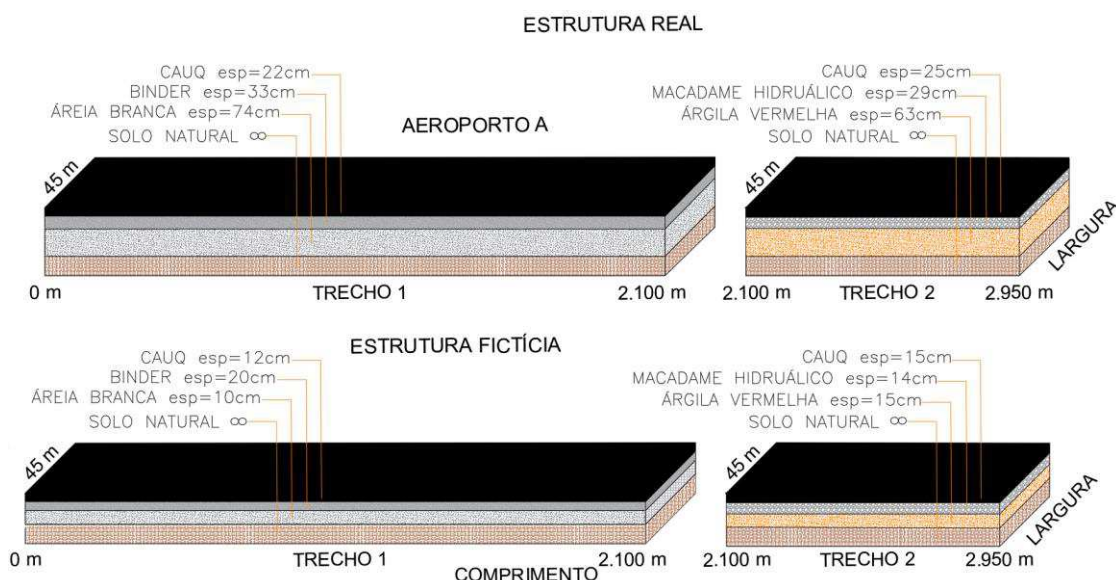
Como descrito anteriormente neste trabalho, os módulos de elasticidade calculados para o subleito da PPD B chegaram a 500 MPa, 500% acima do valor usual recomendado pela FAA (2011) e integram a categoria “A” (subleito ≥ 150 MPa) do Método ACR/PCR. Também

é relevante ressaltar que, o *software* FAARFIELD v.2.0.18 somente possibilita inserir valores de até 344 MPa para esse tipo de material. Devido a isso, durante as iterações realizadas, verificou-se que além da robustez das estruturas dos trechos 1 e 2, os valores de módulos de elasticidade estimados pelos processos de retroanálise também contribuíram para que o PCR fosse elevado. Como solução para um valor aceitável, empregou-se a estratégia utilizada por CASTRO (2021) e proposto por FAA (2014) no Método ACN/PCN: reduzir a rigidez do subleito e das camadas, conforme mostram os Apêndices AU e AV.

Como pode ser visto nos Apêndices AS a AV, foi necessário reduzir a resistência do subleito, uma vez que a maioria dos módulos de elasticidade do subleito foram superiores a 150 MPa e do valor limite de 344 MPa aceito pelo *software* FAARFIELD v.2.0.18, bem como também reduzir as camadas asfálticas e granulares, respeitando a espessura mínima orientada pela FAA (2016). Alterações na estrutura existente e adoção de uma estrutura fictícia para o cálculo do PCR também foram observadas em estudos realizados por Castro (2021) e Alves (2022) para esse propósito.

As figuras 47 e 48 apresentam as estruturas fictícias resultantes das variadas iterações necessárias para que os valores de PCR estivessem dentro de um intervalo válido e aceito pelas autoridades da ICAO e da ANAC. Esses pavimentos modificados das PPD dos aeródromos estudados resultaram em um índice de classificação do pavimento coerente com os ACR das aeronaves que trafegam. É importante ressaltar que essas estruturas não visam a substituição das existentes.

Figura 47 – Estrutura fictícia do estudo de caso da PPD A para o cálculo dos parâmetros estruturais PCR e vida remanescente



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 48 – Estrutura fictícia do estudo de caso da PPD B para o cálculo dos parâmetros estruturais PCR e vida remanescente



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A partir das estruturas modificadas e com os conjuntos de módulos de elasticidade retroanalizados foi calculado o índice de classificação do pavimento das PPD à luz do Método ACR/PCR (tabelas 48 e 49). Constatou-se que o parâmetro PCR foi maior para os dados provenientes dos *softwares* BAKFAA e BackMedina em comparação com os outros (BackCAP e ELMOD). Alguns desses valores aferidos são considerados altos, como para o BackMedina no SH 6 do *offset* +6m, que resultaria em uma notificação de 751 F/A/X/T (PPD A), sem significado prático a ser reportado pelos operadores das PPD. Oposto a isso, no mesmo segmento, os resultados do BackCAP resultaram em um índice de 454 (454 F/X/A/T), mais adequado para o *mix* de aeronaves e a estrutura de pavimento

Tabela 48-Valores de PCR obtidos em cada segmento na estrutura modificada da PPD A

Offset -3m					Offset -6m				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	619	794	680	544	1	580	643	811	535
2	606	854	885	848	2	817	919	1.060	807
3	688	542	606	388	3	428	861	912	751
4	449	603	729	441	4	509	653	601	378
5	572	510	435	415	5	506	594	561	397
6	448	511	537	435					
Offset +3m					Offset +6m				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	708	887	622	603	1	561	485	595	440
2	454	564	800	475	2	583	548	813	609
3	532	373	494	383	3	556	545	460	566
4	372	369	427	327	4	471	476	553	455
					5	527	499	490	358
					6	452	751	663	613

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 49 -Valores de PCR obtidos em cada segmento na estrutura modificada da PPD B

<i>Offset - 3m</i>					<i>Offset -6m</i>				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	582	648	523	530	1	400	589	408	433
2	616	862	760	710	2	544	559	538	507
3	535	695	505	491	3	476	662	513	448
4	753	767	796	502	4	542	750	700	665
5	715	1300	968	559	5	560	613	536	401
					6	522	560	506	411
					7	660	559	773	413
					8	617	584	710	412
<i>Offset +3m</i>					<i>Offset +6m</i>				
SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	513	525	461	490	1	566	630	435	519
2	499	453	556	385	2	519	528	475	470
3	493	801	495	378	3	528	598	466	414
4	570	745	726	515	4	584	602	610	505
					5	486	716	562	406
					6	416	607	509	326
					7	540	739	654	461
					8	567	672	885	583

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De modo geral, observa-se pelas tabelas 48 e 49, que os valores de PCR calculados ao empregar-se os módulos de elasticidade estimados nos *softwares* BackMedina e BAKFAA foram em quase sua totalidade (89,13%) superiores aos demais, BackCAP e ELMOD. Além disso, ao comparar os parâmetros aferidos a partir desses *softwares*, não foi possível identificar predominância de superioridade quanto aos valores. Vale acrescentar que os *softwares* BackMedina e BAKFAA apresentam uma tendência de maior proximidade entre os índices de classificação do pavimento calculados.

Ainda conforme os resultados das tabelas 48 e 49, sabendo que um PCR maior que o ACR atribuído à aeronave significa operações sem restrição, verifica-se que em alguns segmentos o índice de classificação do pavimento obtido com base nos módulos de elasticidade do BackCAP, do BackMedina e do BAKFAA possibilita operar modelos de aeronaves com porte maiores que os do *mix*, como é o caso dos Airbus A350-900 (ACR = 680,60), A330-200 (ACR = 576,60), Boeing B747-400 (ACR = 575,00) e até mesmo a maior aeronave de carga do mundo, o Antonov An-244 (com um ACR de 412,00). Por outro lado, os dados de módulos de elasticidade obtidos no ELMOD apresentam um resultado de PCR para o PPDA, o qual poderia restringir as operações de peso e movimentações de aeronaves de porte mediano, tais como os Boeing B737-700 (ACR = 321) e B737-400 (ACR = 319).

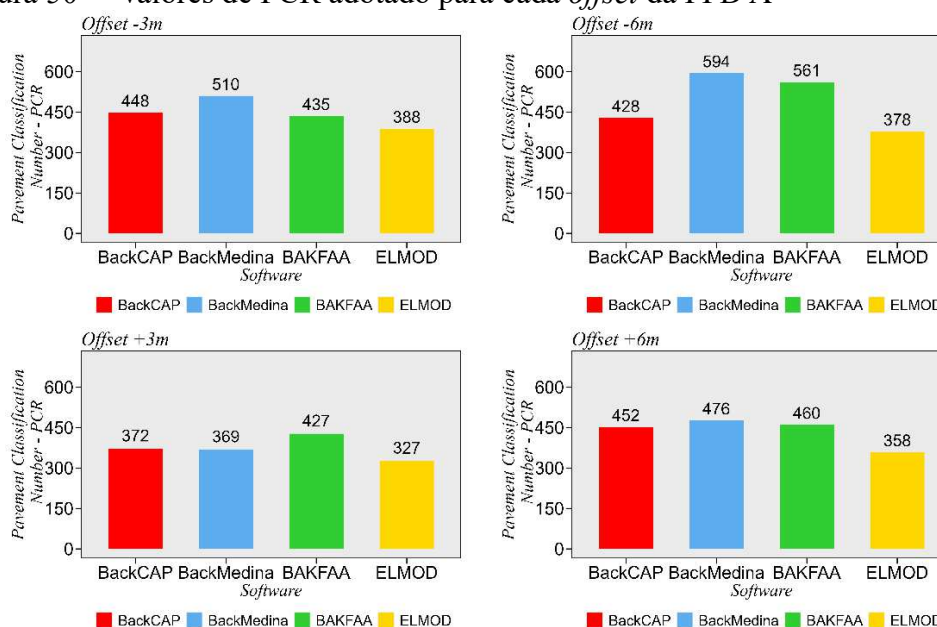
Essas diferenças de PCR podem ter sido influenciadas pelas diferenças nos módulos de elasticidade encontrados, principalmente do subleito. Isso ocorre porque o Método ACR/PCR adota a deformação permanente sofrida no topo desse material como um dos

critérios de ruptura para calcular a resistência estrutural de um pavimento. De modo complementar, observou-se que no segmento 5 do *offset* +6m, que vai de 1.930 m a 2.100 m, os maiores módulos de elasticidade foram do BackMedina e do BAKFAA, enquanto que para os outros *softwares* (BackCAP e ELMOD) os valores foram inferiores.

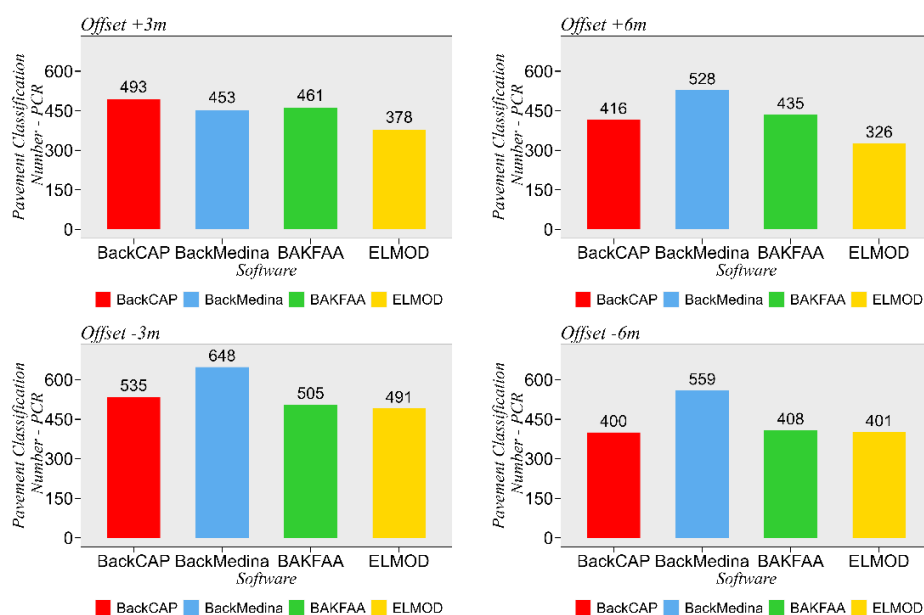
Todavia, o PCR calculado com os dados do BackCAP e do ELMOD seja inferior em alguns dos segmentos, nota-se pelas tabelas 48 e 49, que os seus valores são próximos aos demais *softwares*, como no segmento 1 do *offset* +3 da PPD B. É intrínseco ressaltar que valores elevados de PCR não garantem a adequabilidade do comportamento estrutural da PPD, uma vez que, embora não exista um limite de superioridade definido para o PCR, os índices de resistência calculados a partir dos dados das ferramentas BackMedina e BAKFAA resultaram em CDFs elevados e irrealistas para certos segmentos. Diante dessa situação, torna-se necessário que o analista ou operador do aeródromo adote uma solução empírica, utilizando o PCR como 1,25 vezes o maior valor do ACR no *mix*. Nessa circunstância, os dados resultantes da retroanálise no BackCAP e no ELMOD tendem a gerar PCR mais racional.

Como orienta a FAA (2022) e ANAC (2022a), em PPD que possuem diferentes segmentos homogêneos, deve-se calcular o PCR para cada uma delas, a fim de reportar a capacidade de suporte da pista como um todo, adota-se o menor valor de PCR. Conforme essas recomendações, as figuras 50 e 51 exibem os valores de índice de classificação do pavimento das PPD A e B, respectivamente. Verificando os resultados aferidos, constatou-se que os menores valores de PCR foram aferidos no Trecho 2A da PPD A.

Figura 50 – Valores de PCR adotado para cada *offset* da PPD A



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 51 – Valores de PCR adotado para cada *offset* da PPD B

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao analisar-se os resultados do PCR do pavimento da PPD A, constatou-se que o Airbus A321-200 é a aeronave mais crítica, ou seja, aquela que tem o ciclo repetitivo do trem de pouso que mais causa danos acumulados (tensões e deformações) à estrutura. Seu ACR para um subleito de categoria do tipo “A” é igual a 462,2, superior a todos os PCR que foram baseados nos módulos de elasticidade retroanalizados no ELMOD (tabelas 50 a 53). Esse valor também é maior que os aferidos para alguns dos segmentos dos *offsets* nos quais foram empregados dados de elasticidade calculados no BackCAP, no BackMedina e no BAKFAA.

Tabela 50 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do *mix* e do PCR da estrutura da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos *softwares* no *Offset* -3m

Aeronave	Operações anuais	ACR	PCR			
		Categoria A do subleito ($E \geq 150$ MPa)	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
Airbus A320-200	8.175	368,1	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-800	7.411	377,4	✓	✓	✓	✓
Airbus A321 - 200	2.452	462,2	⊖	✓	⊖	✗
Embraer 190	2.310	200,5	✓	✓	✓	✓
Embraer 195	1.857	208,8	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-700	1.518	321,1	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-400	850	318,8	✓	✓	✓	✓
Airbus A319-100	591	299,8	✓	✓	✓	✓

Legenda

✓ Operações permitidas

⊖ Operações permitidas com restrições

✗ Operações não permitidas

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 51 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do *mix* e do PCR da estrutura da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos *softwares* no *Offset -6m*

Aeronave	Operações anuais	ACR		PCR			
		Categoria A do subleito ($E \geq 150$ MPa)	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	
			428	594	561	378	
Airbus A320-200	8.175	368,1	✓	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-800	7.411	377,4	✓	✓	✓	✓	⊖
Airbus A321 - 200	2.452	462,2	⊖	✓	✓	✓	✗
Embraer 190	2.310	200,5	✓	✓	✓	✓	✓
Embraer 195	1.857	208,8	✓	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-700	1.518	321,1	✓	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-400	850	318,8	✓	✓	✓	✓	✓
Airbus A319-100	591	299,8	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Operações permitidas
 ⊖ Operações permitidas com restrições
 ✗ Operações não permitidas

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 52 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do *mix* e do PCR da estrutura da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos *softwares* no *Offset +3m*

Aeronave	Operações anuais	ACR		PCR			
		Categoria A do subleito ($E \geq 150$ MPa)	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	
			372	369	427	327	
Airbus A320-200	8.175	368,1	✓	✓	✓	✗	✗
Boeing 737-800	7.411	377,4	✓	⊖	✓	✓	✗
Airbus A321 - 200	2.452	462,2	✗	✗	⊖	✓	✗
Embraer 190	2.310	200,5	✓	✓	✓	✓	✓
Embraer 195	1.857	208,8	✓	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-700	1.518	321,1	✓	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-400	850	318,8	✓	✓	✓	✓	✓
Airbus A319-100	591	299,8	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Operações permitidas
 ⊖ Operações permitidas com restrições
 ✗ Operações não permitidas

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 53 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do *mix* e do PCR da estrutura da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos *softwares* no *Offset +6m* (Continua)

Aeronave	Operações anuais	ACR		PCR			
		Categoria A do subleito ($E \geq 150$ MPa)	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	
			452	476	460	358	
Airbus A320-200	8.175	368,1	✓	✓	✓	⊖	⊖
Boeing 737-800	7.411	377,4	✓	✓	✓	✓	⊖
Airbus A321 - 200	2.452	462,2	⊖	✓	⊖	✓	✗
Embraer 190	2.310	200,5	✓	✓	✓	✓	✓
Embraer 195	1.857	208,8	✓	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-700	1.518	321,1	✓	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-400	850	318,8	✓	✓	✓	✓	✓
Airbus A319-100	591	299,8	✓	✓	✓	✓	✓

Tabela 53 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do *mix* e do PCR da estrutura da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos *softwares* no *Offset +6m* (Conclusão)

Aeronave	Operações anuais	ACR		PCR		
		Categoria A do subleito ($E \geq 150$ MPa)	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
			452	476	460	358
Legenda		✓ Operações permitidas ⊖ Operações permitidas com restrições ✕ Operações não permitidas				

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Com base nos resultados das tabelas 50 a 53, verifica-se que a adoção de módulos de elasticidade a partir do BackMedina e empregado no cálculo do PCR resultou em critério de aceitabilidade para as operações das aeronaves em quase todos os segmentos e *offsets*. É importante destacar que a única exceção foi a da aeronave Airbus A321-200 no segmento 1 do *offset +3m*, que teve sua admissibilidade de operação não permitida. Isso significa, conforme o Método ACR/PCR, que suas movimentações nesse *offset* exigiram maior capacidade de resistência e que, com o decorrer do tempo, haveria fadiga e deformação permanente excessivas no pavimento, conseqüentemente diminuindo a sua vida remanescente.

Embora os valores de PCR calculados advindos dos dados do BackCAP e BAKFAA sejam inferiores nos *offsets +6m* e *-3m* em comparação ao ACR do Airbus A321 – 200, ainda é possível operar tal modelo na PPDA, pois seu ACR é menor em até 10% do PCR. Nessa circunstância, conforme FAA (2020) e ANAC (2022a), a aeronave deve operar com restrição de peso e as movimentações não podem superar 5% da movimentação total anual, o qual supõe-se que 95% seja referente às operações irrestritas ($ACR \leq PCR$) para que a magnitude de carga do trem de pouso não cause danos consideráveis no pavimento.

Por outro lado, além do Airbus A321-200 (aeronave crítica do *mix*), os parâmetros PCR calculados a partir dos módulos mensurados pelo ELMOD também impuseram restrições a outras aeronaves, como por exemplo o Boeing 737-800 e o Airbus A320-200, que tiveram sua admissibilidade de operações não permitida no *offset +3m*. Ressalta-se que essas aeronaves correspondem, respectivamente, a 24,4% e a 22,5% dos voos realizados anualmente na PPD A. Além desses, os modelos de médio porte como 737-800, 737-700 e do 737-400 sofrem restrição de carregamento e tráfego para evitar sobrecarga ao pavimento.

As tabelas 54 a 57, por sua vez, apresentam os resultados de admissibilidade das aeronaves do *mix* da PPD B. Verificou-se que o Airbus A330-200 é o modelo mais crítico que opera nesse aeródromo, que causa maior fator de dano acumulado (CDF), com um valor de ACR de 572. Ao analisar-se os valores de PCR aferidos para os segmentos com base nos

módulos de elasticidade retroanalizados, em apenas um deles as operações dessa aeronave poderiam ocorrer sem restrição, considerando a utilização dos dados obtidos no BackMedina no *offset* -3m. Nos outros *offsets*, o ACR mostrou-se superior a todos os valores de PCR, de modo que em nenhum dos índices mensurados em que se empregou os resultados dos *softwares* BAKFAA, BackCAP e ELMOD ocorreram admissibilidade de operações. Contudo, no *offset* +3m o valor oriundo do BackCAP possibilita operações desse modelo, não devendo exceder 5% das movimentações anuais.

Tabela 54 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do *mix* e do PCR da estrutura da PPD B, com base nos módulos de elasticidade dos *softwares* no *Offset* -3m

Aeronave	Operações anuais	ACR		PCR			
		Categoria A do subleito ($E \geq 150$ MPa)	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	
			493	648	505	491	
Boeing 737-800	6.701	377,4	✓	✓	✓	✓	
Airbus A320-200	5.775	368,1	✓	✓	✓	✓	
Airbus A321-200	4.459	436,9	✓	✓	✓	✓	
Embraer E190	2.034	200,5	✓	✓	✓	✓	
Boeing 737-700	1.248	321,1	✓	✓	✓	✓	
Airbus A330-200	996	572,4	✗	✓	✗	✗	
Boeing 737-400	394	318,8	✓	✓	✓	✓	
Airbus A319-100	202	280,9	✓	✓	✓	✓	
Embraer E195	140	208,8	✓	✓	✓	✓	

✓ Operações permitidas
 ⊖ Operações permitidas com restrições
 ✗ Operações não permitidas

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 55 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do *mix* e do PCR da estrutura da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos *softwares* no *Offset* -6m

Aeronave	Operações anuais	ACR		PCR			
		Categoria A do subleito ($E \geq 150$ MPa)	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	
			418	559	406	401	
Boeing 737-800	6.701	377,4	✓	✓	✓	✓	
Airbus A320-200	5.775	368,1	✓	✓	✓	✓	
Airbus A321-200	4.459	436,9	⊖	✓	⊖	⊖	
Embraer E190	2.034	200,5	✓	✓	✓	✓	
Boeing 737-700	1.248	321,1	✓	✓	✓	✓	
Airbus A330-200	996	572,4	✗	⊖	✗	✗	
Boeing 737-400	394	318,8	✓	✓	✓	✓	
Airbus A319-100	202	280,9	✓	✓	✓	✓	
Embraer E195	140	208,8	✓	✓	✓	✓	

✓ Operações permitidas
 ⊖ Operações permitidas com restrições
 ✗ Operações não permitidas

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 56 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do *mix* e do PCR da estrutura da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos *softwares* no *Offset* +3m

Aeronave	Operações anuais	ACR		PCR			
		Categoria A do subleito ($E \geq 150$ MPa)	BackCAP 535	BackMedina 453	BAKFAA 461	ELMOD 378	
Boeing 737-800	6.701	377,4	✓	✓	✓	✓	
Airbus A320-200	5.775	368,1	✓	✓	✓	✓	
Airbus A321-200	4.459	436,9	✓	✓	✓	✗	
Embraer E190	2.034	200,5	✓	✓	✓	✓	
Boeing 737-700	1.248	321,1	✓	✓	✓	✓	
Airbus A330-200	996	572,4	⊖	✗	✗	✗	
Boeing 737-400	394	318,8	✓	✓	✓	✓	
Airbus A319-100	202	280,9	✓	✓	✓	✓	
Embraer E195	140	208,8	✓	✓	✓	✓	

✓ Operações permitidas
 ⊖ Operações permitidas com restrições
 ✗ Operações não permitidas

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 57 – Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do *mix* e do PCR da estrutura da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos *softwares* no *Offset* +6m

Aeronave	Operações anuais	ACR		PCR			
		Categoria A do subleito ($E \geq 150$ MPa)	BackCAP 400	BackMedina 528	BAKFAA 435	ELMOD 326	
Boeing 737-800	6.701	377,4	✓	✓	✓	⊖	
Airbus A320-200	5.775	368,1	✓	✓	✓	✓	
Airbus A321-200	4.459	436,9	⊖	✓	⊖	✗	
Embraer E190	2.034	200,5	✓	✓	✓	✓	
Boeing 737-700	1.248	321,1	✓	✓	✓	✓	
Airbus A330-200	996	572,4	✗	⊖	✗	✗	
Boeing 737-400	394	318,8	✓	✓	✓	✓	
Airbus A319-100	202	280,9	✓	✓	✓	✓	
Embraer E195	140	208,8	✓	✓	✓	✓	

✓ Operações permitidas
 ⊖ Operações permitidas com restrições
 ✗ Operações não permitidas

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Uma vez mais, os resultados mostraram que os PCR calculados a partir das características elásticas obtidas no BackMedina geraram maior admissibilidade de movimentações de aeronaves. Como exemplo, o Airbus A321-200, que é a segunda mais crítica do *mix*, como as demais (com exceção do A330-200) não apresentam qualquer restrição de peso ou de tráfego de operações.

Assim como nas análises anteriores (PPD A), os resultados de PCR obtidos a partir do BAKFA e do BackCAP apresentam valores superiores àqueles oriundos do ELMOD. Mesmo assim, caso o operador do aeródromo B utilizasse alguns dos *softwares* (BAKFAA, BackCAP

e ELMOD) para estimar os módulos de elasticidade e, posteriormente, avaliasse a capacidade de suporte da PPD à luz do Método ACR/PCR, algumas aeronaves como o Boeing 737-800, Airbus A320-200 e o Airbus A321-200 teriam suas operações restringidas ou não permitidas. Isso não desqualifica o uso dos demais *softwares*, pois observou-se uma variabilidade nos valores de PCR para os segmentos de ambas as PPD, assim como nos módulos de elasticidade empregados. Além disso, há também uma subjetividade na avaliação do analista para determinar se os módulos de elasticidade coincidem com as características dos materiais, ou se é necessário descartar um determinado conjunto de módulos de elasticidade.

4.3.2 Análise da vida de serviço remanescente

Além da mensuração do parâmetro PCR, o Método ACR/PCR também calcula o fator de dano acumulado (*Cumulative Damage Factor* - CDF) da camada de revestimento (HMA CDF) e do subleito (SUB CDF), os quais retratam a vida útil remanescente da estrutura. Com base nisso, foi calculada a vida em serviço para o pavimento operando o *mix* atual sem considerar restrições de sobrecarga.

Assim, são apresentados nas tabelas 56 e 57 a vida em serviço remanescente das PPD A e B em relação ao subleito. Observa-se que os módulos retroanalizados pelo BackMedina que foram empregados no Método ACR/PCR retornaram um SUB CDF abaixo de 1,00 e próximo a 0,00 para quase todos os *offsets*, com exceção do +6m do Aeródromo A. Por sua vez, na configuração em que foram usados dados do BAKFAA, 62,5% dos valores foram inferiores a 1,00. Em consequência a isso, o modo *life* do FAARFIELD v2.0.18 estimou uma vida de serviço teórica muito superior a 20 anos ou até mesmo infinita.

Tabela 56 – Valores de SUB CDF e vida de serviço remanescente da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos *softwares*

<i>Offset</i>	SUB CDF			
	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
-3m	3,06	0,07	1,49	6,61
-6m	0,95	0,00	0,00	9,35
+3m	0,27	34,56	3,31	160,81
+6m	0,70	0,25	0,60	19,96
Vida de serviço - <i>Life</i> (anos)				
-3m	20,9	125,60	14,30	3,70
-6m	0,50	Infinito	651,10	2,70
+3m	53,40	0,70	7,10	0,20
+6m	26,6	56,30	30,00	1,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 57 – Valores de SUB CDF e vida de serviço remanescente da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos *softwares*

<i>Offset</i>	SUB CDF			
	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
-3m	1,31	0,01	0,10	8,65
-6m	1,62	0,01	51,72	4,38
+3m	2,87	0,77	0,00	12,90
+6m	2,61	0,02	0,81	57,85
Vida de serviço - <i>Life</i> (anos)				
-3m	16,0	387,20	99,70	3,00
-6m	13,5	444,80	0,50	8,10
+3m	6,96	24,60	Infinito	1,60
+6m	8,80	193,30	22,7	0,40

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ainda com base nas tabelas 56 e 57, notou-se que os SUB CDF oriundos dos *softwares* BackCAP e ELMOD são maiores ou próximos a 1,00 para todos os *offsets* de ambos as PPD estudados. Se a análise de vida útil das estruturas for gerida por essas ferramentas, o subleito teria sua vida útil finalizada antes do período de projeto previsto de 20 anos, e, em alguns *offsets*, não chegaria a 1 ano de operação, principalmente quando se usa ELMOD. Isso significa, que os módulos de elasticidade usados originam uma estrutura que sofre um processo de fadiga precoce no subleito, deformando-se em razão dos esforços das aeronaves em poucos meses após o início do tráfego.

É importante discernir, que alguns dos resultados de SUB CDF e de vida útil do subleito (tabelas 56 e 57), podem ser considerados irracionais, visto que, em alguns *offsets*, como o -6m da PPD A, foi estimado uma vida útil residual virtualmente infinita para dados do BackMedina. Acredita-se que essas diferenças entre a vida remanescente do subleito sejam causadas pela superioridade de módulos de elasticidade para esse material por parte do BackMedina e do BAKFAA em alguns dos pontos ensaiados.

Acrescenta-se, ainda, que os dados do BackCAP resultaram em um SUB CDF com menor variabilidade, aproximando-se de 1,00, o que reflete uma vida de serviço mais semelhante àquela inserida no FAARFIELD v.2.0.18. Além disso, observa-se a ausência de um padrão consistente entre as ferramentas de retroanálise, com valores próximos a 0 em determinados segmentos e valores consideravelmente mais elevados em outros, com exceção do BackCAP.

Em relação ao HMD CDF, vida remanescente útil associada a camada de revestimento, conforme as tabelas 58 e 59, percebeu-se uma variação entre as PPD A e B. No Aeródromo A os valores foram acima de 1,00 para quase todos *offsets*, independente do

software de retroanálise e, portanto, a camada asfáltica não duraria os 20 anos previstos. É importante notar que, apesar do SUB CDF dos dados do BackMedina serem inferiores a 1,00, o seu HMA CDF foi superior a 1,00, retratando que ao contrário do subleito, a camada de revestimento não resistirá aos repetidos esforços das aeronaves, deteriorando antes. Nesse parâmetro, os módulos do BAKFAA e do ELMOD apresentaram os menores HMA CDF, significando que a estrutura sofreria menor dano por fadiga e, portanto, resultaria em uma vida de serviço de durabilidade adequada.

Tabela 58 – Valores de HMA CDF da PPD da PPD A com base nos módulos de elasticidade dos *softwares*

<i>Offset</i>	HMA CDF			
	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
-3m	2,77	2,65	1,44	1,13
-6m	59,92	2,18	0,31	0,74
+3m	14,00	21,36	6,80	31,98
+6m	1,39	6,30	0,67	0,53

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 59 – Valores de HMA CDF da PPD da PPD B com base nos módulos de elasticidade dos *softwares*

<i>Offset</i>	HMA CDF			
	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
-3m	1,31	0,06	0,20	0,21
-6m	0,52	0,08	51,72	0,20
+3m	0,43	0,04	0,21	0,46
+6m	0,26	0,02	1,17	0,81

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao contrário do que ocorreu nos resultados da PPD A (Tabela 58), as análises do HMA CDF da PPD B mostraram que módulos advindos do BackMedina resultaram valores próximos de zero e, isto posto, uma vida útil teoricamente infinita. Em referência ao ELMOD, a investigação também mostrou valores abaixo de 1,00 no critério de dano por fadiga. Nos demais *softwares* (BackCAP e BAKFAA), observou-se uma variação do tempo de serviço do pavimento.

De modo geral, pode-se observar que os resultados do processo de retroanálise, conforme o *software* empregado, podem limitar o tipo de aeronaves e vida útil esperado à luz do Método ACR/PCR (tabelas 60 a 68). Se a análise for regida com base nos dados obtidos no BackCAP e no ELMOD, observa-se que, em quase todos os casos, terá um menor valor de PCR e vida útil remanescente da camada superficial e do subleito em comparação ao BackMedina e BAKFAA.

Tabela 60 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes *softwares* de retroanálise no *offset* -3m da PPD A

	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
Notificação	448/F/A/X/T	510/F/A/X/T	435/F/A/X/T	388/F/A/X/T
Aeronaves habilitadas para operação com restrição	Airbus A321 - 200	-	Airbus A321 - 200	-
Aeronaves não habilitadas para operação	-	-	-	Airbus A321 - 200
HMA CDF	2,77	2,65	1,44	1,13
SUB CDF	3,03	0,07	1,49	6,61
Vida remanescente do subleito (anos)	20,90	125,60	14,30	3,70

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 61 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes *softwares* de retroanálise no *offset* -6m da PPD A

	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
Notificação	428/F/A/X/T	559/F/A/X/T	408/F/A/X/T	401/F/A/X/T
Aeronaves habilitadas para operação com restrição	Airbus A321 - 200	-	-	Boeing 737-800
Aeronaves não habilitadas para operação	-	-	-	Airbus A321 - 200
HMA CDF	59,92	2,18	1,44	1,13
SUB CDF	0,95	0,00	0,00	9,35
Vida remanescente do subleito (anos)	19,0	Infinito	651,10	2,70

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 62 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes *softwares* de retroanálise no *offset* +3m da PPD A

	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
Notificação	372/F/A/X/T	369/F/A/X/T	427/F/A/X/T	327/F/A/X/T
Aeronaves habilitadas para operação com restrição	-	Boeing 737-800	Airbus A321 - 200	Airbus A320-200
				Boeing 737-800
				Airbus A320-200
Aeronaves não habilitadas para operação	Airbus A321 - 200	Airbus A321 - 200	-	Boeing 737-800
				Airbus A321-200
HMA CDF	14	21,36	6,80	31,98
SUB CDF	0,27	34,56	3,31	160,81
Vida remanescente do subleito (anos)	53,40	0,70	7,10	0,20

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 63 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes *softwares* de retroanálise no *offset* +6m da PPD A

	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
Notificação	452/F/A/X/T	476/F/A/X/T	460/F/A/X/T	358/F/A/X/T
Aeronaves habilitadas para operação com restrição	Airbus A321 -200	-	Airbus A321-200	Airbus A320-200 Boeing 737-800
Aeronaves não habilitadas para operação	-	-	-	Airbus A321-200
HMA CDF	1,39	6,30	0,67	0,53
SUB CDF	0,70	0,25	0,60	19,96
Vida remanescente do subleito (anos)	26,60	56,30	30,00	1,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 64 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes *softwares* de retroanálise no *offset* -3m da PPD B

	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
Notificação	493/F/A/X/T	648/F/A/X/T	505/F/A/X/T	491/F/A/X/T
Aeronaves habilitadas para operação com restrição	-	-	-	-
Aeronaves não habilitadas para operação	Airbus A330-200	-	Airbus A330-200	Airbus A330-200
HMA CDF	1,31	0,06	0,20	0,21
SUB CDF	1,31	0,01	0,10	8,65
Vida remanescente do subleito (anos)	16,0	387,20	99,70	3,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 65 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes *softwares* de retroanálise no *offset* -6m da PPD B

	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
Notificação	418/F/A/X/T	559/F/A/X/T	408/F/A/X/T	401/F/A/X/T
Aeronaves habilitadas para operação com restrição	Airbus A321-200	Airbus A330-200	Airbus A321-200	Airbus A321-200
Aeronaves não habilitadas para operação	Airbus A330-200	-	Airbus A330-200	Airbus A330-200 Airbus A321-200
HMA CDF	0,52	0,08	2,16	0,20
SUB CDF	1,62	0,01	51,72	4,38
Vida remanescente do subleito (anos)	13,5	444,80	0,50	8,10

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 66 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes *softwares* de retroanálise no *offset* +3m da PPD B

	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
Notificação	535/F/A/X/T	453/F/A/X/T	461/F/A/X/T	378/F/A/X/T
Aeronaves habilitadas para operação com restrição	Airbus A330-200	-	-	-
Aeronaves não habilitadas para operação	-	Airbus A330-200	Airbus A330-200	Airbus A330-200 Airbus A321-200
HMA CDF	0,52	0,04	0,21	0,46
SUB CDF	2,87	0,77	0,00	12,90
Vida remanescente do subleito (anos)	6,96	24,60	Infinito	1,60

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 67 – Comparação entre a admissibilidade e a vida residual remanescente a partir do método ACR/PCR usando diferentes *softwares* de retroanálise no *offset* +6m da PPD B

	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
Notificação	400F/A/X/T	528/F/A/X/T	435/F/A/X/T	326/F/A/X/T
Aeronaves habilitadas para operação com restrição	Airbus A321-200	Airbus A330-200	Airbus A321-200	Boeing 737-800
Aeronaves não habilitadas para operação	Airbus A330-200	-	Airbus A330-200	Airbus A330-200 Airbus A321-200
HMA CDF	0,26	0,02	1,17	0,81
SUB CDF	2,61	0,02	0,81	57,85
Vida remanescente do subleito (anos)	8,80	193,30	22,7	0,40

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.3.3 Percepção da utilização da retroanálise no método ACR/PCR

A partir da revisão bibliográfica realizada neste estudo, constatou-se que existe uma carência de estudos acerca do procedimento de retroanálise e de seu emprego nas avaliações estruturais de pavimentos aeroportuários. O que pode dificultar a escolha dos dados de entradas nos *softwares* empregados e o modo de como tratar e analisar os resultados. No contexto nacional, não se encontrou valores de referência de módulos de elasticidade para os materiais que são comumente utilizados na pavimentação de aeródromos, sendo a principal orientação para isso o manual da FAA (2011). No entanto, é importante evidenciar que essas faixas de valores podem não representar racionalmente os materiais brasileiros, visto que os módulos de elasticidade variam de uma região para outra em virtude das características biofísicas, da morfologia, pedologia, teor de umidade e estados de tensões. Além disso, a depender do módulo de elasticidade inicial escolhido pelo usuário ou da ferramenta pode representar diferenças

significativas sobre os resultados do procedimento, ou seja, se o “chute inicial de módulo de elasticidade” for inadequado, os resultados podem não representar adequadamente a rigidez. Tudo isso ainda gera questionamentos e dúvidas à comunidade científica e técnica, da acurácia da aplicação da retroanálise no novo Método ACR/PCR.

Vale destacar que os resultados da retroanálise são sensíveis a desvios nos parâmetros estruturais de entrada arbitrários (ainda que dentro de limites estabelecidos), ou que tenham valores desconhecidos, portanto, dependem das escolhas subjetivas do analista. Além disso, as estruturas tendem a apresentar variações nas propriedades das camadas, como mudança de espessura e material devido a possíveis falhas do controle de qualidade do greide da camada executada. Apesar da retroanálise ser um procedimento útil para estimar os módulos de elasticidade, ainda existem limitações quanto à confiabilidade dos dados gerados, pois há diversas variáveis que podem introduzir erros sobre os resultados.

Como foram feitos levantamentos em intervalos de 25 m nos *offsets* ± 3 e ± 6 (à direita e à esquerda em relação ao eixo central da PPD), de modo a avaliar a resposta estrutural do pavimento nos locais com maior aplicação de cargas das aeronaves, obteve-se no total 480 bacias deflectométricas na PPD A e 517 na PPD B, e, conseqüentemente, a mesma quantidade de conjuntos de módulos de elasticidade. Diante disso, surgiu uma das principais dificuldades encontradas nesta pesquisa, identificar quais valores resultantes representam de forma adequada a condição estrutural do pavimento e devem ser empregados no Método ACR/PCR. Embora separando a PPD em segmentos homogêneos que caracterizassem locais com características similares, ainda foram obtidos diversos módulos de elasticidade para cada camada.

Acrescenta-se que as limitações expostas reforçam a necessidade do desenvolvimento de um banco de dados nacional acerca dos módulos de elasticidade dos materiais que são comumente utilizados na pavimentação aeroportuária. Para isso, os ensaios destrutivos se mostram cruciais para averiguação se os resultados da retroanálise estão adequados aos que foram estimados em laboratório, possibilitando, até mesmo calibrar e melhorar os modelos construtivos adotados no processo iterativo. Auxiliando o analista na aceitação ou rejeição de um determinado conjunto de módulo de elasticidade. Dado que tal sistema possibilita o questionamento crítico e certo grau de confiabilidade dos resultados obtidos nos ensaios de módulo de elasticidade e o seu uso no Método ACR/PCR. Isso conduziria para avaliação das condições de suporte dos pavimentos das pistas de forma mais condizente com o seu estado. Como foi notado, as pistas de pouso e decolagem das PPD apresentaram comportamentos e desempenho diferentes, o que foi enfatizado pelos índices de PCR atribuídos aos segmentos.

Ainda nesse contexto, verificou-se que os módulos de elasticidade retroanalizados para o subleito das PPD avaliadas foram maiores que o valor de referência sugerido pelo DER/SP (2006) e FAA (2011). Assim como dos valores limites de classificação de resistência do subleito utilizado no Método ACR/PCR. Esses altos módulos de elasticidade para esse material (subleito), que faz parte da estrutura, influenciaram diretamente no cálculo dos parâmetros ACR, PCR e na vida residual remanescente do pavimento, uma vez que está associado ao modelo de falha adotado pelo método, *Cumulative Damage Factor* – CDF, fator de dano acumulado (deformação). De maneira resumida, à medida que a resistência do subleito aumenta, o ACR reduz e o PCR cresce.

Essa circunstância, juntamente com camadas de espessuras robustas que compõem as estruturas, comuns no Brasil, proporciona um índice de classificação do pavimento (PCR) extremamente elevado, não existindo aeronave comercial com ACR igual ou superior, incoerente do ponto de vista técnico. Tal fator foi observado para todos os conjuntos de módulos de elasticidade obtidos nos *softwares* de retroanálise empregados. Essa problemática evidencia uma limitação do Método ACR/PCR e a dificuldade da utilização de módulos obtidos a partir de dados de ensaio não destrutivo em algumas da PPD nacionais, sendo que os resultados não podem ser divulgados nas publicações aeronáuticas, pois não possuem qualquer significado prático.

Além da problemática dos valores que caracterizam o comportamento dos materiais a serem inseridos no *software* FAARFIELD v.2.0.18, também se questionou se a carga de impacto utilizada durante o ensaio não destrutivo é compatível com a pressão exercida pelas rodas das aeronaves que trafegam pela PPD. Nessa perspectiva, estudos realizados por Chaves, Araújo e Oliveira (2022) sugerem que a carga aplicada no levantamento deflectométrico influencia diretamente nos valores resultantes do processo de retroanálise. Assim pressupõe-se que, além de análise crítica dos resultados de módulos de elasticidade a serem usados no Método ACR/PCR, é importante que o operador do aeródromo se atente ao carregamento dinâmico empregado.

Apesar do novo método ACR/PCR adotar modelos empírico-mecanísticos, baseados na Teoria de Sistema de Camadas Elásticas - TSCE, que utiliza o comportamento dos materiais em termo de módulo de Elasticidade (E), que podem ser obtidos por meio de processo de retroanálise, encontrou-se algumas dificuldades em empregar os dados estimados nesse procedimento, como a inserção dos módulos de elasticidade das camadas que compõem o pavimento no FAARFIELD v.2.0.18, pois não é possível alterar as características mecânicas dos materiais padrão do *software*. Assim, a única alternativa é criar camadas do tipo

Userdefined. Vale ressaltar que o coeficiente de Poisson é fixo e igual para todos os materiais, 0,35 para materiais granulares e betuminosos e 0,20 para os materiais com cimento *Portland*.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões obtidas neste trabalho, como suas limitações para o uso de módulos de elasticidade retroanalizados no Método ACR/PCR (*Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating*) Por fim, as sugestões para pesquisas futuras são registradas no final deste capítulo.

5.1. Principais Conclusões

Em relação aos *softwares* de retroanálise utilizados, conclui-se que a sua escolha não teve relevância na aferição dos módulos de elasticidade das camadas asfálticas, uma vez que os resultados apresentaram poucas diferenças estatísticas. No entanto, nas camadas granulares de base, sub-base e no subleito, observou-se que a escolha do *software* foi relevante, pois resultou em diferenças estatísticas significativas. Destaca-se que as maiores divergências ocorreram na camada de sub-base, na qual os módulos obtidos no BAKFAA e no ELMOD foram superiores aos resultantes no BackMedina e no BackCAP. Conclui-se que essas diferenças podem dificultar a avaliação estrutural de pavimentos aeroportuários e, conseqüentemente, comprometer a garantia da segurança operacional das PPD por meio do uso da retroanálise. Tais divergências podem estar relacionadas tanto às informações de entrada quanto às hipóteses utilizadas nos procedimentos para representar o pavimento real.

Não foi possível determinar qual o *software* mais adequado para a retroanálise de bacias deflectométricas de pavimentos flexíveis aeroportuários, que fornece uma estimativa mais precisa dos módulos de elasticidade, devendo-se escolher a ferramenta considerando as suas vantagens e desvantagens. Contudo, tanto o BackMedina quanto o BackCAP apresentaram resultados mais consistentes e próximos aos valores recomendados para os materiais das PPD estudadas. Além disso, os *softwares* BAKFAA e ELMOD também produziram valores aceitáveis, embora alguns módulos da camada da sub-base tenham sido superestimados. O desempenho dessas ferramentas na retroanálise de PPD dependerá também do procedimento estatístico utilizado para escolher os conjuntos de módulos de elasticidade a serem utilizados.

Com base nas variações dos módulos de elasticidade iniciais realizadas, observou-se que, dependendo do *software* de retroanálise empregado, os dados de entrada não influenciam significativamente nos resultados finais. Isso é evidente no caso do BackCAP, no qual o mesmo que se utilize um valor inadequado para um determinado material, não causa um impacto significativo nos módulos calculados. Por outro lado, as alterações dos módulos de

elasticidade iniciais resultaram em diferenças estatísticas significativas nos *softwares* BAKFAA e ELMOD. Diante disso, conclui-se que alguns *softwares* são sensíveis às variáveis fornecidas pelo usuário, pois suas metodologias e algoritmos não são exclusivamente os responsáveis por possíveis valores incoerentes, reforçando a importância do uso simultâneo de dados de laboratório para garantir uma maior confiabilidade dos resultados da retroanálise e redução da margem de incerteza associada.

Quanto ao emprego dos módulos de elasticidade retroanalizados no Método ACR/PCR, averiguou-se que as diferenças estatísticas de valores refletiram no PCR. Dados advindos do BackMedina e do BAKFAA resultam em maiores valores em comparação ao BackCAP e ELMOD. Apesar das divergências, não se constatou diferenças significativas entre os resultados ao avaliar a admissibilidade de operações das aeronaves. Notou-se que o *software* ELMOD impõe mais restrições de peso e de movimentações ao *mix*, como nos modelos Boeing 737, enquanto que as características elásticas mensuradas pelo BackMedina são mais permissivas ao tráfego.

Também foi averiguado que a utilização de *softwares* de retroanálise que trabalham com a teoria elástica das múltiplas camadas elásticas, como BackMedina e BAKFAA, prognosticam uma maior vida útil das PPD. Ademais, os resultados do BackCAP previram uma vida remanescente próxima da esperada, diferente dos demais *softwares*, que foram superiores (quase infinitiva) ou inferiores (questão de meses). Sendo assim, conclui-se que, de acordo com o *software* empregado na retroanálise, há uma variação da vida útil remanescente da camada de revestimento e do subleito.

De maneira geral, conclui-se que a escolha do *software* de retroanálise pode influenciar os resultados do Método ACR/PCR. Dentre as divergências estão a determinação da resistência de capacidade do pavimento, a admissibilidade de operações das aeronaves e a vida útil remanescente da camada de revestimento e de subleito. Essa situação pode refletir na operacionalidade do aeródromo, envolvendo a porção de vida restante. Por fim, conclui-se que o procedimento de retroanálise propiciou que os resultados obtidos do Método ACR/PCR fossem mais confiáveis e retrata os diferentes comportamentos estruturais existentes ao longo do pavimento.

5.2. Limitações do estudo

Ao longo deste estudo surgiram algumas limitações, principalmente pela inexistência de materiais técnicos específicos acerca do procedimento de retroanálise e o

emprego dos seus resultados. Destaca-se a falta de um banco de dados nacional com as características dos materiais que são empregados em projeto e execução de pavimentos aeroportuários. Em razão disso, foram usados nos procedimentos de retroanálise módulos de elasticidade iniciais e coeficiente de Poisson de materiais, indicados por manual americano. Essa ação pode não representar adequadamente as propriedades dos materiais brasileiros e resultar em valores finais inadequados. Diante desse contexto, surge a necessidade da realização de ensaios destrutivos para comparação e calibração dos modelos construtivos dos materiais que apresentem inconformidade com os obtidos em laboratório, uma vez que, a retroanálise resulta em módulos equivalentes.

Além disso, verificou-se que o FAARFIELD v.2.0.18 não permite a alteração das características de módulo de elasticidade e de coeficiente de Poisson dos materiais existentes do *software*. Mesmo ao criar novos materiais, não é possível alterar os coeficientes de Poisson, que adota para os granulares e asfálticos um valor único de 0,35. Isso pode não caracterizar adequadamente o comportamento dos materiais das camadas.

Por fim, as estruturas das duas PPD deste estudo encontram-se superdimensionadas à luz do Método ACR/PCR, não sofrendo danos consideráveis ao longo dos 20 anos de projeto em relação ao *mix* adotado. Nesse caso, como solução para verificar se existe influência dos módulos de elasticidade retroanalizados e suas diferenças verificadas nos parâmetros de vida remanescente (revestimento e subleito) e de admissibilidade das aeronaves em operações do Método ACR/PCR, adotaram-se estruturas modificadas em relação às originais. Caso fossem usadas estruturas reais, os resultados obtidos seriam mais realistas, pois sabe-se que essas propriedades interferem diretamente nos critérios de danos do pavimento, tensões verticais e deformações no topo do subleito.

5.3. Sugestões para pesquisas futuras.

Buscando melhor compreensão e continuidade desta pesquisa acerca do uso de módulos de elasticidade retroanalizados por distintos *softwares* na avaliação estrutural de PPD, sugerem-se para pesquisas futuras os seguintes trabalhos:

- a) Avaliar se existe diferenças entre os módulos de elasticidade aferidos por meio de laboratório e de campo;
- b) Caracterizar as variáveis de entrada que mais influenciam nos módulos de elasticidade retroanalizados e, conseqüentemente, no Método ACR/PCR;

- c) Propor um método para a utilização de dados de ensaio não destrutivo no Método ACR/PCR na avaliação estrutural de PPD, incorporando critérios de confiabilidade.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Certificação Operacional de Aeroportos. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil N° 139**, Emenda n° 01. Brasília, DF, 2012. 22p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil N° 153: **Aeródromos – Operação, manutenção e resposta à emergência**. Agência Nacional de Aviação Civil, Brasília, DF, 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Manual de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários – SGPA**. Brasília, DF, 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Relatório preliminar de avaliação funcional e estrutural não destrutiva e capacidade de suporte de PPD**. Brasil, DF, 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Uso de cargas em Ensaio Não Destrutivos (END) com o objetivo de se determinar o PCN de pavimentos aeroportuários**. Brasília, DF, 2019. 5p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Manual de cálculo de PCN de pavimentos aeroportuários por meio do COMFAA**, Brasília, DF, 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Alerta aos operadores de Aeródromos N° 003/2021**, Emenda n° 01. Brasília, DF, 2021. 7p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Manual para o cálculo de PCR de pavimentos aeroportuários**. Brasília, DF, 2022a. 84 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Histórico de voos**. Brasília, DF, 2022b.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Relatório preliminar de avaliação funcional e estrutural não destrutiva e capacidade de suporte de PPD**. Brasil, 2022c.
- AHMED, Mesbah Uddin. **Evaluation of FWD software and deflection basin for airport pavements**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade de New Mexico, New Mexico, 2010. Disponível em: https://digitalrepository.unm.edu/ce_etds/30. Acesso em 13 de dez. 2021.
- AKBARZADEH, Hossein; BAYAT, Alireza; SOLEYMANI, Hamid. Analytical review of the HMA temperature correction factors from laboratory and falling weight deflectometer tests. **International Journal of Pavement Research and Technology**. Washington, v.5, n.1, p. 30-39. 2012. Disponível em: <http://www.ijprt.org.tw/files/sample/V5N1%2830-39%29.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2023.
- ALBERNAZ, Cláudio Ângelo Valadão; MOTTA, Laura Maria Goretti; MEDINA, Jacques. Retroanálise: Uma útil ferramenta na avaliação estrutural de pavimentos. *In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO*, 29., 1995, Cuiabá/MT. **Anais [...]**. Cuiabá: RUP, 1995.
- ALKASAWNEH, Wael. **Backcalculation of pavement moduli using genetic algorithms**. 2007. 275 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Akron, Akron, 2007.

ALMEIDA, Antônia Fabiana Marques; RIBEIRO, Antonio Júnior Alves; BARROSO, Suelly Helena de Araújo; OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda. Subgrade resilient modulus variation in low-volume roads design in north-eastern Brazil. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Transport**, [S.L], v.22, n.1, p. 1-11, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/abs/pii/S0965092X23000038>. Acesso em: 19 jul. 2023.

AMERI, M.; YAVARI N.; SCULLION T. Comparison of static and dynamic backcalculation of flexible pavement layers moduli, using four software programs. **Asian Journal of Applied Sciences**, [S.L], v.2, n.1, p.197-210, 2009.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Guide for design of pavement structures**. Washington, 1993.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Survey**. D 534012. West Conshohocken, PA. 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard guide for calculating in situ equivalent elastic moduli of pavement materials using layered elastic theory**. ASTM D5858- 96, West Conshohocken, 2015

ARMENI, Angeliki; LOIZOS, Andreas. Preliminary evaluation of the ACR-PCR system for reporting the bearing capacity of flexible airfield pavements. **Transportation Engineering**, [S. L], v. 8, n.1, p. 100117, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.TRENG.2022.100117>. Acesso em: 28 jul. 2023.

ASHFORD, Norman J; STANTON, H. P. Martins; MOORE, Clifton, A; COUTU, Pierre; BEASLEY, John, R. **Operações aeroportuárias: As melhores práticas**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 448 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO. **Manual básico de emulsões asfálticas: soluções para pavimentar sua cidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ultraset Editora Ltda, 2010. 134p.

BALTZER, S; J. M. JANSEN. Temperature Correction of Asphalt-Moduli for FWD-Measurements. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BEARING CAPACITY OF ROADS AND AIRFIELDS*, 4., Minneapolis, 1994. **Anais [...]**. Minneapolis: TRB, 1994.

BARBOSA, Matheus. Breno. Pires. **Análise da capacidade estrutural de pavimentos aeroportuários**. 2019. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso TCC (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologias, Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, 2019.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2022.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Gorreti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica - Formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2010.

BIANCHINI, Alessandra; BELL, Haley P. Fuzzy cluster approach for area FWD representative basin from deflection measurement spatial variability. **International Journal Pavement**

Engineering, Washington, v. 20, n.1, p. 844-852, 2019.

BORGES, Clarissa Beatriz Sandoval. **Estudo comparativo entre medidas de deflexão com Viga Benkelman e FWD em pavimentos da malha rodoviária estadual de Santa Catarina**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

BOUSSINESQ, Joseph Valentin. **Application des Potentiels a l'Etude de l'Equilibre et du Mouvement des Solides Elastiques**. Mémoires de La Societé Des Sciences, de l'Agriculture et Des Arts. 1. ed. Paris: Gauthier-Villars, 1885, 721 p.

BŘEZINA, Ija; MACHEL, Ondřej; ZAVŘEL, Tomáš. Temperature Correction of Deflections and Backcalculated Elasticity Moduli Determined from Falling Weight Deflectometer Measurements on Asphalt Pavements. **Communications - Scientific Letters of the University of Zilina**, [S.L], v.24, n.1, p. 1-8, 2022. Disponível em: doi: 10.26552/com.C.2022.1. D1-D8. Acesso em 19 ago. 2023.

BRILL, David. R. FAARFIELD 1.3: **Software Overview**. IX ALACPA Seminar on Airport Pavements Ciudad de Panamá. Panamá, setembro de 2012.

BROUTIN, Michaël. **Assessment of flexible airfield pavements using Heavy Weight Deflectometers**. Development of a FEM dynamical time-domain analysis for the backcalculation of structural properties. 2010. 371f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Ecole des Ponts ParisTech, Paris, 2010. Disponível em: <https://pastel.hal.science/pastel-00565757v1>. Acesso em: 15 jul. 2024.

BUENO, Lucas Dotto. **Avaliação deflectométrica e de rigidez: estudo de caso em três trechos monitorados em Santa Maria**. 2016. 471f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7926/BUENO%2c%20LUCAS%20DOTTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 abr. 2023.

BUENO, Lucas Dotto; PEREIRA, Deividi da Silva; SPECHT, Luciano Pivoto; PINHEIRO, Gustavo dos Santos; TAFFE JUNIOR, Elemar. Retroanálise de módulos de resiliência: aspectos inerentes ao processo iterativo de ajuste de bacias deflectométricas. **Revista CIATEC-UPF**, Passo Fundo, v. 12, n. 1, p. 36-50, 2020.

BURMISTER, D M. The general theory of stresses and displacements in layered Soil Systems. II. **Journal of Applied Physics**, v. 16, n.3, p. 126–127, 1945.

CAFISO, Salvatore; DI GRAZIANO, Alessandro. Expert's Opinion in bus transport safety management using Delphi Technique. *In*: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 91, Washington, 2012. **Anais [...]**. Washington: TRB, 2012.

CAMARINI, Guilherme Crepaldi; SILVA JUNIOR, Carlos Alberto Prado; FONTENELE, Heliana; Barbosa. Avaliação de bacias de deflexões retroanalizadas pelo programa backmedina. *In*: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, 33, Balneário Camboriú, 2019. **Anais [...]**. Balneário Camboriú: ANPET, 2019.

CANESTRARI, Francesca; FERROTTI, Gilda; LU, Xiao Hu; MILLIEN, Anne; PARTL, Manfred; PETIT, Christophe; PHELIPOT-MARDELÉ, Annabelle; PIBER, Arauto; RAAB,

Christiane. **Mechanical Testing of Interlayer Bonding in Asphalt Pavements**, [S.L.], v.9, n.1, p.303-360, 2013.

CASIA BOZA, Juan. **Evaluación estructural de pavimentos flexibles usando deflectómetro de impacto en la carretera tarma – la merced**. 2015. 117f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huncayo, Perú, 2015.

CASTRO, Cecília Catarina Oliveira. **Análise comparativa entre os métodos ACN/PCN e ACR/PCR para classificação de resistência de pavimentos flexíveis aeroportuários**. 2021. 145 f. Dissertação (mestrado em Engenharia de Transportes), Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/64085/1/2021_dis_ccocastro.pdf. Acesso em: 11 jun. 2023.

CASTRO, Cecília Catarina Oliveira; OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda. Impacto da substituição do método de classificação da resistência de pavimentos aeroportuários na admissibilidade de operações de aeronaves em revestimentos asfálticos. *In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES*, 35, 2021, virtual. **Anais [...]**. Virtual: ANPET, 2021.

CHANG, Jia-Ruey; LIN, Jyh-Dong; CHUNG, Wei-Chen; CHEN, Dar-Hao. Evaluating the Structural Strength of Flexible Pavement in Taiwan Using the Falling Weight Deflectometer. **International Journal of Pavement Engineering**, [S.L.], v.3, n.3, p.131–141, 2002. Disponível em: doi:10.1080/1029843021000067854. Acesso em: 11 jul. 2023.

CHATTI Karim; KUTAY Emin; LAJNEF Nizar; ZAABAR Imen; VARMA Sudhir; LEE Hyung Suk. **Enhanced Analysis of Falling Weight Deflectometer Data for Use with Mechanistic-Empirical Flexible Pavement Design and Analysis and Recommendations for Improvements to Falling Weight Deflectometers**. 1 ed. Georgetown: FHWA-HRT, 2017. 324 p.

CHAVES, José Wémenson Rabelo; ARAÚJO, Matheus Jesus Ribeiro; LACERDA, Francisco Heber Lacerda. Análise comparativa de módulos de elasticidade retroanalizados em pavimento aeroportuário com distintas cargas de impulso. *In: CONGRESSO IBERO LATINOAMERICANO DEL ASFALTO*, 13, Punta del Este, 2022. **Anais [...]**. Punta del Este: CILA, 2022.

CHEN, Dar-Hao; BILYEU, John; LIN, Huang-Hsiung; MURPHY, Mike. Temperature correction on falling weight deflectometer measurements. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S.L.], v.1716, n.1, p. 30-39, 2000. Disponível em: <https://doi:10.3141/1716-04>. Acesso em: 17 de abr. 2023.

CHOU, Chung; WANG, William; TSAI, I-Chun. Methodology of applying heavy weight deflectometer for calculation of runway pavement classification number. **Journal of the Transportation Research Board**, [S.L.], v.2007, n.1, p.57–64, 1990.

CORREIA, João Miguel Santos. **Retro-análise de Resultados de Caracterização Estrutural de Pavimentos**. 2014. 133 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa / Portugal, 2014.

COUTINHO, Renato Peixoto; BOTELHO, Rodrigo Paschoal; CAVALCANTE, Ricardo

Níkollas de Andrade; HOLANDA, Áurea Silva de; PARENTE JUNIOR, Evandro. Desenvolvimento de um Gerador de Malhas para Análise de Pavimentos Pelo Método dos Elementos Finitos. *In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES*, 22, Fortaleza, 2008. **Anais [...]**. Fortaleza: ANPET, 2008.

COUTINHO, Renato Peixoto; BOTELHO, Rodrigo Paschoal; CAVALCANTE, Ricardo Níkollas de Andrade; HOLANDA, Áurea Silva de; PARENTE JUNIOR. Desenvolvimento de um Sistema Gráfico para Análise Numérica de Pavimentos Asfálticos. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS E PROJETOS DE REFORÇO*, 4, Fortaleza, 2009. **Anais [...]**. Fortaleza: ABPv, 2009.

COUTINHO, Renato Peixoto; HOLANDA, Áurea Silva de; CAVALCANTE, Ricardo Níkollas de Andrade; PARENTE JUNIOR, Evandro. Gerador de Malha Bidimensional para Análise de Tensões e Deformações em Pavimentos Asfálticos. *In: IBERIAN LATIN AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING*, 14, Maceió, 2008. **Anais [...]**. Maceió: CILAMCE, 2008.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução de projeto de pavimentação (Publi, IP., de 000/001)**. São Paulo, 2006.

DYNATEST. **Quick Start Manual**. [s.1.], v.27, n. 0, 2013.

EL AYADI A; PICOUX B; LEFEUVE-MESGOUEZ G; MESGOUEZ A; PETIT C. An improved dynamic model for the study of a flexible pavement. **Adv. Eng. Softw.**, [S.L], v.44, n.1, p.44–53, 2012. Disponível em: doi: 10.1016/j.advengsoft.2011.05.038. Acesso em: 24 ago. 2022.

ELSHAER, M; GHAYOOMI, M; DANIEL, J. S. The role of predictive models for resilient modulus of un-bound materials in pavement FWD-deflection assessment. **Road Materials and Pavement Design**, [S.L], v. 21, n. 2, p. 1–19, 2018.

FABRE, C Cyril; BALAY, J. M. **Toward a new ICAO Aircraft Classification Number (ACN) methodology. Proceedings of the international conferences on the bearing capacity of roads, railways and airfields**, [s. l.], 2013.

FABRE, Cyril; VAURS, G. **Development of rational ACN/PCN system**. The 10th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields (B CRRA), Athens, p. 1619 1627, 2017.

FABRE, Cyril. **The Aircraft Classification Rating –Pavement Classification Rating ACR-PCR**. In: XIV ALACPA Seminar on Airport Pavements. Ciudad de Quito, Equador, 2018.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Guide to Asphalt Temperature Prediction and Correction**. Online Temperature Prediction and Correction Guide-TOC, 2002.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Advisory Circular AC 150/5370-11B: Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements**. United States Department of Transportation. Washington, 2011a.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Advisory Circular AC – 150/5370-10F: Standards for Specifying Construction Of Airports**. United States. United States Department of Transportation. Washington, 2011b.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Advisory Circular AC – 150/5335-5C: Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength.** United States Department of Transportation. Washington, 2014.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Advisory Circular AC – 150/5320-6G: Airport Pavement Design and Evaluation.** United States Department of Transportation. Washington, 2015.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Advisory Circular AC – 150/5320-6F: Airport Pavement Design and Evaluation.** United States Department of Transportation. Washington, 2016.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Advisory Circular AC – 150/5320-6G: Airport Pavement Design and Evaluation.** United States. Department of Transportation, Washington, 2021a.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Advisory Circular AC – 150/5335-5D: Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCR Document Information.** United States. Department of Transportation, Washington, 2021b.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Advisory circular 150/5335-5D: Standardized method of Reporting Pavement Strength -PCR.** United States. Department of Transportation, Washington, 2022.

FERNANDES, Ivy Souza. **Avaliação do comportamento mecânico da camada de brita graduada in situ.** 2000. 199f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2000. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/123456789/79290/1/178923.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2023.

FONTUL, Simona. **Structural evaluation of flexible pavements using non-destructive tests.** 2004. 292f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade de Coimbra, Lisboa, 2004.

FRANCO, Felipe Augusto Cinque de Proença; MOTTA, Laura Maria Goretti. **MeDiNa – Método de Dimensionamento Nacional. Manual de utilização.** Versão 1.1.4. Rio de Janeiro, 2020.

GEDAFA, Daba; HOSSAIN, Mustaque; MILLER, Richard; VAN, Thomas. Estimation of remaining service life of flexible pavements from surface deflections. **Journal of Transportation Engineering**, [S.L], v.136, n. 4, p.342–352, 2010.

GOKTEPE, A. B.; AGAR, E.; LAV, A. H. Advances in backcalculating the mechanical properties of flexible pavements. **Advances in engineering software**, [S.L], v. 37, n. 7, p. 421-431, 2006.

GOPALAKRISHNA, Kasthurangan; THOMPSON, Marshall. R; MANIK, Anshu. Rapid. Finite-Element Based Airport Pavement Moduli Solutions using Neural Networks. **Journal of Civil and Environmental Engineering**, [S.L], v.1, n. 10, 2007. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c847b67409d003c09adab625cecd7f867ab84815>. Acesso em: 24 dez. 2023.

GOPALAKRISHNAN, Kasthurirangan; THOMPSON, Marshall Ray. Backcalculation of

Airport Flexible Pavement Non-Linear Moduli Using Artificial Neural Networks. PROCEEDINGS OF THE SEVENTEENTH INTERNATIONAL FLORIDA ARTIFICIAL INTELLIGENCE RESEARCH SOCIETY, 7, Miami Beach, 2004. **Anais [...]**. Miami Beach: FLAIRS, 2004. Disponível em: <https://cdn.aaai.org/FLAIRS/2004/Flairs04-112.pdf>. Acesso em 24 jan. 2024.

HAAS, Ralph.; HUDSON, W Ronald; ZANIEWSKI, John. **Modern Pavement Management**. Malabar: Krieger Publishing Company, 1994. 604 p.

HUANG, Yang. Huang. **Pavements analysis and design**. New Jersey: Englewood Cliffs/Pearson Prentice-Hall, 2003. 792p.

HUANG, Yang Huang. **Pavement analysis and design**. New Jersey: Englewood Cliffs/Pearson Prentice-Hall, 1993.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Aerodrome Design Manual - Part 3 - Pavements**. 3. ed. Quebec: ICAO, 2022. 354 p.

IRWIN L. H. Backcalculation: An Overview and perspective. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE BEARING CAPACITY OF ROADS, RAILWAYS AND AIRFIELDS, 6, Lisbon, 2002. **Anais [...]**. Lisbon: BCRA 2002.

ISMAIL, Norlela; ISMAIL, Amiruddin; RAHMAT, Riza Atiq Abdullah O.k. Development of expert system for airport pavement maintenance and rehabilitation. **European Journal Of Scientific Research**, [S.L.], v. 35, n. 1, p.121-129, 2009.

JOHN Read; WHITEOAK, David. **The Shell Bitumen Handbook**. 3. Ed. Londres: Thomas Telford Publishing, 2003. 460 p.

JOHNSON, Andrew. M; BAUS, Ronald. Alternative method for temperature correction of backcalculated equivalent pavement moduli. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S.L.], v. 1355, n.1, p.75-81, 1992. Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1992/1355/1355-009.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2023.

JOHNSTON, Marlova Grazziotin. **Estudo de obtenção do número estrutural em pavimentos flexíveis**. 2001. 187 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001

Kargah-Ostadi, NIMA; Stoffels, SHELLEY. Backcalculation of flexible pavement structural properties using a restart covariance matrix adaptation evolution strategy. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 1-15, 2015.

KIM, Richard; HIBBS, Bradley; LEE, Yung-Chien. Temperature Correction of Deflections and Backcalculated Moduli. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S.L.], v.1473, n.1, p.55-62, 1995. Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1995/1473/1473-007.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2023.

KUMAR, Rakesh; ADIGOPULA, Vinod Kumar; GUZZARLAPUDI, Sunny Deol. Stiffness-based quality control evaluation of modified subgrade soil using lightweight deflectometer. **Journal of Materials in Civil Engineering**, [S.L.], v. 29, n. 9, p.1-18, 2017.

LE, Van Phuc; LE, Anh Thang; NGUYEN, Manh Tuan; NGUYEN, Quang Phuc. Development

and validation of a temperature correction model for FWD backcalculated moduli. **Australian Journal of Civil Engineering**, [S.L.], v.21, n.1, p. 89–97, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14488353.2022.2083045>. Acesso em: 13 jul. 2023.

LEVENBERG, Eyal; MCDANIEL, Rebecca; TERHI, Pellinen. Backcalculation of Layer Moduli using Time History of Embedded Gauge Readings. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACCELERATED PAVEMENT TESTING*, 3, Madri, 2008. **Anais [...]**. Madri: ICAPT, 2008. Disponível em: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/125080930/Backcalculation_of_layer_moduli_2008_1.pdf. Acesso em: 19 jul. 2023.

LI, Maoyun; WANG, Hao. Development of ANN-GA program for backcalculation of pavement moduli under FWD testing with viscoelastic and nonlinear parameters. **International Journal of Pavement Engineering**, [S.L.], v. 20, p. 490–498, 2017.

LIU Xiaolan; ZHANG Xianmin. Asphalt pavement dynamic response under different vehicular speeds and pavement roughness. **Road Materials and Pavement**, [S.L.], v. 22, n. 6, p.1–22, 2021. Disponível em: doi: 10.1080/14680629.2019.1686053. Acesso em 06 out. 2022.

LIU, Hai; SATO, Motoyuki. in situ measurement of pavement thickness and dielectric permittivity by GPR using an antenna array. **Ndt & E International**, [S.L.], v. 64, n.1, p. 65–71, 2014. Disponível em: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:16316663>. Acesso em 05 abr. 2023.

LOIZOS, Andreas.; CHARONITIS, George. Bearing capacity and structural classification of flexible airport pavements. **Journal of Transportation Engineering**, [S.L.], v. 130, n. 1, p. 34–42, 2004.

LOIZOS, Andreas.; CHARONITIS, George; CHASIOTOU, Ionna. Classification of airport pavements: A simple methodology. **Public Works Management & Policy**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 115–125, 2000.

LOPES, Dario Rais; RODRIGUES FILHO, Oswaldo Sansone. **Aeroportos: Tópicos em planejamento e projeto**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2021.

LOPES, Rosilene Alves. **Avaliação de programas de retroanálise de bacias deflectométricas - aplicação a um trecho de uma rodovia federal**. 2019. 284 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/14008/1/RosileneAlvesLopes.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2023.

LUKANEN, Erland. O; STUBSTAD, Richard; BRIGGS, Robert. **Temperature Predictions and Adjustment Factors for Asphalt Pavement**. 1. ed. Washington: FHWA, 2000.

LYTTON, Robert L; SMITH, Roger E. Use of Nondestructive Testing in the Design of Overlays for Flexible Pavements. **Transportation Research Record - TRR**, Washington, v. 1007, p. 11-20, 1985.

MACÊDO, Fabrício Nascimento de. **Retroanálise de Bacias de Deflexão Reais e Teóricas Obtidas por Métodos Estáticos e Dinâmicos**. 2003. 243f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

MACÊDO, J. A. G. **Interpretação de ensaios deflectométricos para avaliação estrutural de pavimentos flexíveis**. 1996. 478f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

MACEDO, M. Um sistema de gerência de pavimentos e suas aplicações na agência reguladora. *In: SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO, 7*, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: SITRAER, 2008.

MAGALHÃES. Bruno Alberto da Cunha. **Comparação de Diferentes Métodos de Avaliação da Capacidade de Carga de Pavimentos Rodoviários**. 88 fls. 2015. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade de Minho, Minho, 2015.

MAHER Ali; BENNERT Thomas; GUCUNSKI Nenad; PAPP, Mueser-Rutledge. **Resilient Modulus Properties of New Jersey Subgrade Soils**. New Jersey Department of Transportation. Federal Highway Administration. Washington, D.C, 2000.

MÁRCIO, Fonseca; BUENO, Lucas Dotto; SPECHT, Luciano Pivoto; HALLAL, Rafael Rosa; COELHO, Henrique Otto; PEREIRA, Deividi, da Silva. Avaliação da não linearidade de módulos de resiliência retroanalizados de materiais granulares de base de pavimentos obtidos durante o controle tecnológico da duplicação de uma rodovia no RS. **Revista CIATEC – UPF**, [S.L.], v.10, n.1, p.31-42, 2018.

MARCOS, Antônio Rodolfo Araújo; FERREIRA, Luciano. Um modelo de simulação para gestão da capacidade dos aeroportos brasileiros. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, P.1-15, 2015.

MARQUES, José Roberto Franco. **Dimensionamento de reforço mediante retroanálise de avaliações estruturais não-destrutivas**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo São Paulo. 2002.

MEDINA, Jacques; MACÊDO, Jorge Afonso; MOTTA, Laura Maria Goretti. Utilização de Ensaio Defletométrico e de Laboratório para a Avaliação Estrutural de Pavimentos. *In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 28*, Belo Horizonte, 1994. **Anais [...]**. Belo Horizonte: RUP, 1994.

MEDINA, Jacques; MOTTA, Laura Maria Goretti. **Mecânica dos Pavimentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2005. 640 p.

MERA, Foinquinos. **Dynamic Nondestructive Testing of Pavements**. 1995. 24 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Geotécnica), University of Texas at Austin, Austin, Texas, 1995. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/1dfe57a19e215ca4c25f37ff3344ace2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>. Acesso em: 17 nov. 2023.

MIAH, Md Tofail; OH, Erwin; CHAI, Gary; BELL, Phil. An overview of the airport pavement management systems (APMS). **International Journal of Pavement Research and Technology**, [S.L.], v.13, n.1, p. 581–590, 2020.

MITCHELL, Gary L. **FAA Pavement Design: AC 150/5320-6E – FAARFIELD**. PCC Workshop Indiana Chapter – American Concrete Pavement Association. Indiana, janeiro de 2009.

MORAES, CARLA GONÇALVES DE. **Análise de bacias deflectométricas obtidas por 4 equipamentos do tipo Falling Weigth Deflectometer (FWD)**. 2015. 280 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MORAES, Celso Francisco de; FERREIRA, João Roberto; BALESTRASSI, Pedro Paulo. Análise crítica da aplicação de métodos estatísticos em processos definidos por dados que não apresentam distribuição normal. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, [S.L.], n. 1, p.1-7, 2006. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/143>>. Acesso em: 09 out. 2022.

MOREIRA, Mauricio Renato Pina. 2021. **Gestão das infraestruturas urbanas e sistemas de transportes coletivos: a necessidade de uma visão holística da interface entre BRT e pavimentos**. Tese (doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

MURPHY Michael Ray. **Mechanistic-Empirical Approach to Characterizing Subgrade Support and Pavement Structural Condition for Network-level Application**, 1998. 389f. Tese (doutorado em Engenharia civil), Universidade do Texas, Texas, 1998.

NASCIMENTO, Mauro Henrique Alves. **Análise da incompatibilidade de rigidez entre camadas de revestimentos asfálticos na ocorrência de slippage em pavimento aeroportuário**. 2017. 235 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/386>. Acesso em: 29 out. 2022.

NEGA, Ainalem; NIKRAZ, Hamid; AL-QADI, Irmad. Dynamic analysis of falling weight deflectometer. **Civil and Environmental Engineering Grainger College of Engineering**, [S.L.], v. 3, n. 5, p. 427-437, 2016.

NERY, Claudia Celene Zago; SANTOS, Adriana Goulart. Avaliação estrutural de pavimentos com a aplicação do Método MeDiNa e leituras de deflexão com FWD e viga Benkelman. **TRANSPORTES**, [S.L.], v. 29, n. 4, p.1-14, 2021.

NÓBREGA, Eduardo Suassuna. **Comparação entre métodos de retroanálise em pavimento asfáltico**. 2003. 365 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: http://www.coc.ufrj.br/en/component/docman/?task=doc_download&gid=1852&Itemid. Acesso em: 16 mai. 2023.

NOURELDIN, A. Samy; ZHU, Karen; LI, Shuo; HARRIS, Dwayne. Network Pavement Evaluation with Falling-Weight Deflectometer and Ground-Penetrating Radar. **Transportation Research Record**, [S.L.], v.1860, n.1, p. 90–99. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.3141/1860-10>. Acesso em: 22 ago. 2023.

OBEREZ, Maria Elena; KASS, Said; HILDERMAN, Stan; AHMMED, Alauddin; TANG, William. Estimating Base Layers and Subgrade Moduli for ME Pavement Design in Manitoba. *In*: CONFERENCE OF THE TRANSPORTATION ASSOCIATION OF CANADA 1, Charlottetown, 2015. **Anais [...]**. Charlottetown: CTAC, 2015.

ODA, Tetsuya; BAROLLI, Admir; SPAHO, Edjola; BAROLLI, Leonard; XHAFA, Fatos. Analysis of mesh router placement in wireless mesh networks using friedman test. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFORMATION NETWORKING AND APPLICATIONS*, 28, Victoria, 2014. **Anais [...]**. Victoria: IEEE, 2014. p. 289-296.

OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de. **Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento de pavimentos aeroportuários como apoio à tomada de decisão sobre estratégias de manutenção e reabilitação**. 2016. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/15892/1/2016_tese_fholiveira.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

ORGANIZAÇÃO DA AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL. **Aerodrome Design Manual-Parte 3 -Pavimentos**. 2. ed. Internacional Civil Aviation Organization. Montreal, Ottawa, 1983.

ORGANIZAÇÃO DA AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL. **Aerodrome Design and Operations**. 9. ed. Internacional Civil Aviation Organization. Montreal, Ottawa, 2022.

OSMAN, Ferdi Lulian. **Airport pavements evaluation**. 2015. 77 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Geotecnia) - Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Nova Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/16102/1/Osman_2015.pdf. Acesso em 12 dez. 2024;

PEREIRA, Deividi da Silva. **Estudo do comportamento de pavimentos de concreto simples em condições de aderência entre placa de concreto e base cimentada ou asfáltica**. 2003. 315f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-07102003-011116/publico/Tese_Doutorado_Deividi_da_Silva_Pereira.pdf. Acesso em: 11 out. 2022.

PIGOZZI, Franco; PORTAS, Silvia; Maltinti, Francesca; Coni, Mauro. Analysis of runway deflectometer campaign for implementation on Airport Pavement Management System. **The International Journal of Pavement Engineering and Asphalt Technology**, [S.L.], v.15, n. 2, pp. 11-26, 2014. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/http://archive.sciendo.com/IJPEAT/ijpeat.2014.15.issue-2/ijpeat-2013-0009/ijpeat-2013-0009.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2024.

PIMENTEL-GOMES, Frederico. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq, 2009, 451 p.

PREUSSLER, E. S.; VALE, A. F.; CARVALHO, R. L.E.; PINTO, I. E. Retroanálise processos para avaliação estrutural de pavimentos. *In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO*, 32, 2000, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: RAPv, 2000. p. 336-346.

PREUSSLER, Leonardo Appel. **Contribuição ao estudo de deformabilidade de camadas de pavimentos**. 2007. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PRIDDY, Lucy. P; ALESSANDRA BIANCHINI; CARLOS R. GONZALEZ e CAYCE S. DOSSETT. **Evaluation of Procedures for Backcalculation of Airfield Pavement Moduli**. 1.

ed. Vicksburg: ERDC/GSL, 2015.

RAAB, Christiane; GRENFELL James; ABD, El Halim; MANFRED, Partl. Comparison of Interlayer Bond Behavior Due to Ageing. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TESTING AND CHARACTERIZATION OF SUSTAINABLE AND INNOVATIVE BITUMINOUS MATERIALS*, 8, Ancona, 2004. **Anais [...]**. Ancona: RILEM SIB, 2004. p. 7-9. Disponível em: doi:10.1007/978-94-017-7342-3_26. Acesso em 07 out. 2022.

RAHIM, Ashaf; GEORGE, K. P. Falling Weight Deflectometer for Estimating Subgrade Elastic Modulus. **Journal of Transportation Engineering - ASCE**, [S.L.], v. 129, n. 1, p. 100-107, 2003.

RÉUS, Thaís Ferrari; FONTENELE, Heliana Barbosa. 2021. Effect of Variations in Layer Thickness and Resilience Modulus on Flexible Pavement Performance. **Research, Society and Development**, [S.L.], v.10, n. 8, p.1-15, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17466>. Acesso em 06 ago. 2022.

ROCHA FILHO, Nelson. Rodrigues; RODRIGUES, R. M. Levantamentos Deflectométricos: fatores que influenciam na previsão de desempenho de pavimentos. *In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO*, 31, São Paulo, 1998. **Anais [...]**. São Paulo: RAPV, 1998. p. 751 - 767.

ROCHA FILHO, Nelson. Rodrigues. **Estudo de Técnicas para Avaliação Estrutural de Pavimentos por Meio de Levantamentos Deflectométricos**. Dissertação (Mestrado em Infraestrutura de Transportes), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 1996.

ROCHA, Marcos Lamha; MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira; SILVA, Rafael Cerqueira; MOTTA, Laura Maria Goretti. Influência da condição de aderência entre camadas no dimensionamento de reforço de pavimentos asfálticos. **TRANSPORTES**, [S.L.], v. 29, v. 2, p.1-17, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/transportes.v29i2.2419>. Acesso em 13 jul. 2023.

ROCHA, Marcos; MARQUES, Geraldo; SILVA, Rafael; LANA, Gustavo. Influence of Seed Layer Moduli on Backcalculation Procedure and on Overlay Design of Flexible Pavements. **Transportation Research Record**, [S.L.], v.2676, n.1, p.341–357, 2022. Disponível em <https://doi.org/10.1177/03611981211065753>. Acesso em: 11 mai. 2023.

ROCHA, Sergio; TANDON, Vivek; NAZARIAN Soheil. Falling Weight Deflectometer Fleet. **Road Materials and Pavement Design**, [S.L.], v.5, n.2, p. 215-238, 2004.

ROMANOSCHI, Stefan; METCALF, John. Simple Approach to Estimation of Pavement Structural Capacity. **Transportation Research Record**, [S.L.], v. 1652, n. 1, p. 198-205, 1999.

ROMANOSCHI, Stefan; METCALF, John. Effects of Interface Condition and Horizontal Wheel Loads on the Life of Flexible Pavement Structures. **Transportation Research Record**, [S.L.], v. 1778, n. 1, p. 123-131, 2001.

ROMANOSCHI, Stefan; METCALF John. Errors in pavement layer moduli backcalculation due to improper modeling of the layer interface condition. *In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD*, 82, Washington, 2003. **Anais [...]**. Washington: TRB, 2003.

ROUSSEL, Jean-Marie; HERVÉ Cédric Sauzéat; BENEDETTO, Di; BROUTIN, Michaël. Numerical simulation of falling/heavy weight deflectometer test considering linear viscoelastic behaviour in bituminous layers and inertia effects, **Road Materials and Pavement Design**, [S.L.], v. 20, p. 1-15, 2019.

SALTAN, Mehmet; TERZI, Serdal. Modeling deflection basin using artificiais neurais networks with cross-validation technique in backcalculating flexible pavement layer moduli. **Advances in Engineering Software**, [S.L.], v. 39, n. 7, p. 588-592, 2008.

SANTOS, Henrique Carlos Albuquerque; SOARES, Jorge Barbosa. Obtenção de módulos de resiliência em laboratório e por meio de retroanálise em rodovias no estado do Ceará e o efeito no dimensionamento de pavimentos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTES, 14, Ouro Preto, 2015. **Anais [...]**. ANPET, Ouro Preto: ANPET, 2015.

SANTOS, Thaís Aquino; SPECHT, Luciano Pivoto.; PINHEIRO, Rinaldo José Barbosa; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; BRITO, Lélío Antônio Teixeira. Avaliação da resistência e da deforma-ção resiliente de quatro solos de subleitos rodoviários no estado do Rio Grande do Sul. **Transportes**, [s.l.], v. 27, n. 1, p.48-64, 2019, disponível em: <http://dx.doi.org/10.14295/transportes.v27i1.1531>

SCHERER, Renan Gustavo. **Estudo da influência da condição de aderência entre camadas de pavimentos em seu comportamento mecânico**. 2018. 172 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

SCHMALZER Peter. **Long-term pavement performance pro-gram manual for falling weight deflectometer measurements**. 1 ed. United States: FHA, 2006, P3 p.

SEYCHELLES CIVIL AVIATION AUTHORITY. **Criteria and associated guidelines regulating use of pavements by aircraft with an ACN higher than the reported PCN**. Seychelles: Civil Aviation Authority, 3. ed, 2008.

SILVA, Taciano de Oliveira; CARVALHO, Carlos Alexandre Braz; LIMA, Dario Cardoso; CALIJURI, Maria Lucia; MACHADO, Carlos Cardoso. Influência do tráfego de veículos comerciais em rodovias vicinais não pavimentadas: estudo de caso aplicado à VCS 346, Viçosa, MG. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 35, n. 3, p. 539-545, 2011.

SILVA, Samuel de Almeida Torquato. **Desenvolvimento de ferramenta de retroanálise de pavimentos asfálticos baseada no método dos elementos finitos**. 2014. 65 fls. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SILVA, Samuel de Almeida Torquato; SOARES, Jorge Barbosa; HOLANDA; Aurea Silva; OLIVEIRA; Jardel Andrade. Utilização do método dos elementos finitos em retroanálise de pavimentos flexíveis. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, 18, Curitiba, 2014. **Anais [...]**. Curitiba: ANPET, 2014.

SILVA, Samuel de Almeida Torquato; BASTOS, Jusceline Batista dos Santos; SOARES, Jorge Barbosa. Influência da Aderência na Análise de Pavimentos Asfálticos. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 44, Foz do Iguaçu, 2015. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: RAPV, 2015.

SILVA, Samuel de Almeida Torquato; BABADOPULOS, Lucas Feitosa Albuquerque Lima; BASTO, Juceline Batista Santos Bastos; OLIVEIRA, José Lucas Ferreira; PARENTE

JUNIOR, Evandro; FURTADO, Lia Beatriz Gomes. Efeito da incerteza dos parâmetros de entrada da retroanálise sobre a avaliação estrutural de pavimentos asfálticos. *In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES*, 27, Santos, 2023. **Anais [...]**. Santos: ANPET, 2023.

SILVÉRIO, Letícia Carlos. **Análise empírico-mecânica de pavimento asfáltico para verificação da influência dos módulos resilientes nos parâmetros de deformabilidade das camadas do pavimento e subleito**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, 2021. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/search/results?sort=year&filter%5B%5D=network_name_str%3A%22Biblioteca+Digital+de+Teses+e+Disserta%C3%A7%C3%B5es+da+UFCG%22&filter%5B%5D=dc.contributor.advisor1.fl_str_mv%3A%22RODRIGUES%2C+John+Kennedy+Guedes.%22&join=AND&bool0%5B%5D=AND&lookfor0%5B%5D=&type0%5B%5D=AllFields. Acesso em: 17 de fev. 2023.

SIMM JÚNIOR, Guido Paulo. **Estudo do comportamento de estruturas de pavimentos com materiais alternativos visando a redução dos custos de pavimentação no estado de Santa Catarina**. 2007. 333 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/74645/discover?filtertype_0=subject&filter_relational_operator_0=equals&filter_0=Avalia%C3%A7%C3%A3o&filtertype=subject&filter_relational_operator=equals&filter=Engenharia+civil. Acesso em: 10 fev. 2023.

SMITH, Kurt; BRUINSMA, James; WADE, Monty; CHATTI, Karim; VANDENBOSSCHE, Julie; YU, Thomas. **Using Falling Weight Deflectometer Data with Mechanistic-Empirical Design and Analysis**. 1. ed. Washington: FHWA-HRT, 2017.

STRAUBE, E; JANSEN, D. Temperature correction of falling weight deflectometer measurements. *In: International Conference Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields*, 9, Champaign, 2009. **Anais [...]**. Champaign: BCR2A, 2009. p. 789-798.

STUBSTAD, R. N; BALTZER, S; LUKANEN, E. O; ERTMAN-LARSEN, H. J. Prediction of AC Mat temperatures for routine load/deflection measurements. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE BEARING CAPACITY OF ROADS AND AIRFIELDS*, 4, Minneapolis, 1994. **Anais [...]**. Minneapolis: BCR2A, 1994, p. 401- 412.

SUN, Junyu; CHAI, Gary; OH, Erwin; BELL, Phil. A Review of PCN Determination of Airport Pavements Using FWD/HWD Test. **International Journal of Pavement Research and Technology**, [S.L.], v.16, n.1, p.908-926, 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42947-022-00170-1>. Acesso em: 19 jul. 2022.

SUTANTO, Muslich Hartadi. **Assessment of bond between asphalt layers**. 2010. 294f. Tese. (Doutorado em Engenharia) - Universidade de Nottingham, Nottingham, 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33564403.pdf>. Acesso em 21 jun. 2022.

TAREFDER, Rafiqul A; AHMED, Mesbah U. Modeling of the FWD Deflection Basin to Evaluate Airport Pavements. **International Journal of Geomechanics**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 205-213, 2014.

TERZI, Serdal; SALTAN Mehmet; KÜÇÜKSILLE, Ecir Uğur; KARASAHIN, Mustafa. Backcalculation of pavement layer thickness using data mining. **Neural Computing and**

Applications, [S.L.], v. 23, n. 5, p. 1369–1379, 2013.

TILIOUINE, B; SANDJAK, K; ALI-HAIMOUDI, C. Y; HAMMOUTÈNE, M. Effects of Interface Condition on Performance of Road Pavements with Non-linear Granular Materials. **Advanced Materials Research**, v. 587, n. 1, p. 102-106, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272106399_Effects_of_Interface_Condition_on_Performance_of_Road_Pavements_with_Non-Linear_Granular_Materials. Acesso em: 10 de jan. 2023.

TILIOUINE, Boualem; SANDJAK, Khaled; ALI-HAIMOUDI, Chouaib-Yassine; HAMMOUTÈNE, Malek. Effects of Interface Condition on Performance of Road Pavements with Non-linear Granular Materials. **Advanced Materials Research**, [S.L.], v. 587, n. 1, p. 102-106, 2012.

TUTKA, Pawel; NAGÓRSKI, Roman; ZŁOTOWSKA, Magdalena; RUDNICKI, Marek. Sensitivity Analysis of Determining the Material Parameters of an Asphalt Pavement to Measurement Errors in Backcalculations. **Materials**, [S.L.], v. 14, n. 4, p. 1-16, 2021.

TUTUMLUER, Erol; STARKER, Priyanka; Development of Improved Pavement Rehabilitation Procedures Based on FWD Backcalculation. *In: REGIONAL UNIVERSITY TRANSPORTATION CENTER FINAL REPORT*, 5, Washigton 2014. **Anais [...]**. Washigton: NEXTRANS, 2014.

ULLIDTZ, P. Will non-linear backcalculation Help?. *In: International Symposium on Nondestructive testing of pavements and backcalculation of moduli*, 3, West Conshohocken, 2000. **Anais [...]**. West Conshohocken: ASTM, 2000. p. 14-22.

ULLIDTZ, Per; COETZEE, N. F. Analytical procedures in nondestructive testing pavement evaluation. **Transportation Research Board**, [S.L.], v.1482, p.61-66, 1995.

VALLE, Paola Dalla; THOM, Nick. Improvement to method of equivalent thicknesses (MET) for calculation of critical strains for flexible pavements. **Internacional journal of Pavement Engineering**. [S.L.], v.19, n.12, p.1053-1060, 2018.

VAN GURP C. Consistency and Reproducibility of Falling Weight Deflections. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING SURVEYING*, 7, Lisbon, 1991. **Anais [...]**. Lisbon: INGEO, 1991, p. 291-305. Disponível em: https://fig.net/resources/proceedings/2017/2017_10_INGEO/12PR_TS2-2_Neves.pdf. Acesso em: 18 nov. 2023.

VARMA, Sudhir; KUTAY, Emin. Backcalculation of viscoelastic and nonlinear flexible pavement layer properties from falling weight deflections, **International Journal of Pavement Engineering**, [S.L.], v. 17, n. 5, p. 388-402, 2016.

VIEIRA, Gustavo Henrique Veronese. **Avaliação estrutural de pavimentos urbanos a partir de ensaios de campo e retroanálise**. 2020. 197f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2020. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cct/id_cpmenu/706/2020_05_15_Gustavo_Henrique_Verones_e_Vieira_15948262939816_706.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

VIEIRA, Gustavo Henrique Veronese; FARDIN, Emerson Fardin. Dimensionamento de pavimentos semirrígidos: identificação de fatores influentes na deflexão máxima. **Revista nacional de gerenciamento de cidades**, [S.L.], v.8, n. 63, p.70-83, 2020. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/2466. Acesso em: 18 jul. 2023.

VIEIRA, Ricardo Amaral Cabral. **Dimensionamentos de Pavimentos Aeroportuários: A Consideração de Novas Orientações**. 2015. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2015. Disponível em: <https://scholar.tecnico.ulisboa.pt/api/records/mjIQjvKcIpw-1ADs8OIZd3TRRxjFmdRsnNWZ/file/48c6033ff9b1a7859b1dda61cbde63531409515abfdc07681ba452d0af357e44.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2023.

VON QUINTUS, Harold; SIMPSON, A.L. **Backcalculation of Layer Parameters for LTPP Test Sections, Volume II: Layered Elastic Analysis for Flexible and Rigid Pavements**. 1 ed. Washington: FHWA, 2002.

VRANCIANU, Irinel Diana. **Definition of Homogeneous Road Sector According to COST 336**. Lisboa, 2006.

WAILA, Ashish; KUMAR, JAIN, S. S. Praveen. Review on Development of Backcalculation Methodologies adopted for determining Pavement Response using FWD. *In: COLLOQUIUM ON TRANSPORTATION SYSTEMS ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 5, Surate, 2018. **Anais [...]**. Surate: CTSEM20, 2018.

WHITE, Greg; BEEHAG, Josh. **Variability and Repeatability of Falling Weight Deflectometer survey results for airport pavement management**. *In: CONFERENCE OF MANAGING PAVEMENT ASSETS*, 11., 2022. Chicago. **Anais [...]**. Chicago: ICMFA, 2022. Disponível em: <<https://trid.trb.org/view/1322626> >. Acesso em: 20 abr. 2023.

WITCZAK, M. W. Uses and Misuses of Pavement Deflection Data. *In: International Symposium on Pavement Evaluation And Overlay Design*, 2, Rio de Janeiro, 1989. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ARRB, 1989.

WU, Shuhua; CHEN, Huaxin; ZHANG, Jiupeng; ZHANG, Zhonghua. Effects of interlayer bonding conditions between semi-rigid base layer and asphalt layer on mechanical responses of asphalt pavement structure. **International Journal of Pavement Research and Technology**, [S.L.], v.10, n.3, p.274–281, 2017. Disponível em: doi: 10.1016/j.ijprt.2017.02.003. Acesso em: 07 jul. 2023.

YANTI, Sri Sunarjono; AGUS, Riyanto; NURUL Hidayati; ALFIA, Magfirola. Visual assessment deterioration analysis of runways at Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggan Airport Balikpapan. *In: CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY, AND INDUSTRIAL APPLICATION*, 5, Surakarta, 2019. **Anais [...]**. Surakarta: ICETIA 2019, p.1-8.

YIN, Derek; MRAWIRA, Donath. Comparison between laboratory investigation and non-destructive testing methods for mechanistic characterization of asphalt pavement. *In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD*, 88, Washington, 2009. **Anais [...]**. Washington: TRB, 2009. p. 09-39.

ZANETTI, Flavio Serpa. **O uso de redes neurais artificiais como ferramenta para auxiliar na determinação da vida útil de pavimentos flexíveis**. 2008. Dissertação (Mestrado em Infra-Estrutura de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

ZHAO, Yanqing; CAO Dantan; CHEN, Peisong. Dynamic backcalculation of asphalt pavement layer properties using spectral element method. **Road Materials and Pavement Design**, [S.L.], v.16, n.4, p. 870–888, 2015.

ZHENG, Yuanxun; ZHANG, Peng; LIU, Heng. Correlation between pavement temperature and deflection basin form factors of asphalt pavement. **International Journal of Pavement Engineering**, [S.L.], v. 20, n.8, p. 874–883, 2017.

ZIMMERMAN, Donald; ZUMBO, Bruno. Relative power of the Wilcoxon test, the Friedman test, and repeated-measures ANOVA on ranks. **The Journal of Experimental Education**, [S.L.], v. 62, n. 1, p. 75-86, 1993.

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA O CÁLCULO DO PCR USANDO DADOS DEFLECTOMÉTRICOS (EQUIPAMENTO HWD)

1. MÓDULO DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS

No Brasil, assim como no restante do mundo, o uso de modelos totalmente empíricos para o dimensionamento e avaliação dos pavimentos está sendo substituído pelos métodos mecanístico-empíricos, que levam em consideração as características mecânicas dos materiais que constituem as estruturas. Um dos dados de entrada cruciais é o módulo de elasticidade das camadas, o qual pode ser obtido por meio de ensaios destrutivos e não destrutivos. Os ensaios não destrutivos são frequentemente realizados por equipamentos deflectométricos, como FWD e HWD. Esses equipamentos aplicam uma carga na superfície do pavimento e medem, por meio de sensores, os deslocamentos verticais que ocorrem nas camadas. Os dados deflectométricos coletados por cada sensor formam o que é conhecido como bacia deflectométrica, que é o principal parâmetro utilizado no processo de retroanálise.

Apesar da importância do procedimento de retroanálise e da utilização dos seus resultados no cálculo da capacidade de suporte dos pavimentos aeroportuários, ainda persistem dúvidas quanto à maneira correta de trabalhar com esses dados. Em outras palavras, como empregá-los de maneira adequada no novo Método ACR/PCR, que entrará em vigor a partir de novembro de 2024. Desse modo, a Figura 1 uma proposta de roteiro para análise, interpretação e aplicação dos dados deflectométricos no Método ACR/PCR.

Figura 1 - Proposta de protocolo para o emprego de dados deflectométricos no Método ACR/PCR



Fonte: Adaptado de Chou, Wang e Tsai (1990), FAA (2011) e SUN *et al.*, 2022.

1.1. ANÁLISE PRELIMINAR DOS DADOS BRUTOS

É fundamental destacar que a carga aplicada pelo equipamento deflectométrico na superfície do pavimento sofre pequenas variações. Por exemplo, neste estudo, um HWD configurado para um carregamento de 200 KN aplicou uma força que variou de 179,88 KN a 205,93 KN (é crucial considerar essas oscilações nos resultados obtidos). Diante disso, para que seja possível, uma comparação da capacidade estrutural do pavimento avaliado, em diferentes pontos, recomenda-se a realização da normalização das deflexões das bacias deflectométricas para uma carga padrão (interpolação linear, em função da carga pré-estabelecida e da carga realmente aplicada) (Equação 1), conforme recomendado pela FAA (2011). Caso as oscilações não sejam relevantes para o diagnóstico da estrutura, pode-se inserir os arquivos brutos diretamente no *software* de retroanálise escolhido.

$$\text{Deflexão normalizada} = \text{deflexão HWD} * \frac{\text{Carga padrão}}{\text{Carga aplicada pelo FWD/HWD}} \quad (\text{Equação 1})$$

Como o ensaio FWD/HWD pode se estender por horas e, em alguns casos, até dias, os levantamentos deflectométricos são conduzidos sob diferentes condições de temperatura. Diante disso, a correção de temperatura dos dados obtidos pelo FWD/HWD e, conseqüentemente, do processo de retroanálise, pode ser realizada por meio de duas abordagens distintas. A primeira dessas abordagens está relacionada à correção da temperatura por meio de ajustes aplicados às bacias deflectométricas, que posteriormente são utilizadas para calcular os módulos de elasticidade (BŘEZINA, MACHEL e ZAVŘEL, 2022). Para esse procedimento, existe diversas equações, como as desenvolvidas por Kin et al. (1995) (Equação 2) Chen et al. (2000) (Equação 3) e Straube e Jansen (2009). No entanto, de acordo com Březina, Machel e Zavřel (2022), a influência da correção da temperatura diminui à medida que a distância em relação ao eixo de carga aumenta, tornando-se insignificante a partir de uma determinada distância. Por sua vez, Straube e Jansen (2009), discorrem que o efeito da temperatura nas deflexões pode ser desprezado quando a distância for superior a 600 mm em relação a força aplicada.

$$D_{68} = 10^{\alpha(68-T)} Dt \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

D_{68} = deflexão ajustada à temperatura de referência;

D_T = deflexão à temperatura de ensaio;

$\alpha = 3,67 \cdot 10^4 \cdot t^{1,4535}$;

t = espessura da camada asfáltica (in);

T = temperatura na parte central da camada betuminosa no momento do ensaio (°F).

$$D_{0,T,r} = D_{0,T} \left(\frac{1.0823^{-0.0098t}}{0.8631} T_r^{0.8316} T^{-0.8419} \right) \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$D_{0,Tr}$ = deflexão máxima ajustada para a temperatura T_r (mm);

$D_{0,T}$ = deflexão máxima medida na temperatura T (mm);

T_r = temperatura de referência definida pelo usuário (°C);

T_{32} = temperatura ao nível médio da camada de revestimento asfáltico (°C) no momento do teste FWD;

t = espessura da camada de revestimento asfáltico (mm).

A segunda opção consiste em ajustar os módulos de elasticidade após o processo de retroanálise para uma temperatura específica (BŘEZINA; MACHEL; ZAVŘEL, 2022). Para isso, são empregadas várias temperaturas de referência em todo o mundo, dependendo do projeto construtivo e mecânico (cálculo de previsão da vida residual e de espessura da camada de revestimento), e essas estão diretamente vinculadas ao método empregado. Frequentemente são usadas como temperaturas de referência os valores de 20 °C (BALTZER e JANSEN (1994)) e de 25 °C (CHEN *et al.* (2000)). Uma das equações mais utilizada para isso foi desenvolvida por Chen *et al.* (2000) (Equação 4).

$$E_{25^{\circ}\text{C}} = \frac{E_T T^{2.81}}{18500} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

$E_{25^{\circ}\text{C}}$ definindo como o módulo de elasticidade para a temperatura de referência de 25°C (MPa);

E_T como o módulo de elasticidade retroanalizados para a temperatura T (MPa);

T como a temperatura da camada asfáltica durante o ensaio (°C).

1.2. DELIMITAÇÃO DOS SEGMENTOS HOMOGÊNEOS

Precedente avaliação empírico-mecânica, separa-se a PPD em segmentos homogêneos que caracterizam locais com características similares quanto à sua condição estrutural. Para isso, podem ser utilizados deflexão (D_0), defeitos de superfície, trincamento, afundamento em trilhas de roda (ATR), irregularidade longitudinal – medida na escala *International Roughness Index* (IRI) – e espessura da camada de revestimento medida por

Ground Penetrating Radar (GPR). Para a sua determinação em pavimentos aeroportuários, podem-se empregar duas abordagens, o método das diferenças acumuladas desenvolvida pelo AASHTO (1993) e o *Impulse Stiffness Modulus* (ISM) desenvolvido pela FAA (2011).

O método das diferenças acumuladas, conforme Vrancianu (2006), Cafiso e Graziano (2012) e Bernucci *et al.* (2022) é recomendado quando se tem dados de levantamentos deflectométricos, que consiste na seguinte sequência de cálculo:

- a) Calcula-se o valor médio da deflexão para todo o trecho \bar{D}_i ;
- b) Calcula-se a diferença entre cada valor individual e o valor médio;
- c) Calculam-se os valores acumulados das diferenças;
- d) Plotam-se em um gráfico contendo nas abscissas as distâncias acumuladas e nas ordenadas os valores acumulados das diferenças.

De maneira geral, os cálculos utilizados seguem as expressões de cálculos mostradas nas Equações 5 a 9. Onde \bar{D}_i é a deflexão máxima do ponto de ensaio i , A_i a área entre estações e curva, A_c área acumulada, L_c a distância cumulada e Z_i a soma acumulada dos desvios da média ao ponto de ensaio;

$$\text{Deflexão média } \bar{D}_i = \frac{D(i-1)+D_i}{2} \quad (\text{Equação 5})$$

$$\text{Área entre estações e curva } A_i = D_i * \Delta l_i \quad (\text{Equação 6})$$

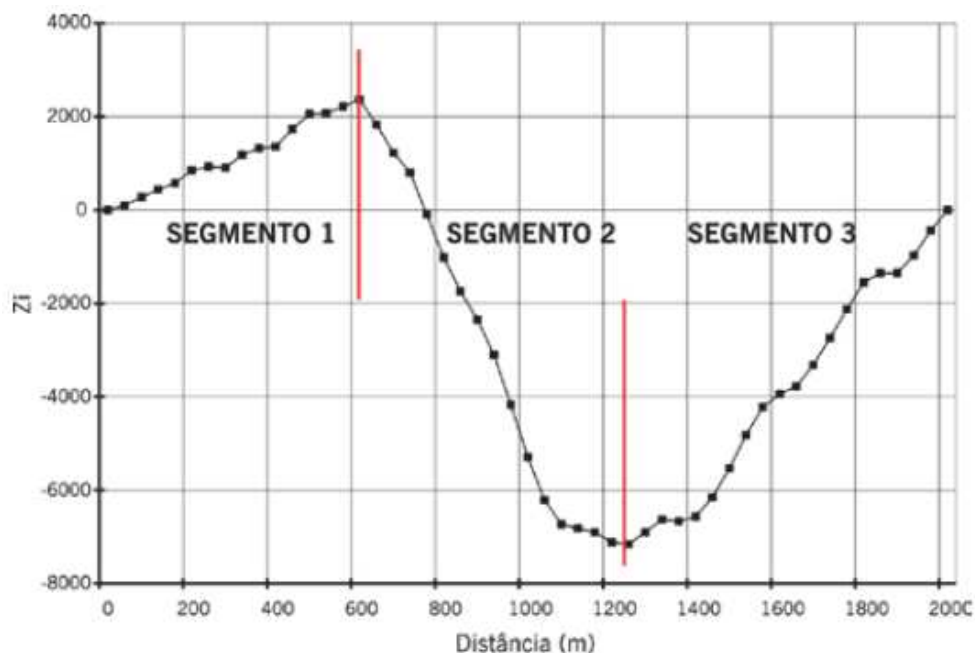
$$\text{Área acumulada } A_c = \sum_{i=1}^n A_i \quad (\text{Equação 7})$$

$$\text{Distância acumulada } L_c = \sum_{i=1}^n \Delta A_i \quad (\text{Equação 8})$$

$$\text{Diferença acumulada } Z_i = \sum A_i - tg\alpha \sum \Delta l_i \quad (\text{Equação 9})$$

Conforme Bernucci *et al.* (2022), cada variação de coeficiente angular da curva obtida indica uma mudança do comportamento médio de determinado segmento para outro, delimitando as extremidades dos segmentos homogêneos. A Figura 2 exibe um gráfico obtido por esse método, diferenças acumuladas. Além da divisão do trecho em segmentos com base na deflexão máxima (D_0), pode ser utilizados outros parâmetros, como por exemplo defeitos de superfície, trincamento, afundamento em trilhas de roda (ATR) e irregularidade longitudinal medida na escala *Internacional Roughness Index* (IRI) (MARTINS, SILVA e MARQUES, 2018).

Figura 2 - Exemplo de delimitação dos segmentos homogêneos pelo método das diferenças acumuladas da AASHTO (1993)



Fonte: Bernucci *et al.* (2022).

Por sua vez, a vantagem de usar o ISM é a simplicidade de cálculo (Equação 10). Em relação à sua aplicação em pavimentos de aeródromos, esse parâmetro pode ser usado em análises preliminares de pistas de pouso, vias de táxi ou pátios para identificar seções estruturalmente homogêneas nas instalações. Valores crescentes do ISM indicam aumento na resistência do pavimento (GROGAN *et al.*, 1998, FAA, 2011).

$$\text{ISM} = \frac{F}{D_0} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

ISM = *Impulse Stiffness Modulus* (kN/mm);

F = Força aplicada (KN)

D₀ = Deflexão máxima

1.3. PROCESSO DE RETROANÁLISE

Conforme Bernucci *et al.* (2022) e Ahmed (2010), no processo de retroanálise são necessários alguns dados de entrada (*input seeds*), como configuração de carregamento, bacia deflectométrica de campo, seção-tipo do pavimento, coeficiente de Poisson e valores dos módulos de elasticidade iniciais (denominado módulos sementes) dos materiais que constituem cada camada estrutural. Romanoschi e Metcal (1999) e Kargah-Ostadi e Stoffels (2015)

complementam que os dados de entradas necessários podem variar conforme o *software* empregado e o método de análise utilizado (Teoria da Elasticidade ou Método dos Elementos Finitos).

Durante o procedimento de retroanálise, é gerada uma nova bacia deflectométrica (teórica), baseada no comportamento físico esperado para a estrutura e os parâmetros iniciais de entrada (*input seeds*). Para a estimativa dos valores de módulos de elasticidade, ocorre um processo iterativo, em que as deflexões teóricas são comparadas com às deflexões reais (medidas em campo), ocorrendo um ajuste entre as curvas deflectométricas, alterando os valores de módulos de elasticidade até que o critério de convergência (bacia teórica e real) esteja dentro de uma tolerância aceitável (ARMED, 2010). Macêdo (1996) discorre que esse procedimento apresenta cinco etapas básicas:

- a) Estimativa dos módulos de elasticidade iniciais, ou sementes (*seed values*), por meio de algum banco de dados;
- b) Cálculo da bacia deflectométrica teórica com os dados estimados inicialmente;
- c) Comparação entre a bacias deflectométrica teórica e real;
- d) Ajuste dos módulos de modo que reduza as diferenças entre as medidas calculadas e medidas;
- e) Repetição dos passos b, c e d até que o erro esteja dentro do limite de tolerância adotado

Conforme Zanetti (2008), uma das críticas da retroanálise é que como não existe um valor único de módulo de elasticidade inicial padronizado para cada material empregado nos pavimentos, a depender dos valores sementes adotadas para a estrutura, pode-se obter diferentes conjuntos de módulos elasticidade finais que atendam aos critérios de convergências entre as bacias deflectométricas teóricas e reais, o que seria considerado como satisfatório, porém, podem não representam a realidade da estrutura analisada. Em virtude disso, o DER/SP (2006) e a FAA (2011) trazem em seus manuais de instruções de projetos, as Tabelas 1 e 2, respectivamente com valores usuais recomendados para as propriedades de elasticidade dos materiais adotados em obras de pavimentação.

Tabela 1 – Valores usuais de módulos de elasticidade recomendados pelo DER/SP

Materiais	Intervalos de valores de Módulo de elasticidade (MPa)	
Concretos asfálticos		
Revestimento (CAP 50-70)	2.000-5.000	
Revestimento (CAP 30-45)	2.500-4.500	
<i>Binder</i> (CAP 50-70)	2.000-3.000	
<i>Binder</i> (CAP 30-45)	2.500-4.000	
Materiais granulares		
Brita granulares	150-300	
Macadame Hidráulico	250-450	
Solos finos em base e sub-base	150-300	
Materiais estabilizados quimicamente		
Solo-cimento	5.000-10.000	
Brita graduada tratada com cimento	7.000-18.000	
Concreto compactado com rolo	7.000-22.000	
Concreto cimento <i>Portlnad</i>	30.000-35.000	
Solos finos em subleito e reforço do subleito		
Solos de comportamento laterítico LA, LA', LG'	100-200	
Solos de comportamento não laterítico	25-75	
Solos finos melhorados com cimento para reforço de subleito	200-400	
Concreto de cimento <i>Portland</i>	28.000-45.000	

Fonte: DER/SP (2006).

Tabela 2 – Valores usuais de módulos de elasticidade recomendados pelo FAA

Materiais	Módulo de elasticidade (MPa)		
	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo
Revestimento asfáltico	500	3.500	14.000
Revestimento em Concreto de cimento <i>Portland</i>	7.000	35.000	60.000
Base em concreto	7.000	14.000	20.000
Base tratada com asfalto	700	3.500	10.000
Base tratada com cimento	1.400	5.000	14.000
Solo granular para base	70	200	350
Solo granular para sub-base e subleito	30	100	200
Solo estabilizado	70	350	1.400
Solo coesivo	20	50	170

Fonte: Adaptado de FAA (2011a).

Assim como os módulos de elasticidade iniciais para as camadas, também são necessários os coeficientes de Poisson para os materiais que constituem o pavimento avaliado. Os valores usuais recomendados desse parâmetro para serem empregados no procedimento de retroanálise são mostrados na Tabela 3 e 4, respectivamente para o DER/SP (2006) e FAA (2011).

Tabela 3 – Valores Usuais de coeficiente de Poisson recomendados pelo DER/SP

Materiais	Intervalo de valores de coeficiente de Poisson	Valor Recomendado de Coeficiente de Poisson
Concreto de cimento Portland	0,10-0,20	0,15
Materiais estabilizados com cimento	0,15-0,30	0,20
Misturas asfálticas	0,15-0,45	0,30
Materiais granulares	0,30-0,40	0,35
Solos do subleito	0,30-0,50	0,40

Fonte: DER/SP (2006).

Tabela 4 – Valores Usuais de coeficiente de Poisson recomendados pelo FAA

Materiais	Valor mínimo	Valor máximo
Concreto asfáltico ou base tratada com asfalto	0,25	0,40
concreto de cimento Portland	0,10	0,20
Base tratada com asfalto ou com cimento	0,15	0,25
Solo granular para base, sub-base e subleito	0,20	0,40
Solo estabilizado	0,15	0,30
Solo coesivo	0,30	0,45

Fonte: Adaptado de FAA (2011a).

Segundo Romanoschi e Metcalf (2003) e Tiliouine *et al.* (2012), no processo de retroanálise, os módulos de elasticidade são sensíveis à condição de interface, influenciando na prescrição do desempenho estrutural do pavimento sob condições de tráfego. Desse modo, deve ser utilizado um modelo de condição de interface que representa as características em campo de maneira confiável ao comportamento elástico das camadas (TILIOUINE *et al.*, 2012).

Wu *et al.* (2017) complementa que durante a modelagem do pavimento no processo de retroanálise existem três possíveis condições de contato na interface (aderência total, parcial e nula). Contudo, Huang (2003) recomenda que durante o procedimento de retroanálise, deve-se assumir que os pavimentos flexíveis são formados por materiais asfálticos sobre camadas granulares não aderidas entre si.

Para a aceitação ou rejeição do conjunto final de módulos de elasticidade mensurados pelo software para o pavimento, Medina, Macedo e Motta (1994) acrescentam que há diversas métricas possíveis de se estabelecer o critério de convergência entre essas bacias deflectométricas (teóricas e de campo). Dentre esses critérios matemáticos, Albernaz, Motta e Medina (1995) citam o erro relativo calculado para cada ponto da bacia, o somatório dos módulos das diferenças relativas, o somatório das diferenças absolutas aos quadrados ponderados, o somatório das diferenças relativas aos quadrados ponderados e a raiz média quadrada. Entretanto, o melhor critério segundo a ASTM (2015) para se definir a acurácia no procedimento de retroanálise é o *Root Mean Square Error* – RMSE, mostrada na Equação 11.

$$RMSE (\%) = 100 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{dmi-dcij}{dmi} \right)^2 \right]}{n}} \quad (\text{Equação 11})$$

1.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE COM BASE NOS SEGMENTOS HOMOGÊNEOS

Após a determinação dos segmentos homogêneos e da retroanálise, realiza-se um tratamento estatístico das deflexões recuperáveis com o objetivo de eliminar os dados espúrios (*outliers*), seguindo as recomendações da FAA (2011), para cada um deles. Essa análise estatística constituiu-se no cálculo das deflexões médias (\bar{x}), do desvio padrão (σ) e da determinação da bacia deflectométrica característica do segmento proposto. Para isso, segue-se procedimento descrito abaixo:

- a) Calcula-se as médias aritméticas das deflexões de cada geofones (\bar{x}), o desvio padrão (σ) e coeficiente de variação (CV) das deflexões recuperáveis obtidas em cada um dos segmentos homogêneos;
- b) Estabelece-se um intervalo de aceitação para os valores individuais das deflexões com base no coeficiente de majoração, definidos pelos limites $\bar{x} \pm z\sigma$. O parâmetro z é estimado em função do número de amostras apresentados na Tabela 5;
- c) Mediante a isso, elimina-se todos os valores de deflexões que não se enquadram no intervalo adotado. Repetindo novamente os cálculos das médias aritméticas (\bar{x}), do desvio padrão (σ) e do coeficiente de variação (CV), até não haver mais valores fora dos limites estabelecidos.
- d) A bacia deflectométrica característica de cada segmento é determinado por meio da expressão $\overline{Dc} = \bar{x} + \sigma$.

Tabela 5 – Parâmetro z em relação ao número de amostras

Número de amostras	Z
3	1
4	1,5
5 - 6	2
7 - 19	2,5
≥ 20	3

Fonte: DNER (1979)

Os valores de coeficiente de variação de cada segmento podem ser analisados de acordo com os valores limites propostos por COST 336 (2005) (Tabela 2). Apesar desse parâmetro medir a variabilidade espacial, um CV superior ao indicado, não significa especificamente a necessidade de subdividi-lo. Um valor acima de 30% é só um indicativo que algumas bacias deflectométricas apresentam heterogeneidade em comparação com as demais, ocasionada, por exemplo, por um número de pontos medidos em locais com fissuração excessiva e a oxidação do revestimento asfáltico (COST 336 (2005; NASCIMENTO, 2017).

Tabela 6 – Classificação da homogeneidade do segmento com base no coeficiente de variação

Coeficiente de variação	Homogeneidade
< 20%	Boa
≥ 20% e < 30%	Moderada
≥ 30% e < 40%	Ruim
≥ 40%	Muito ruim (não homogêneo)

Fonte: COST 336 (2005)

Após a etapa de tratamento estatístico das bacias deflectométricas e obtenção dos módulos de elasticidade por algum software de retroanálise, deve-se realizar um novo procedimento estatístico para a determinação dos módulos de elasticidade característico dos materiais das PPD. Os módulos de elasticidade podem ser separados conforme os segmentos definidos e offsets e, a partir daí, são tratados de modo a identificar e excluir os outliers entre os módulos, com o seguinte intervalo de aceitação mostrado na Equação 12.

$$\text{Intervalo} = x \pm z \times DP \quad (\text{Equação 12})$$

Sendo x a média do n valor de módulo de elasticidade do material, z o coeficiente de majoração, em função do número de amostras e DP o Desvio Padrão da amostra. Para maior confiabilidade dos resultados, adotou-se z igual a 1,96, conforme recomendado por Nascimento (2017). Dessa forma, aproximadamente 95% dos valores estarão dentro do intervalo proposto.

Esse processo deve ser repetido até que os valores de módulos de elasticidade dos materiais de cada camada e do subleito esteja dentro do intervalo de aceitação adotado. Em seguida, realiza-se a média aritmética dos valores restantes, obtendo assim um número representativo do módulo de elasticidade característico a ser utilizado na determinação do PCR por meio do *software* FAARFIELD v2.0.18. Desse modo, é possível mensurar os parâmetros de rigidez que caracterize o comportamento mecânico estrutural de cada trecho analisado.

Exemplo prático I

Neste exemplo, foram utilizados dados de levantamentos deflectométricos efetuados com o uso de equipamento HWD em uma pista de pouso e decolagem (PPD) de concreto asfáltico. A PPD possui uma extensão de 2.950 m e foi dividida em dois trechos (Figura 3), conforme as características dos materiais obtidos por sondagem (ANAC, 2018). O Trecho 1 possui 2.100 m de extensão (0 a 2.100 m), e o Trecho 850 m (2.100 a 2.950 m).

Figura 3 – Estrutura existente da PPD A



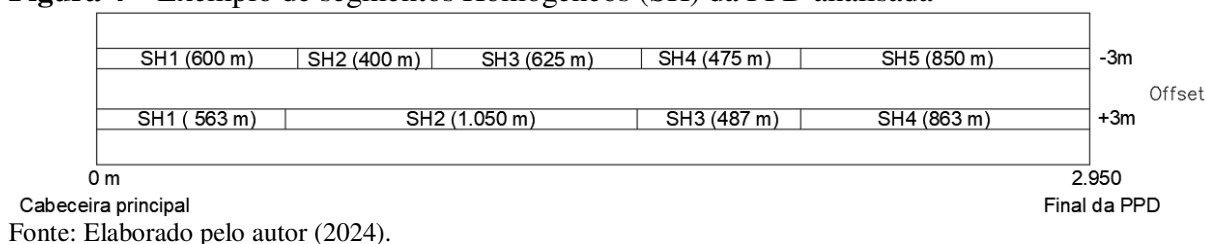
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os levantamentos deflectométricos realizado por meio do equipamento HWD, adotaram cargas de 80 KN e 200 KN, em toda a extensão da PPD, a cada 25 metros, nos offsets de $\pm 3,0\text{m}$ e $\pm 6,0\text{m}$ (à direita e à esquerda em relação ao eixo central da PPD). Os deslocamentos das bacias deflectométricas foram medidas por meio de 9 sensores (geofones) posicionados no ponto de concentração do carregamento e distante 0, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 cm.

Os *offsets* de $\pm 3,0\text{m}$ e $\pm 6,0\text{m}$ resultaram em 478 bacias deflectométricas. Os dados de deflexão foram normalizados e separados por *offset* e, em seguida, foram tratados estatisticamente para identificar outliers entre as medidas dos sensores. Como critério para identificação de outliers, considerou-se aqueles valores superiores à soma da média do sensor D0 com 1,5 vezes a amplitude, ou valores inferiores à subtração entre a média de D0 e 1,5 vezes a amplitude interquartil. A amplitude interquartil é definida como a diferença entre o primeiro e o terceiro quartis. As bacias deflectométricas que possuíam outliers foram descartadas do estudo estrutural do pavimento. Constatou-se que 13 bacias deflectométricas apresentaram algum tipo de problema, como descontinuidade durante a leitura do equipamento e valores que possivelmente são *outliers*.

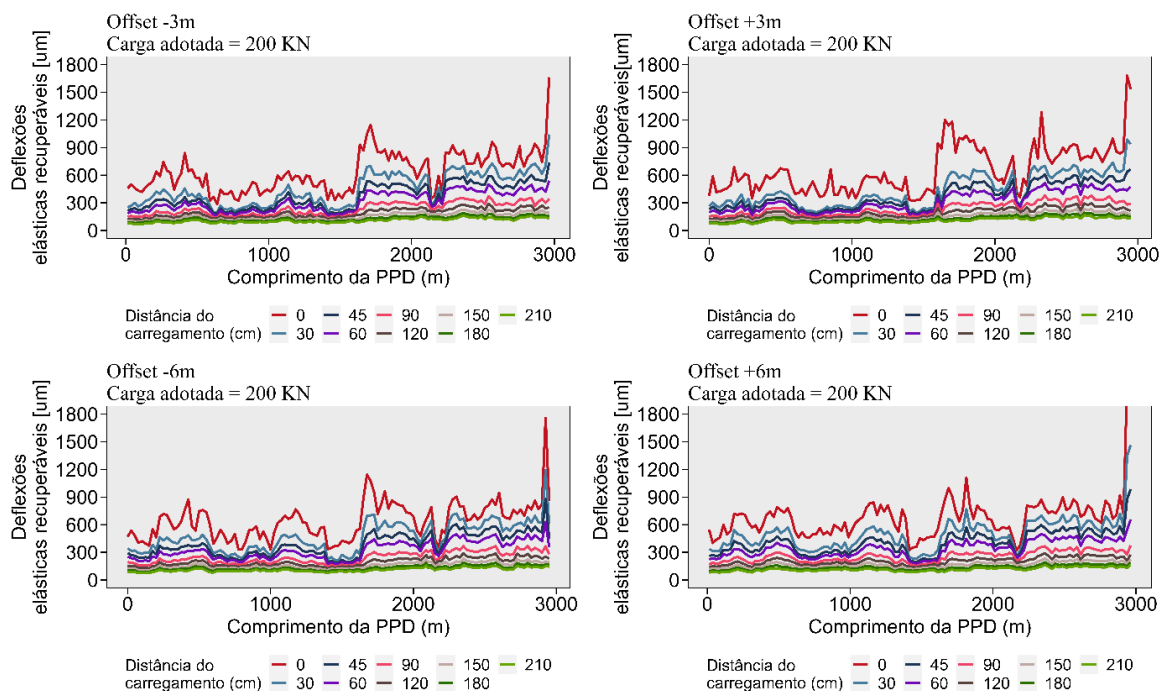
Em seguida, separou-se a PPD em segmentos homogêneos pelo método das diferenças acumuladas, de acordo com a FAA (2022), que caracterizassem locais com características similares quanto à sua condição estrutural, que neste foram as deflexões máximas contidas nas bacias deflectométricas medidas (Figura 4).

Figura 4 – Exemplo de segmentos Homogêneos (SH) da PPD analisada



A Figura 5 mostra a distribuição espacial das deflexões medidas por meio da aplicação de uma carga de 200 kN ao longo da PPD na PPD A. É importante observar que, embora o equipamento estivesse configurado para uma carga padrão de 200 kN, a carga efetivamente aplicada à superfície do pavimento variou entre 179,88 kN e 208,51 kN durante o levantamento na PPD A. Dessa forma, as bacias deflectométricas foram normalizadas para a carga de referência.

Figura 5 - Distribuição espacial das deflexões medidas ao longo da PPD da PPD A

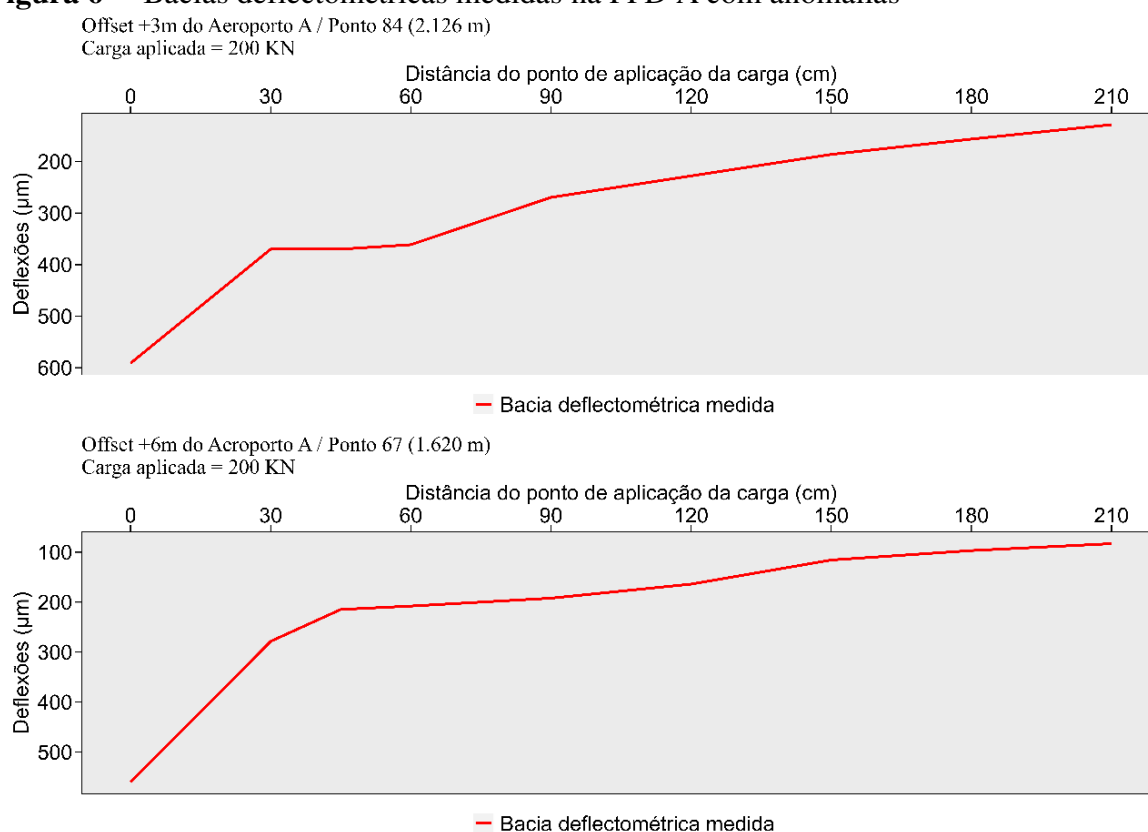


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Outra observação necessária é acerca de possíveis anomalias das bacias deflectométricas, como descontinuidade das deflexões durante a leitura do equipamento. As anomalias nas bacias deflectométricas detectadas na PPD A foram todas do tipo I e II (Figura 4). Por exemplo, observa-se que no ponto 84 (2.126 m) da PPD A (Figura 6), a anomalia detectada é do tipo I, onde as deflexões medidas pelos sensores 2 (30 cm) e 3 (45 cm) possuem

o mesmo valor, 370,02 μm . Teoricamente, a deflexão de um pavimento tende a diminuir à medida que a distância do sensor em relação ao ponto de aplicação da carga aumenta. De acordo com Casia Boza (2015), essa anomalia pode ser um indicador da presença de vazios entre as camadas e baixa resistência do subleito. Essas bacias não devem ser retroanalisadas, mas descartadas, uma vez que, não representa adequadamente o comportamento mecânico da estrutura avaliada.

Figura 6 – Bacias deflectométricas medidas na PPD A com anomalias



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após isso, foi executada a retroanálise das bacias deflectométricas por meio dos *softwares* iterativos BAKFAA (v. 2003.11.3), BackCAP (v.2.0), BackMedina (v.1.2.0) e ELMOD (v.6), adotando como parâmetros de entrada os módulos de elasticidade (tabelas 1 e 2) e o coeficiente de Poisson (tabelas 3 e 4) indicados pelo DER/SP (2006) e FAA (2011). A Tabela 5 mostra os dados utilizados no processo iterativo.

Tabela 5 - Parâmetros de entrada (*input seeds*) para a retroanálise

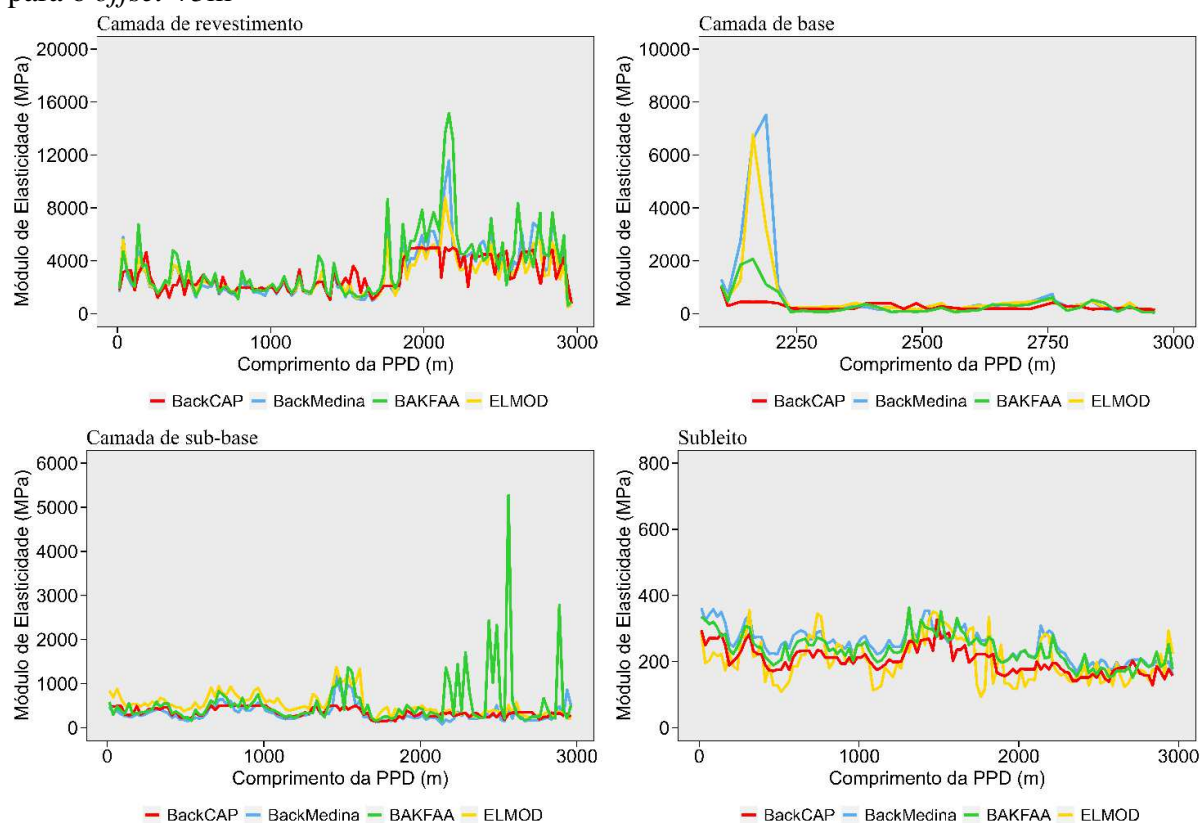
	Esp. (cm)	Materiais	BAKFAA (MPa)	BackCAP (MPa)		BackMedina (MPa)	ELMOD (MPa)	Coeficient de Poisson
				Mínimo	Máximo			
Trecho 1								
Revestimento	22	CBUQ	3.500	500	5.000	3.500	3.500	0,30
Base	33	Base asfáltica	3.500	500	5.000	3.500	3.500	0,35
Sub-base	74	Areia branca	250	100	350	250	250	0,35
Subleito	∞	Solo natural	150	50	300	150	150	0,40
Trecho 2								
Revestimento	25	CBUQ	3.500	500	3.500	3.500	35.00	0,30
Base	29	Macadame hidráulico	350	150	500	350	350	0,35
Sub-base	63	Argila vermelha	250	100	350	250	250	0,35
Subleito	∞	Solo natural	150	50	300	150	150	0,40

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Considerou-se, ainda, que durante o procedimento as interfaces entre as camadas dos materiais estão totalmente aderidas em si, pois o BackCAP e o ELMOD adotam essa configuração como padrão. Além disso, como esses procedimentos buscam convergir as deflexões calculadas e as deflexões medidas, adotou-se como critério de parada da retroanálise valores da raiz média quadrática (*Root Mean Square Error* - RMSE) das diferenças entre os valores de deflexões inferiores a 5%.

Ao analisar os conjuntos de módulos de elasticidade retroanalizados pelos *softwares* empregados, constatou-se, conforme a Figura 7, que para a camada de revestimento os resultados apresentaram comportamento semelhantes ao longo da PPD, com alguns pontos com valores elevados, chegando a 20.000 MPa. As divergências de valores de módulos de elasticidade foram mais perceptíveis para as camadas granulares e subleito, com o ELMOD e o BAKFAA aferindo maiores valores, principalmente na sub-base.

Figura 7 - Resultado dos módulos de elasticidade obtidos pelos *softwares* empregados para o *offset* +3m



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quanto aos dados do subleito, observou-se semelhanças na distribuição dos módulos de elasticidade pelos softwares BAKFAA e BackMedina, e não foram encontrados picos de valores (possíveis outliers), como verificado nas camadas de revestimento, base e sub-base. Estudos feitos por Oberez et al. (2015), Bueno (2016) e Lopes (2019) constataram resultados análogos ao observado para esse material (solo natural), como a semelhança de módulos de elasticidade mensurados por distintos softwares de retroanálises e a simetria de comportamento ao longo do trecho inspecionado.

Por fim, realizou-se o tratamento estatístico proposto na equação 12, obtendo assim um módulo de elasticidade característico dos materiais a ser utilizado na análise estrutural de resistência. no dimensionamento, na análise de admissibilidade de aeronaves e na vida útil residual restante. A Tabela 6 mostra os módulos característicos obtidos para os segmentos homogêneos provenientes dos offsets +3m e -3m.

Tabela 6 - Módulos de elasticidade característicos dos *offsets* $\pm 3m$

		<i>Offset +3m</i>				<i>Offset -3m</i>				
<i>Software</i>		<i>SH1</i>	<i>SH2</i>	<i>SH3</i>	<i>SH4</i>	<i>SH1</i>	<i>SH2</i>	<i>SH3</i>	<i>SH4</i>	<i>SH5</i>
Revestimen to	BAKFAA	2134,75	3336,07	4839,91	3522,07	2213,39	2674,46	4113,4	7310,34	4098,06
	BackCAP	1673,61	1364,82	2624,00	2215,48	1551,38	1985,15	1686,17	4068,36	3708,22
	BackMedina	1735,70	1366,63	3472,75	2846,39	1833,87	1808,59	2055,8	4812,4	3872,17
	ELMOD	1661,60	1450,53	2456,92	2339,32	1882,74	1930,37	2006,68	3644,41	3107,69
Base	BAKFAA	3321,91	1933,72	1091,15	583,00	1431,15	1772,84	529,52	691,34	372,31
	BackCAP	1975,97	881,00	292,00	314,04	1695,5	1990,3	594,11	285,09	263,17
	BackMedina	1980,71	902,11	405,00	456,11	1473,22	1825,72	673,89	276,00	239,55
	ELMOD	1841,15	887,53	700,98	362,39	1142,8	1324,87	507,81	282,41	455,47
Sub-base	BAKFAA	504,74	422,17	584,12	264,88	499,82	680,21	220,52	523,46	257,32
	BackCAP	403,75	212,10	266,40	241,07	422,38	420,65	159,68	307,36	279,54
	BackMedina	497,05	206,10	235,80	241,04	398,33	565,69	239,53	293,50	269,20
	ELMOD	720,50	715,17	291,96	308,58	676,87	804,91	354,13	430,53	362,25
Subleito	BAKFAA	298,47	223,95	194,33	180,15	291,81	275,41	242,03	206,50	164,33
	BackCAP	251,55	189,71	162,61	149,18	244,33	245,67	191,59	175,73	163,14
	BackMedina	372,23	290,72	200,48	182,96	333,2	292,95	242,18	223,00	201,29
	ELMOD	265,20	218,86	171,00	161,52	236,00	287,12	180,68	172,61	165,39

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

1.5. APLICAÇÃO DOS MÓDULOS CARACTERÍSTICOS NO MÉTODO ACR/PCR

Para avaliação da capacidade de suporte de pavimentos aeroportuários, vida útil residual restante e admissibilidade de aeronaves, podem ser utilizados os métodos ACN/PCN (*Aircraft Classification Number/Pavement Classification Number*) e ACR/PCR (*Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating*). No entanto, a partir de novembro de 2024 somente o Método ACR/PCR será aceito.

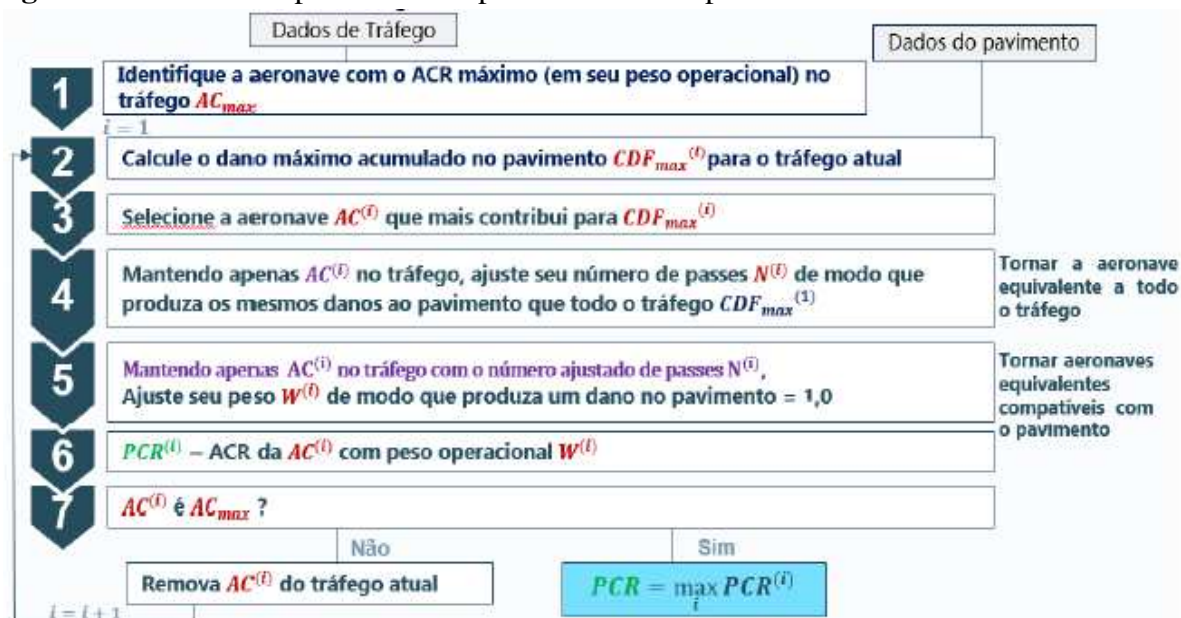
O Método ACR/PCR é composto por dois parâmetros. O primeiro é o valor ACR, que é fornecido pelo fabricante da aeronave. Ele significa o dano relativo da aeronave no pavimento com base na carga operacional, pressão dos pneus, configuração de trem de pouso, tipo de pavimento (rígido ou flexível) e resistência do subleito (alta, média, baixa e ultrabaixa). O segundo é o PCR, que expressa a capacidade de carga de um determinado pavimento, sem especificar informações detalhadas ou uma aeronave em particular. Assim sendo, caso o PCR seja igual ou superior ao ACR, o pavimento pode suportar, sem restrição de peso ou frequência de operação aquela aeronave (FAA, 2022; ICAO, 2022).

O valor de PCR é obtido a partir do conceito de CDF, que associa à fadiga dos materiais da estrutura a porção da vida útil restante estimada para a pista. Para isso são considerados aspectos de tráfego como *mix* de aeronaves, frequência de operações, layout do aeródromo, características dos materiais da estrutura do pavimento, níveis de tensão admissíveis e vida útil prevista (WHITE, 2019).

ANAC (2022) complementa que o parâmetro PCR é calculado de modo que haja compatibilidade entre o projeto e a operação de *mix* de aeronaves que trafegam ao longo da

vida útil prevista para a estrutura, conforme o fluxograma mostrado na Figura 8. Resumidamente, expressa a resistência de um pavimento aeroportuário frente às cargas das aeronaves em operação no aeródromo. Para isso, pode ser utilizado dois procedimentos, método experimental e método técnico, que devem ser indicados juntamente com o resultado obtido (FAA, 2022).

Figura 8 – Resumo do procedimento para o cálculo do parâmetro PCR do Método ACR/PCR



Fonte: Adaptado de Fabre (2019).

Vieira (2015) complementa que um valor de CDF superior a 1 não quer dizer que o operador do aeródromo deva limitar o tráfego (Tabela 8), mas que, dentro das premissas assumidas para as propriedades dos materiais e critérios de ruínas adotados pelo *software*, o pavimento atingirá sua vida útil de serviço previamente ao tempo de projeto adotado no dimensionamento, ou seja, o pavimento foi subdimensionado. Um CDF de 0,40, por exemplo, significa que 40% da capacidade de carga do pavimento em termo de vida útil já foi consumida, restando 60% .

Tabela 8 – Vida útil estrutural dos pavimentos com base no CDF

CDF	Descrição
1	O pavimento atinge a vida útil projetada
<1	O pavimento dispõe de mais vida útil que a projetada e o CDF dá a fração consumida
>1	O pavimento não atinge a vida útil projetada e entrará em ruína

Fonte: ANAC (2022).

Após o fim do processo, a notificação do PCR é expressado na forma de um valor numérico (valor do PCR em si) seguido por quatro letras que representam os seguintes

parâmetros, por exemplo, 440/F/B/X/T. De acordo com a ANAC (2022), as letras são definidas em função do tipo de pavimento, da categoria de resistência do subleito, da máxima pressão dos pneus permitida e, por fim, do método de avaliação (Tabela 9).

Tabela 9 – Detalhe dos parâmetros que representa a notificação do PCR

Valor numérico	Tipo de pavimento	Categoria de resistência do subleito	Máxima pressão de pneus permitidas	Método de avaliação
440	F – Flexível [x] R – Rígido []	A – Alta [] B – Média [x] C – Baixa [] D – Ultrabaixa []	W – Ilimitada [] X – Alta [x] Y – Média [] Z – Baixa []	U – Método da aeronave [] T – Técnica [x]
Detalhes:		Detalhes:	Detalhes:	Detalhes:
<p>a) Para fins de cálculo, no caso de pavimento rígido sobreposto com pavimento flexível, a AC150/5335-5D considera tal estrutura como rígida até que a espessura do pavimento flexível seja equivalente à espessura do pavimento rígido.</p> <p>b) No caso de pavimento flexível sobre pavimento rígido, em que este exauriu sua capacidade de suporte, o responsável pelo cálculo pode considerar toda a estrutura como flexível. Em pavimentos compostos, deverá ser avaliado se a estrutura tem mais características de pavimentos rígidos ou pavimento flexível.</p>		<p>Alta: $E \geq 150$ MPa Média: $100 \leq E < 150$ MPa Baixa: $60 \leq E < 100$ MPa Ultrabaixa: $E < 60$ MPa</p>	<p>a) Ilimitada: Alta: $\leq 1,75$ MPa Média: $\leq 1,25$ MPa $P \leq 0,5$ MPa; b) A avaliação é feita em todo o <i>mix</i> de aeronaves ; c) No caso de pavimentos rígidos, reporta “W”; d) A AC 150/5335-5D orienta que pavimentos flexíveis com espessura superior a 10 cm podem ser classificados com código “X” ou “Y”. Já pavimentos com espessura menor, com asfalto de menor qualidade (atentar para a presença de patologias), não devem exceder o código “Y”; e) O FAARFIELD 2.0 atribui “W” para pavimentos rígidos. No entanto, o responsável pelo cálculo tem a liberdade de alterar tal parâmetro, caso o concreto não seja de boa qualidade (poroso, com contaminantes, com baixa resistência ou com patologias evidentes).</p>	<p>U: Com base na experiência prévia com aeronaves. T: Quando a estrutura for confiavelmente conhecida.</p>

Fonte: ANAC (2022).

Exemplo prático II

Após a determinação dos módulos de elasticidade característicos foi determinado o mix de aeronaves operantes nas PPD (Tabelas 10).

Tabela 10 - Mix de aeronaves operantes da PPD utilizado o *software* FAARFIELD 2.0

Modelo	Média anual de decolagem	Mix (%)	Peso Máximo Operacional (t)	Pressão dos pneus (KPa)
Airbus A320-200	8.175	24,41%	78.400	1.441
Boeing 737-800	7.411	22,13%	79.240	1.407
Airbus A321 - 200	2.452	7,32%	93.900	1,503
Embraer 190	2.310	6,90%	47.950	1,014
Embraer 195	1.857	5,54%	48.950	1,062
Boeing 737-700	1.518	4,53%	70.310	1,358
Boeing 737-400	850	2,54%	68.266	1,276
Airbus A319-100	591	1,77%	68.400	1,190

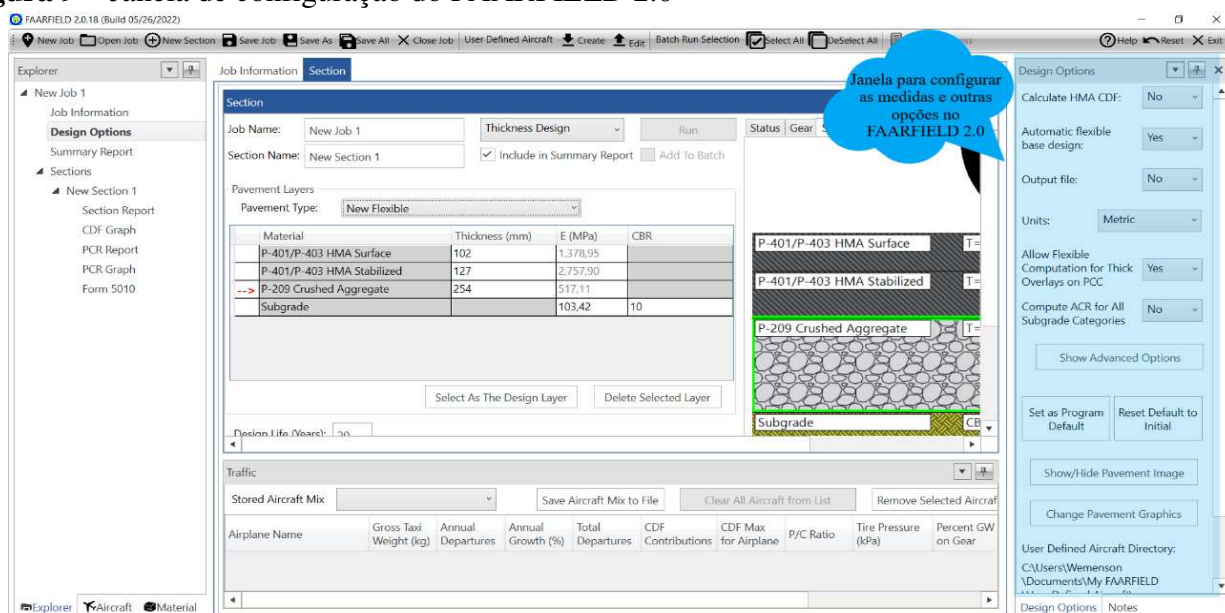
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Por sua vez, conforme o layout das PPD, a taxiway do pátio tem acesso direto às suas cabeceiras. Assim, durante a operação de decolagem, a aeronave só realiza uma passagem sobre o pavimento. Além disso, assumiu-se que ocorre o abastecimento das aeronaves (peso bruto da decolagem maior que o peso bruto do pouso). Considerou-se que o *Passes to Traffic Cycle* (P/TC), adotado no cálculo do PCR, é igual a 1.

Por último, determinou-se o PCR de cada um dos segmentos homogêneos, tendo como base os módulos de elasticidade característicos advindo dos *softwares*. Com PCR calculado para os segmentos da estrutura da PPD A, foi verificada a admissibilidade de operações das aeronaves do *mix* de tráfego.

Com o *mix* de aeronaves, frequência de operações, layout do aeródromo e características dos materiais da estrutura do pavimento (espessura das camadas, módulos de elasticidade característicos e coeficientes de Poisson), empregou-se o *software* FAARFIELD v.2.0.18 para cálculo do PCR. Para a utilização do FAARFIELD 2.0, deve-se primeiramente, configurar as unidades de medidas, habilitação da função HMA CDF (caso deseje avaliar a vida útil do revestimento) e outras opções (Figura 9). Em seguida é inserido o tipo de estrutura, na opção “*Pavement type*”, com sete tipos de estruturas disponíveis, flexível, rígida e semirrígida. Para a análise de pavimentos flexíveis, seleciona-se o “*New Flexible*”, com três camadas de material e uma de subleito, contudo é possível adicionar ou remover camadas para se adequar a estrutura existente do aeródromo analisado (CASTRO, 2021; ANAC, 2022).

Figura 9 – Janela de configuração do FAARFIELD 2.0



Após o tipo de estrutura selecionada, são inseridos os valores de módulos de elasticidade característicos das camadas constituintes do pavimento (E - MPa) e espessura (*Thickness* – mm). No entanto, só é possível alterar o módulo de elasticidade do subleito, pois os materiais padrão disponíveis são definidos conforme a norma da FAA (2011), com propriedades uniformes e previsíveis (Tabela 11). Uma vez que não é possível alterar as propriedades mecânicas dos materiais padrão do *software*, criaram-se novas camadas do tipo *Userdefined*. O coeficiente de Poisson é fixo e igual a 0,35 para os materiais granulares e betuminosos.

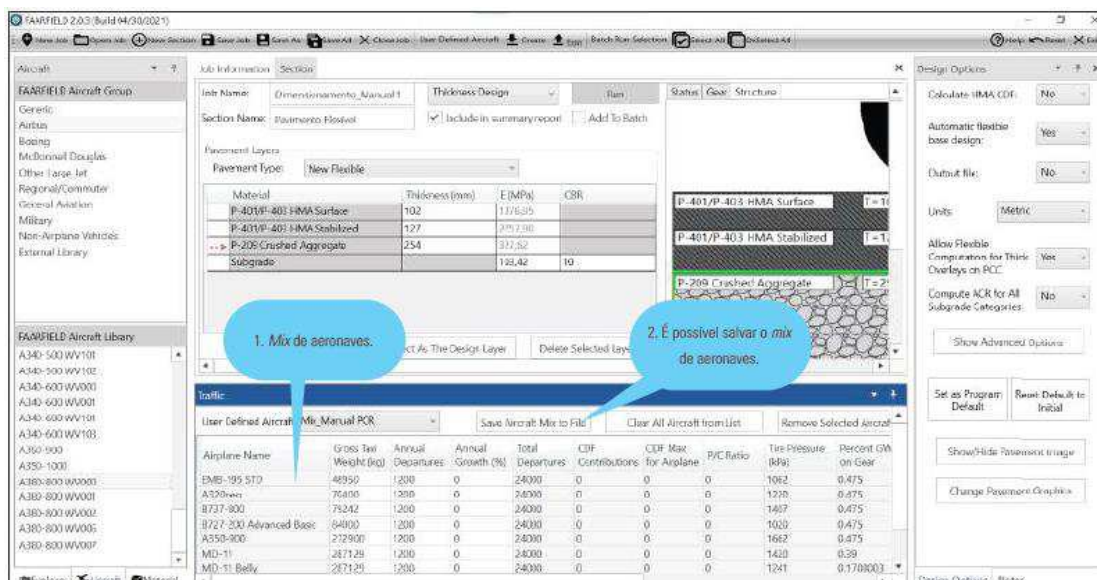
Tabela 11 – Propriedade dos materiais padrão do *software* FAARFIELD

Item	Descrição do material	E (MPa)	Coefficiente de Poisson
P-401	Pré-misturado asfáltico	1.379	0,35
P-403	Concreto asfáltico	2.758	0,35
P-501	Concreto cimento <i>portland</i>	27.580	0,35
P-306	Sub-base de <i>Econocrete</i>	4.826	0,35
P-304	Base tratada com cimento	3.447	0,35
P-301	Base de solo cimento	1.724	0,35
P-209	Base em agregado britado	Inserido	0,35
p-208	Base em agregado natural	Inserido	0,35
P-154	Subleito	Inserido	0,35

Fonte: Adaptado de Brill (2013)

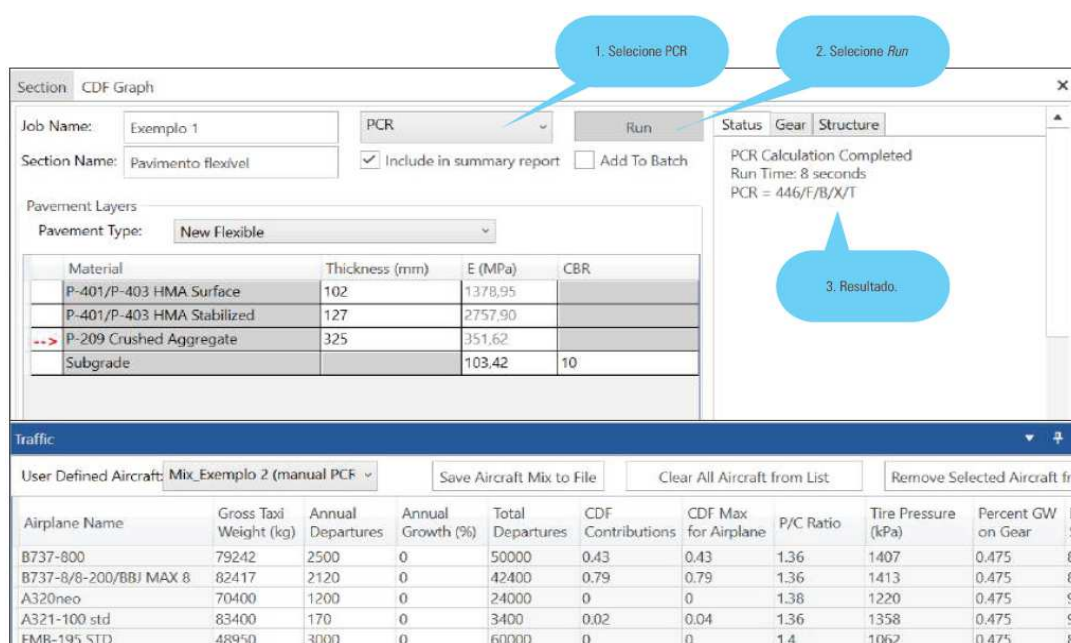
Em seguida, insere-se o *mix* de aeronaves e a movimentação prevista na janela “*aircraft*”, como mostrada nas Figuras 10. Além do tipo de aeronaves, também são inseridos número de decolagens anuais efetuadas, a respetiva taxa de crescimento, o P/TC (ajusta-se, se necessário), o peso operacional e a pressão de pneus.

Figura 10 – Seleção dos fabricantes e das aeronaves para fins de dimensionamento e de PCR



Dada as informações estruturais do pavimento, *mix* de aeronaves e número de operações, como também vida útil projetada e espessura total, seleciona-se a função PCR (Figura 11) e clica-se em “Run”, após isso, são gerados relatórios com os valores de PCR, de ACR e de CDF oriundo do *mix* aeronaves e contribuição de cada uma delas, bem como a aeronave crítica do processo. Além da opção PCR, tem-se as funções “Thickness Design” (dimensionamento do pavimento) e “life” (análise de vida útil).

Figura 11 – Exemplo de resultado de PCR para uma estrutura inserida e *mix* de aeronaves



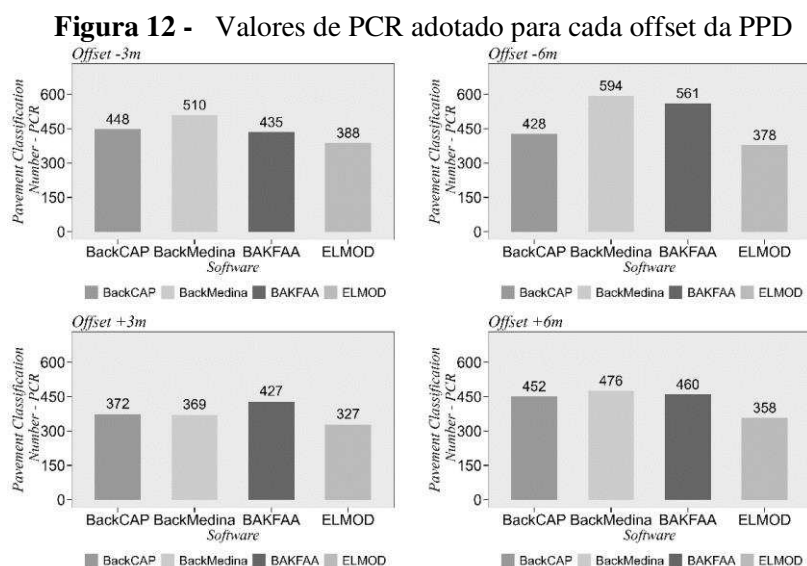
Com os PCR calculados, constatou-se que alguns valores são considerados elevados, como para o BackMedina no SH6 do *offset* +6m, que resultaria em uma notificação de 751 F/A/X/T, ultrapassando os maiores ACR do *mix* operacional (Tabela 12). Nesse caso, os órgãos regulamentadores (FAA e ANAC) recomendam adotar uma alternativa conservadora, assumindo que o PCR é equivalente a 1,25x do maior ACR entre o *mix* de aeronaves empregado na análise. Assim os valores, respectivamente, de PCR a ser reportado e publicado para a PPD da PPD seria 580/F/A/X/T.

Tabela 12 - Valores de PCR obtidos em cada segmento na estrutura da PPD

Offset -3m						Offset -6m					
SH	Trecho	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	Trecho	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	1	619	794	680	544	1	1	580	643	811	535
2	1	606	854	885	848	2	1	817	919	1.060	807
3	1	688	542	606	388	3	1	428	861	912	751
4	1	449	603	729	441	4	2	509	653	601	378
5	2	572	510	435	415	5	2	506	594	561	397
6	2	448	658	587	429						

Offset +3m						Offset +6m					
SH	Trecho	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD	SH	Trecho	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
1	1	708	887	622	632	1	1	561	485	595	440
2	1	454	564	800	475	2	1	583	548	813	609
3	2	532	373	494	383	3	1	556	545	460	566
4	2	372	369	427	327	4	1	471	476	553	455
						5	2	527	499	490	358
						6	2	452	751	663	613

Como orienta FAA (2022) e ICAO (2022), em pistas que possuem diferentes segmentos homogêneos, deve-se calcular o PCR para cada uma delas. A fim de reportar a capacidade de suporte da pista como um todo, deve-se adotar o menor valor de PCR obtido entre esses segmentos. Assim, a Figura 12 exibe os valores de PCR da PPD.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao analisar-se os resultados de admissibilidade da PPD, constatou-se que o Airbus A321-200 é a aeronave que mais causa danos acumulados à estrutura, embora não seja a de maior peso máximo. Seu ACR para um subleito de categoria do tipo A é igual a 462, superior a todos os PCR obtidos no ELMOD (Tabelas 12). Esse valor também é maior que os aferidos para alguns dos segmentos dos *offsets* calculados no BackCAP, no BackMedina e no BAKFAA.

Tabela 13 Comparação entre os valores de ACR das aeronaves do mix e do PCR da PPD

Aeronave	Operações anuais	ACR		PCR		
		Categoria A do subleito (E \geq 150 MPa)	BackCAP 448	BackMedina 510	BAKFAA 435	ELMOD 388
Airbus A320-200	8.175	368	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-800	7.411	377	✓	✓	✓	✓
Airbus A321 - 200	2.452	462	⊖	✓	⊖	✗
Embraer 190	2.310	200	✓	✓	✓	✓
Embraer 195	1.857	209	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-700	1.518	321	✓	✓	✓	✓
Boeing 737-400	850	319	✓	✓	✓	✓
Airbus A319-100	591	300	✓	✓	✓	✓

Legenda: ✓ Operações permitidas, ⊖ Operações permitidas com restrições e ✗ Operações não permitidas

Além da mensuração do parâmetro PCR, o Método ACR/PCR também calcula o fator de dano acumulado (*Cumulative Damage Factor* - CDF) da camada de revestimento (HMA CDF) e do subleito (SUB CDF), os quais retratam a vida útil remanescente da estrutura. Com base nisso, foi calculada a vida em serviço para o pavimento operando o *mix* atual sem considerar restrições de sobrecarga.

Assim, é apresentado na Tabela 14 a vida em serviço remanescente da PPD em relação ao subleito. Observa-se que os módulos retroanalizados pelo BackMedina que foram empregados no Método ACR/PCR retornaram um SUB CDF abaixo de 1,00 e próximo a 0,00 para quase todos os *offsets*, com exceção do +6m do aeródromo. Por sua vez, na configuração em que foram usados dados do BAKFAA, 62,5% dos valores foram inferiores a 1,00. Em consequência a isso, o modo *life* do FAARFIELD v.2.0.18 estimou uma vida de serviço teórica muito superior a 20 anos ou até mesmo infinita.

Tabela 14 – Valores de SUB CDF e vida de serviço remanescente da PPD com base nos módulos de elasticidade dos *softwares*

<i>Offset</i>	SUB CDF			
	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
-3m	3,06	0,07	1,49	6,61
-6m	0,95	0,00	0,00	9,35
+3m	0,27	34,56	3,31	160,81
+6m	0,70	0,25	0,60	19,96
Vida de serviço - <i>Life</i> (anos)				
-3m	20,9	125,60	14,30	3,70
-6m	0,50	Infinito	651,10	2,70
+3m	53,40	0,70	7,10	0,20
+6m	26,6	56,30	30,00	1,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em relação ao HMD CDF, vida remanescente útil associada a camada de revestimento, conforme a Tabela 15, na PPD, os valores foram acima de 1,00 para quase todos *offsets*, independente do *software* de retroanálise e, portanto, a camada asfáltica não duraria os 20 anos previstos. É importante notar que, apesar do SUB CDF dos dados do BackMedina serem inferiores a 1,00, o seu HMA CDF foi superior a 1,00, retratando que ao contrário do subleito, a camada de revestimento não resistirá aos repetidos esforços das aeronaves, deteriorando antes. Nesse parâmetro, os módulos do BAKFAA e do ELMOD apresentaram os menores HMA CDF, significando que a estrutura sofreria menor dano por fadiga e, portanto, resultaria em uma vida de serviço de durabilidade adequada.

Tabela 15 – Valores de HMA CDF da PPD da PPD com base nos módulos de elasticidade dos *softwares*

<i>Offset</i>	HMA CDF			
	BackCAP	BackMedina	BAKFAA	ELMOD
-3m	2,77	2,65	1,44	1,13
-6m	59,92	2,18	0,31	0,74
+3m	14,00	21,36	6,80	31,98
+6m	1,39	6,30	0,67	0,53

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

**APÊNDICE B - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS
PELO HWD NO *OFFSET* +3 DA PPD A**

Bacias deflectométricas (µm) obtidas na linha +3										
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Comp. (m)	Carga KN									
0	200,00	389,99	270,77	237,31	204,58	158,07	132,28	108,56	89,70	76,03
25	200,00	618,54	318,64	270,65	227,72	167,00	133,54	108,70	91,66	78,50
50	200,00	428,87	272,48	238,24	210,37	165,24	136,45	112,69	94,08	79,58
75	200,00	443,44	263,99	219,10	187,74	147,46	122,92	102,57	83,49	71,11
100	200,00	451,02	290,73	237,82	200,02	151,91	125,04	103,79	82,95	70,69
125	200,00	470,70	333,93	278,98	226,29	163,93	131,31	104,97	85,82	72,76
151	200,00	505,35	335,02	259,80	215,42	162,03	135,59	110,38	92,13	77,99
175	200,00	704,89	276,20	239,61	211,12	159,47	130,16	107,81	90,90	76,35
200	200,00	550,45	343,17	290,76	249,95	190,80	155,69	128,86	108,25	91,88
225	200,00	583,76	403,80	331,94	277,84	210,73	170,77	140,31	116,26	97,26
250	200,00	645,74	312,48	262,79	229,56	182,72	149,59	129,76	103,81	98,22
275	200,00	613,14	348,80	289,52	245,24	187,19	152,77	125,34	103,66	86,30
300	200,00	356,27	241,17	200,41	171,02	133,03	110,39	93,80	78,03	68,00
325	200,00	511,82	322,17	271,81	227,09	174,06	141,03	116,93	96,83	80,72
350	200,00	452,74	310,54	258,07	216,32	165,63	140,85	118,78	99,94	86,30
375	200,00	534,36	351,96	290,18	247,11	195,58	166,41	135,89	117,08	98,26
400	200,00	620,77	398,86	339,77	302,80	239,04	200,42	165,11	138,32	108,93
425	200,00	587,83	404,77	351,65	307,88	246,37	206,69	167,85	136,67	119,46
450	200,00	601,57	396,47	339,12	303,68	248,19	209,96	175,86	148,07	124,72
475	200,00	646,45	425,27	366,90	320,74	249,95	210,00	173,05	143,24	120,37
500	200,00	701,22	440,18	365,54	323,24	252,75	209,72	174,99	143,69	117,67
525	200,00	679,83	413,65	356,88	320,17	254,91	211,38	172,80	142,40	118,41
550	200,00	679,52	397,72	345,50	293,69	223,16	180,56	144,78	116,96	95,86
575	200,00	519,78	352,08	291,80	253,57	193,08	153,82	126,68	102,24	82,97
600	200,00	409,80	309,18	275,81	237,19	182,91	149,03	118,23	99,80	85,17
625	200,00	416,23	237,83	215,93	194,44	161,64	140,25	115,88	100,05	85,55
650	200,00	459,81	257,96	232,67	219,66	180,34	152,59	127,60	107,32	90,53
676	200,00	389,69	215,96	198,59	185,96	158,11	137,77	119,38	102,53	89,07
700	200,00	475,66	216,54	193,72	180,97	155,06	135,01	115,88	101,59	89,56
725	200,00	552,07	217,73	193,31	174,08	146,02	124,19	111,52	96,86	84,91
750	200,00	456,56	202,36	179,65	164,37	139,59	123,59	107,89	95,30	83,01
775	200,00	371,04	214,92	193,93	175,69	150,41	131,76	111,99	96,71	84,17
800	200,00	386,19	232,19	212,15	195,20	164,69	144,86	125,75	109,72	94,62
825	200,00	458,27	265,40	231,38	205,74	165,49	138,93	115,54	101,03	87,04
850	200,00	705,12	246,95	219,06	199,34	164,67	141,55	119,50	105,29	91,29
875	200,00	404,95	273,35	241,99	216,59	174,78	149,48	127,01	107,35	90,52
900	200,00	394,53	277,42	245,33	219,73	177,99	149,71	125,34	106,94	92,85
925	200,00	483,35	275,23	239,28	214,03	176,76	153,34	128,60	111,09	95,31
950	200,00	492,54	267,21	228,89	210,15	174,96	152,35	127,95	109,42	95,07
975	200,00	365,67	262,66	235,38	210,79	172,14	145,79	125,13	107,77	91,44
1000	200,00	468,90	249,32	227,90	205,01	171,10	148,12	126,48	109,84	96,32
1025	200,00	358,31	267,06	241,62	214,22	170,76	145,12	123,49	105,36	92,69
1050	200,00	435,56	293,50	249,50	215,77	171,47	145,69	122,43	104,81	89,91
1076	200,00	567,68	376,94	308,53	275,99	216,16	186,09	150,75	124,61	106,01
1100	200,00	612,19	390,33	339,70	302,24	240,80	201,29	169,39	141,09	120,20
1125	200,00	588,31	374,09	328,33	290,33	233,73	195,32	164,06	137,19	119,01
1150	200,00	591,05	397,49	339,75	290,54	223,66	182,05	148,05	120,51	98,94
1175	200,00	594,49	389,50	329,30	282,17	215,18	173,71	141,50	117,62	96,94
1200	200,00	519,35	337,14	285,00	242,78	186,12	150,72	123,25	102,69	87,75
1225	200,00	657,45	337,49	315,16	278,11	214,24	175,95	146,20	123,87	101,85
1250	200,00	527,27	354,53	308,67	261,89	204,82	167,60	135,42	114,34	100,35

1275	200,00	544,45	365,29	316,57	269,00	207,68	166,35	138,14	117,74	99,63
1300	200,00	477,97	339,02	291,81	250,27	191,62	154,72	126,37	103,70	94,21
1325	200,00	458,50	332,04	278,11	228,54	170,06	137,79	116,65	95,91	84,48
1350	200,00	437,91	298,26	268,44	236,60	183,46	151,92	126,97	107,70	92,19
1375	200,00	588,73	383,24	312,34	256,68	184,97	146,17	120,67	98,63	86,95
1400	200,00	335,63	205,65	179,76	168,77	142,37	125,35	109,53	95,42	80,61
1425	200,00	326,23	231,66	204,32	185,49	159,77	138,51	117,96	98,62	84,44
1451	200,00	334,18	192,99	178,97	168,61	150,43	130,62	114,27	100,25	85,32
1475	200,00	341,56	216,22	194,68	180,93	157,24	139,90	122,47	107,60	92,62
1500	200,00	384,41	240,77	214,42	197,43	173,07	154,08	133,31	115,12	98,02
1525	200,00	451,64	233,68	202,92	183,50	158,81	140,89	123,86	107,23	92,30
1551	200,00	448,00	248,11	227,44	213,15	181,38	159,68	141,59	125,24	109,71
1575	200,00	407,55	240,05	214,57	199,73	178,04	159,32	139,06	121,56	104,27
1600	200,00	971,88	483,16	395,76	361,22	298,19	246,05	203,18	158,45	129,66
1626	200,00	932,92	324,21	278,72	245,73	199,40	175,87	151,81	130,38	110,73
1650	200,00	1249,84	506,77	430,51	374,14	263,39	189,31	140,65	113,57	96,48
1676	200,00	1189,99	623,43	488,37	405,79	290,49	210,32	163,49	127,42	105,68
1700	200,00	1226,86	663,82	532,14	443,31	306,01	217,70	163,10	127,83	104,43
1725	200,00	859,21	634,54	527,09	429,09	295,62	224,87	172,82	137,34	114,57
1750	200,00	1063,09	601,04	479,20	428,28	312,69	232,35	178,47	141,53	116,44
1775	200,00	1058,44	642,89	492,97	408,06	293,32	220,39	165,86	136,02	112,92
1800	200,00	1058,35	598,74	496,02	413,04	286,36	217,06	164,10	131,10	105,70
1825	200,00	1018,31	588,10	473,28	393,91	284,50	213,83	164,69	129,99	108,98
1850	200,00	1033,33	695,93	558,20	462,62	316,79	237,94	182,32	145,20	123,75
1875	200,00	934,14	685,40	553,57	439,87	303,66	257,59	195,72	160,63	135,46
1901	200,00	874,97	667,08	539,57	440,65	319,97	248,91	199,61	165,11	135,49
1925	200,00	944,79	679,83	559,96	451,12	316,96	239,95	192,36	162,21	134,26
1950	200,00	832,56	619,75	511,30	422,15	308,56	240,08	195,08	158,69	135,40
1975	200,00	738,81	573,99	485,94	412,01	312,27	247,60	198,84	166,09	138,39
2000	200,00	591,98	452,66	393,90	342,12	267,22	218,93	181,13	151,13	131,71
2025	200,00	553,32	443,62	396,07	351,40	277,17	228,91	187,51	154,79	130,56
2050	200,00	574,63	469,49	422,14	375,61	299,26	249,55	204,77	167,46	138,36
2060	200,00	517,21	421,92	383,95	343,81	277,44	229,28	190,38	158,37	134,71
2100	200,00	731,13	556,51	485,29	423,72	323,14	263,46	212,49	174,63	144,11
2126	200,00	842,84	677,36	577,12	480,95	343,28	261,96	208,12	165,68	138,92
2175	200,00	432,92	330,36	319,44	305,83	274,39	244,09	209,25	179,66	152,04
2200	200,00	372,39	280,53	273,20	260,28	225,98	203,97	176,48	150,86	127,92
2225	200,00	591,19	370,02	370,02	361,31	269,56	227,89	186,22	156,51	128,48
2250	200,00	499,79	438,52	411,88	376,43	311,32	259,69	213,25	171,99	136,74
2275	200,00	911,19	707,59	579,75	464,13	303,58	223,09	173,87	143,26	122,56
2300	200,00	1108,07	777,18	632,09	492,88	318,99	230,04	178,45	148,99	126,75
2326	200,00	834,12	687,06	591,25	496,62	354,56	272,07	211,01	173,07	145,47
2350	200,00	1372,43	735,12	619,33	511,34	360,23	274,51	214,47	174,23	144,37
2375	200,00	957,94	753,01	654,37	553,03	407,70	318,09	251,61	203,53	170,07
2400	200,00	813,50	620,68	539,64	461,50	342,06	273,75	223,04	185,05	160,01
2426	200,00	777,31	606,68	540,49	471,40	360,65	289,74	232,33	191,62	162,49
2450	200,00	841,28	655,16	570,97	487,10	362,95	285,06	228,22	187,83	160,59
2476	200,00	866,52	671,54	568,75	473,27	341,91	267,60	215,94	180,59	156,13
2500	200,00	943,98	701,05	533,45	416,49	275,36	209,76	172,41	149,50	131,40
2510	200,00	903,90	695,10	597,60	503,75	363,55	282,00	227,85	188,25	157,43
2525	200,00	962,21	699,48	593,84	495,29	356,94	279,88	220,07	179,42	148,41
2550	200,00	987,44	750,71	630,35	526,13	380,00	293,63	229,54	189,42	152,89
2575	200,00	964,90	723,44	619,24	515,46	387,40	302,24	243,03	190,93	159,96
2600	200,00	825,93	627,35	516,42	417,40	298,79	233,21	189,60	160,49	140,14
2625	200,00	840,58	697,89	610,78	523,66	391,98	310,79	246,85	204,19	176,14
2650	200,00	860,10	676,81	583,51	498,53	375,77	294,74	236,88	195,68	169,84
2675	200,00	833,14	701,36	620,84	536,19	399,13	311,95	244,95	196,56	162,53
2700	200,00	936,91	670,20	574,02	481,93	352,51	273,22	210,71	172,32	139,18

2753	200,00	783,94	607,87	535,29	462,71	350,67	277,46	221,33	179,34	150,23
2775	200,00	851,70	668,10	577,29	491,08	358,95	275,78	214,57	172,41	143,85
2800	200,00	943,17	727,33	625,88	531,01	394,86	305,94	244,81	197,17	166,92
2825	200,00	1043,47	771,04	614,53	490,24	337,61	255,79	204,43	174,30	149,61
2850	200,00	901,19	680,21	556,98	445,86	312,11	237,29	187,20	155,85	134,80
2875	200,00	881,11	669,62	565,41	469,22	333,44	251,82	196,60	161,33	139,69
2900	200,00	910,31	696,14	579,06	473,08	337,81	264,73	213,64	178,85	153,89
2925	200,00	1834,52	1076,19	693,70	473,97	305,97	248,77	204,13	172,58	146,49
2950	200,00	1662,13	1016,00	723,27	516,14	315,52	231,43	188,47	161,78	141,27

APÊNDICE C - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS NO PELO HWD *OFFSET* +6 DA PPD A

Bacias deflectométricas (µm) obtidas na linha +3										
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Comp. (m)	Carga (kN)									
13	200,00	528,80	326,26	252,38	215,73	162,11	130,89	107,33	88,42	76,01
38	200,00	391,51	307,44	264,29	230,61	182,77	149,48	123,99	101,73	87,19
63	200,00	428,19	303,90	253,37	220,17	172,37	141,23	116,64	96,67	81,19
88	200,00	449,91	309,49	262,94	229,99	179,73	146,38	119,79	97,39	79,60
113	200,00	580,73	389,19	317,19	269,16	200,95	159,03	127,11	102,17	83,74
138	200,00	486,97	370,56	314,72	265,66	196,15	154,66	123,10	99,30	81,11
163	200,00	520,66	383,49	326,33	276,57	207,70	167,80	134,04	108,87	89,85
188	200,00	704,84	535,04	417,46	330,84	236,72	187,15	150,68	123,19	103,58
213	200,00	697,00	487,15	393,70	329,89	246,28	198,72	162,58	133,14	111,08
239	200,00	710,92	481,51	385,15	316,20	228,23	182,46	148,63	121,51	102,77
263	200,00	700,41	441,08	340,65	285,54	209,46	167,90	135,15	111,41	94,39
288	200,00	608,87	390,49	309,04	254,74	185,25	146,83	119,87	98,90	83,51
314	200,00	554,40	363,48	292,44	240,85	174,80	139,43	113,05	93,70	79,53
338	200,00	581,59	392,72	317,95	268,43	204,14	166,66	138,67	116,75	99,92
363	200,00	504,58	375,48	311,42	265,79	204,40	168,13	139,94	116,98	99,54
388	200,00	584,28	438,35	354,72	288,89	214,01	172,59	141,49	116,60	97,51
413	200,00	702,05	517,75	421,27	353,06	259,37	207,90	169,56	137,50	112,81
438	200,00	734,56	508,35	408,28	344,27	263,85	212,78	178,50	146,50	121,60
464	200,00	679,80	526,09	433,67	368,40	284,53	232,50	189,13	153,01	123,76
488	200,00	781,27	564,41	468,46	398,85	297,65	236,06	191,11	156,85	125,16
513	200,00	748,99	500,35	430,32	373,61	288,29	230,89	183,75	145,48	117,47
538	200,00	718,39	525,04	431,07	363,28	270,88	215,09	170,42	135,89	109,22
563	200,00	773,74	563,69	442,01	359,10	262,41	212,62	170,77	137,95	111,67
588	200,00	670,11	477,36	389,13	324,00	244,33	196,09	157,19	125,26	100,11
613	200,00	515,21	362,51	315,45	279,23	220,65	182,18	148,89	122,33	100,27
638	200,00	452,50	326,65	277,14	243,93	196,09	166,22	135,97	113,27	95,20
663	200,00	507,89	316,67	258,93	229,91	186,33	156,33	131,71	111,00	93,80
688	200,00	456,65	311,00	259,84	236,12	196,52	167,90	142,22	120,36	102,23
713	200,00	446,03	292,47	243,31	217,84	184,48	157,65	136,19	116,09	100,09
739	200,00	486,43	298,97	242,53	217,09	176,24	149,92	126,92	109,08	92,90
763	200,00	490,66	306,98	249,64	223,08	182,50	155,75	130,85	109,58	93,41
788	200,00	552,41	328,15	267,58	238,96	196,91	168,88	143,79	122,52	105,66
813	200,00	485,93	351,40	295,73	259,40	207,58	175,60	149,64	126,05	105,32
839	200,00	512,37	354,21	297,10	262,92	211,96	178,28	149,08	124,87	103,20
863	200,00	474,77	329,47	284,72	252,77	205,19	174,80	148,61	128,19	108,85
888	200,00	586,47	390,92	316,68	275,29	220,73	186,22	155,64	128,80	109,13
914	200,00	555,77	372,07	313,16	276,52	223,75	190,43	160,83	135,62	114,22
938	200,00	518,22	335,01	279,79	246,72	203,70	171,89	146,04	123,21	104,78
963	200,00	619,17	399,62	308,60	271,79	227,57	192,74	165,03	141,59	121,40
988	200,00	451,59	303,82	266,12	238,26	197,84	170,66	146,11	124,98	108,51
1013	200,00	534,37	364,75	305,05	263,33	206,26	171,97	145,00	119,01	101,81

1038	200,00	607,69	389,81	318,55	271,40	211,32	172,70	142,91	117,32	98,70
1064	200,00	646,05	440,09	357,73	302,85	227,46	187,31	154,52	127,82	108,38
1088	200,00	672,67	487,54	399,21	334,12	253,18	206,40	168,09	138,16	114,23
1113	200,00	773,92	541,11	440,49	369,45	278,52	225,29	182,55	150,29	123,58
1138	200,00	822,94	557,79	453,88	381,81	288,19	230,05	184,48	149,18	121,60
1163	200,00	833,25	576,10	454,40	371,22	270,92	211,31	168,63	136,85	112,29
1188	200,00	697,03	515,95	419,44	347,72	254,77	201,13	158,94	128,03	104,81
1213	200,00	799,10	544,35	432,63	362,64	264,96	206,06	164,14	134,00	112,21
1238	200,00	737,28	492,25	393,50	332,32	249,61	200,29	161,13	134,12	112,10
1263	200,00	804,63	522,85	411,10	336,76	245,55	195,92	157,41	130,61	111,16
1289	200,00	691,77	476,64	381,11	309,86	221,77	173,81	139,13	113,36	96,72
1313	200,00	579,20	382,57	300,59	245,72	179,75	140,87	113,78	95,32	84,33
1338	200,00	513,88	370,31	296,56	247,00	188,92	154,64	127,52	107,93	93,82
1364	200,00	759,06	489,51	379,33	311,40	222,94	175,44	141,92	117,42	98,97
1388	200,00	667,76	417,65	329,11	274,59	199,07	155,20	125,45	103,27	86,16
1413	200,00	316,33	235,16	210,63	195,15	167,90	141,23	119,62	100,74	84,87
1438	200,00	338,59	226,27	195,39	177,93	155,29	135,63	112,99	95,44	80,48
1463	200,00	350,01	224,36	186,48	170,86	148,60	132,19	116,28	101,54	87,58
1488	200,00	443,60	251,70	211,25	188,48	161,90	142,46	121,84	103,96	89,40
1513	200,00	418,86	274,50	227,55	198,91	168,13	147,77	127,41	108,90	92,93
1538	200,00	445,40	257,50	217,52	196,13	167,96	149,27	130,20	112,68	97,19
1563	200,00	456,85	256,00	218,16	201,83	174,94	157,63	135,63	118,61	102,38
1588	200,00	458,78	269,41	223,22	210,40	187,21	165,58	142,19	119,49	101,19
1613	200,00	544,72	320,86	230,19	202,45	174,01	148,34	123,77	102,36	83,14
1638	200,00	710,75	474,82	369,67	310,04	231,79	179,07	140,63	112,74	93,72
1663	200,00	865,56	518,88	377,85	307,28	219,74	167,73	130,81	104,81	87,44
1688	200,00	1004,08	665,93	506,12	411,71	291,40	218,35	167,77	131,80	106,91
1713	200,00	918,45	645,59	519,23	440,09	310,81	231,07	175,09	138,34	113,17
1738	200,00	741,06	550,45	461,83	386,37	282,21	218,14	167,34	129,72	103,67
1763	200,00	630,84	521,46	447,72	382,51	277,50	215,87	166,94	132,80	107,89
1788	200,00	750,93	541,02	435,31	366,53	272,34	214,78	169,12	132,80	107,89
1813	200,00	1107,75	764,60	569,43	445,77	294,09	207,13	152,38	119,37	99,43
1839	200,00	792,25	571,91	454,06	374,15	274,77	211,65	163,50	129,64	106,17
1863	200,00	651,09	523,66	444,36	371,35	278,07	221,10	179,18	149,56	127,52
1889	200,00	808,76	619,13	518,45	427,60	311,07	245,29	196,95	164,46	132,47
1913	200,00	754,90	595,13	491,69	404,42	294,14	229,29	187,63	155,90	132,89
1939	200,00	750,34	591,95	483,36	405,51	290,73	229,75	183,24	151,21	128,95
1963	200,00	652,20	522,99	441,52	376,77	280,08	222,44	178,35	146,52	123,58
1988	200,00	650,19	530,40	453,58	384,10	287,33	227,09	186,99	151,85	128,03
2013	200,00	540,95	423,38	360,89	311,62	245,79	204,10	169,41	141,52	120,33
2038	200,00	531,91	433,97	387,32	342,93	271,72	222,41	182,07	151,49	127,33
2063	200,00	562,63	458,86	398,75	345,68	268,54	218,73	179,62	148,93	126,75
2100	200,00	559,27	452,51	393,96	346,14	274,77	228,44	188,88	157,16	133,21
2113	200,00	566,47	481,26	423,10	369,58	289,48	231,43	187,54	152,02	126,93
2138	200,00	450,48	392,16	353,54	321,78	272,09	231,61	184,95	146,63	124,48
2163	200,00	309,54	258,93	244,27	230,79	202,55	178,90	154,58	131,42	110,31
2189	200,00	368,76	302,66	277,57	257,26	220,94	191,16	161,19	134,93	112,57
2213	200,00	529,61	419,43	359,61	310,93	240,17	192,86	149,11	118,36	102,39
2238	200,00	802,47	638,81	531,26	431,88	292,10	210,02	158,98	128,34	108,44
2263	200,00	787,54	632,62	530,70	437,07	301,04	222,24	170,64	138,31	115,87
2288	200,00	773,60	625,63	524,25	431,08	297,70	222,24	172,73	140,14	118,22
2313	200,00	798,30	658,68	560,25	469,45	335,78	254,58	198,53	160,21	133,97
2338	200,00	862,47	693,58	589,00	491,74	353,32	268,63	210,75	170,67	143,07
2363	200,00	773,13	639,25	557,70	479,41	362,68	287,57	232,08	189,96	160,23
2388	200,00	727,59	605,74	523,91	445,38	331,93	261,10	207,78	169,77	142,56
2413	200,00	732,17	596,18	493,95	405,00	287,02	218,34	171,21	139,62	119,45
2438	200,00	717,21	614,27	535,23	455,69	337,98	266,08	213,91	174,84	148,26
2463	200,00	776,52	630,83	528,39	434,08	312,79	244,36	194,08	158,58	135,67

2488	200,00	902,77	710,53	580,86	468,46	325,03	253,62	205,50	173,36	149,06
2513	200,00	758,42	623,98	531,36	449,02	327,46	250,51	198,41	160,29	132,84
2538	200,00	774,53	639,36	554,37	472,16	349,38	271,14	212,53	169,68	140,43
2563	200,00	881,19	709,02	565,75	456,71	319,07	249,70	207,41	173,28	146,50
2588	200,00	843,47	696,31	580,70	486,18	361,44	282,74	225,24	183,05	153,44
2613	200,00	672,68	527,91	437,44	363,73	269,74	221,22	183,88	156,63	135,75
2639	200,00	714,10	604,59	520,56	448,96	340,75	270,56	217,71	181,91	154,83
2663	200,00	816,69	653,27	567,00	484,79	358,12	279,96	221,94	179,72	149,65
2688	200,00	765,89	627,48	545,33	463,57	341,28	265,74	207,51	166,68	137,91
2713	200,00	655,53	558,60	490,99	425,62	324,88	259,51	204,70	165,52	137,09
2759	200,00	609,07	511,07	454,39	399,19	309,16	251,21	203,58	165,90	138,64
2763	200,00	672,69	562,56	483,87	411,91	311,06	250,62	199,37	161,00	133,27
2788	200,00	848,82	678,94	557,14	460,47	331,06	253,19	199,66	161,97	135,35
2813	200,00	793,62	628,95	526,96	443,16	328,85	260,30	209,55	173,57	146,87
2838	200,00	645,01	553,20	485,99	423,46	329,99	265,61	215,23	177,01	148,80
2863	200,00	702,74	587,61	503,10	419,30	300,66	234,38	188,03	154,89	130,66
2888	200,00	907,50	711,99	578,70	463,26	320,67	244,76	198,48	167,67	145,07
2913	200,00	693,73	566,03	486,88	414,87	311,69	248,38	199,52	164,83	139,92
2938	200,00	2234,80	1393,44	910,77	564,74	288,44	216,02	181,57	153,25	134,88
2963	200,00	2152,62	1495,45	1006,23	670,96	384,62	281,85	229,44	195,93	166,82

**APÊNDICE D - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS
PELO HWD NO *OFFSET* -3 DA PPD A**

		Bacias deflectométricas (µm) obtidas na linha - 3								
Distância dos sensores (cm)	Carga KN	0	30	45	60	90	120	150	180	210
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
13	200,00	477,94	262,89	221,63	196,15	156,04	130,56	108,94	94,73	80,53
38	200,00	523,62	282,58	245,12	213,42	165,40	133,91	110,37	92,90	79,82
64	200,00	484,21	316,12	252,56	211,91	155,53	125,75	102,42	84,89	70,43
88	200,00	449,05	271,41	227,55	198,90	153,99	126,90	104,71	87,83	73,04
113	200,00	437,46	296,97	238,65	201,43	155,33	121,15	99,72	86,24	71,81
138	200,00	492,27	337,61	272,42	228,68	177,58	144,46	118,70	103,56	79,80
163	200,00	526,74	351,65	266,83	215,92	159,66	128,69	111,58	94,79	77,15
189	200,00	557,10	386,54	312,25	254,64	177,85	142,84	114,82	99,60	83,66
213	200,00	679,14	447,67	351,50	293,08	223,84	178,03	147,60	124,80	106,56
239	200,00	620,43	420,36	346,58	282,91	205,97	165,81	136,92	114,37	97,40
263	200,00	779,95	468,56	356,15	289,54	201,82	162,11	133,95	109,89	93,40
288	200,00	679,15	429,01	340,41	287,19	209,86	163,32	139,42	112,60	92,98
313	200,00	658,03	392,31	313,01	260,03	193,89	157,45	127,01	104,79	89,84
338	200,00	459,85	320,29	270,08	225,36	172,55	139,86	117,66	96,39	81,45
363	200,00	566,10	379,63	303,36	253,36	193,48	156,26	129,98	109,47	92,77
388	200,00	651,82	411,42	327,59	272,88	203,30	163,27	134,14	110,45	91,38
413	200,00	878,80	477,06	377,36	330,81	248,05	199,30	163,73	133,28	111,00
438	200,00	674,90	395,12	315,74	281,88	226,26	188,20	158,24	133,21	112,92
463	200,00	688,94	410,30	334,68	298,84	240,52	198,98	167,50	140,98	117,46
488	200,00	600,01	371,40	337,95	300,01	244,60	207,39	173,52	146,76	123,97
513	200,00	590,71	413,23	361,50	318,78	248,50	206,20	171,68	142,24	119,74
538	200,00	492,02	359,16	322,33	276,93	216,67	178,69	147,51	121,46	100,22
563	200,00	642,17	366,05	297,89	262,60	202,19	168,16	141,35	117,17	97,06
589	200,00	338,40	284,61	249,62	219,23	174,00	144,45	120,11	99,43	81,99
614	200,00	369,76	200,09	188,02	172,30	147,56	129,41	111,66	95,53	83,26
639	200,00	288,46	200,27	186,30	171,32	146,00	130,31	113,91	95,99	82,62
663	200,00	455,67	278,26	244,71	222,38	182,35	157,34	136,56	115,26	99,82
688	200,00	407,94	237,86	207,07	186,82	160,47	141,04	121,82	107,56	89,58
713	200,00	401,49	231,78	199,98	183,83	155,91	135,67	117,06	99,68	83,53
738	200,00	441,73	252,64	217,31	194,55	158,20	135,85	116,79	101,76	85,17

763	200,00	346,81	212,50	185,22	169,23	140,72	122,80	105,18	92,45	77,08
789	200,00	330,51	232,32	210,47	187,61	158,21	146,47	125,96	109,01	97,27
813	200,00	435,86	247,94	224,78	203,25	168,11	149,52	129,30	113,05	97,71
838	200,00	398,55	261,23	224,91	199,32	163,51	140,80	119,92	101,61	87,28
864	200,00	461,67	273,86	240,48	211,80	171,38	148,62	125,34	106,77	92,17
888	200,00	547,48	310,60	269,54	239,58	194,59	168,26	138,19	113,62	94,34
913	200,00	523,36	296,68	255,66	219,21	172,59	144,86	123,78	107,37	89,82
938	200,00	390,43	253,67	221,76	203,14	169,59	147,67	126,88	110,42	95,81
963	200,00	426,10	246,26	212,84	191,15	157,11	137,06	117,42	100,77	87,19
988	200,00	458,93	248,73	225,51	199,52	164,18	143,83	123,49	105,20	92,26
1013	200,00	427,45	271,97	246,41	215,97	174,83	153,04	131,66	111,19	95,71
1038	200,00	478,89	281,67	234,13	211,43	172,38	145,69	127,90	107,35	96,31
1063	200,00	611,89	392,28	315,41	264,06	198,40	164,86	137,69	121,43	100,75
1088	200,00	564,39	401,02	340,56	298,23	232,03	193,18	159,67	134,97	115,60
1113	200,00	626,89	444,80	369,58	319,98	241,86	203,88	166,94	141,63	115,38
1138	200,00	648,11	497,58	420,76	355,42	264,00	210,93	171,16	138,54	117,30
1163	200,00	567,55	418,94	346,71	294,43	226,36	182,91	151,42	127,10	105,80
1188	200,00	608,95	367,71	290,27	241,86	176,01	138,88	114,36	97,75	85,95
1213	200,00	596,89	377,06	303,10	262,74	203,29	164,78	133,31	109,10	95,82
1238	200,00	522,44	358,53	291,42	248,71	187,38	152,74	127,51	109,31	93,49
1263	200,00	618,68	410,03	318,49	258,89	181,61	149,26	124,09	107,03	93,09
1288	200,00	606,43	417,85	352,35	298,93	221,84	176,38	143,31	116,35	99,40
1288	200,00	593,15	415,55	350,03	297,45	222,00	176,05	141,38	115,30	100,50
1313	200,00	485,17	296,74	252,62	219,16	175,24	143,70	119,67	101,82	87,52
1338	200,00	479,51	308,15	258,80	224,45	171,45	146,02	139,74	103,06	105,39
1363	200,00	534,56	361,95	298,87	248,26	188,94	155,77	126,67	106,49	90,87
1388	200,00	557,20	311,14	240,41	215,06	176,97	149,36	125,44	103,47	86,13
1413	200,00	337,33	203,76	174,40	158,96	133,98	122,30	104,52	92,03	79,23
1438	200,00	448,28	246,86	200,41	176,73	152,05	133,21	115,07	99,45	85,55
1463	200,00	334,94	224,21	188,99	167,37	146,87	132,35	116,92	100,99	87,49
1488	200,00	402,67	224,78	194,10	183,67	157,95	150,96	120,89	110,77	87,08
1513	200,00	355,87	241,22	195,19	173,20	151,31	136,85	119,95	104,98	88,38
1538	200,00	420,79	259,55	217,83	192,30	163,65	143,85	123,04	105,05	90,67
1563	200,00	433,08	275,47	229,71	205,05	172,30	150,61	130,19	111,25	96,56
1563	200,00	507,70	297,78	247,16	221,02	183,57	159,51	140,35	114,21	110,29
1589	200,00	400,60	260,38	218,90	202,14	174,82	155,67	135,33	116,88	101,12
1613	200,00	560,17	278,32	214,66	207,88	192,06	163,97	115,73	96,87	83,01
1638	200,00	928,59	570,49	412,40	333,95	232,05	170,87	131,94	107,19	90,52
1663	200,00	869,94	560,92	414,33	335,17	233,37	177,45	140,98	112,53	94,89
1688	200,00	1058,84	697,44	539,87	438,36	295,44	217,67	167,16	134,54	111,81
1713	200,00	1155,65	702,87	533,05	438,66	307,37	226,89	174,05	138,96	115,56
1738	200,00	988,87	612,93	506,62	414,13	291,80	216,13	165,55	129,28	108,62
1763	200,00	853,71	610,22	480,56	396,69	283,27	215,53	168,04	134,57	110,52
1788	200,00	843,75	602,53	502,82	422,68	308,90	237,84	181,85	143,12	113,48
1813	200,00	883,40	642,45	501,51	427,26	300,80	224,55	170,42	132,70	105,73
1839	200,00	758,42	556,36	457,68	381,47	282,29	216,21	169,57	134,48	110,01
1863	200,00	875,82	648,31	510,71	423,23	303,55	237,63	191,06	154,81	128,79
1888	200,00	776,46	602,34	500,32	418,65	313,84	247,42	199,75	159,96	131,34
1913	200,00	865,30	649,68	516,45	423,05	306,70	236,85	194,90	150,52	127,17
1938	200,00	754,72	596,11	492,06	411,71	300,79	237,27	186,89	152,24	129,44
1963	200,00	793,38	592,16	489,20	408,04	300,78	237,51	189,92	154,94	129,15
1988	200,00	697,07	542,00	453,46	381,60	287,83	225,84	182,61	148,46	125,46
2014	200,00	669,86	509,34	433,76	371,14	283,51	227,60	183,84	148,28	123,78
2038	200,00	555,67	429,52	382,10	340,81	271,66	226,22	186,90	154,80	131,38
2063	200,00	639,02	509,12	437,42	380,12	297,17	245,88	203,96	170,14	146,37
2097	200,00	757,29	601,14	500,52	414,40	301,37	241,57	197,86	164,89	141,25
2113	200,00	780,28	592,74	486,25	398,62	280,65	216,68	173,06	142,62	120,96
2138	200,00	337,81	278,84	260,09	247,60	222,80	200,44	175,64	149,87	127,80

2163	200,00	374,42	306,57	281,57	265,66	229,34	198,39	169,78	142,45	115,99
2189	200,00	586,26	455,86	391,10	335,24	264,36	219,28	180,62	148,49	121,80
2213	200,00	405,12	329,14	304,70	281,43	235,76	201,54	168,19	139,54	115,97
2238	200,00	837,86	639,64	529,61	430,45	292,73	216,31	163,82	132,38	113,10
2263	200,00	826,85	659,84	550,81	451,77	312,75	229,25	174,53	140,69	118,33
2288	200,00	920,53	696,23	563,50	458,17	313,19	230,98	181,85	149,67	125,26
2313	200,00	830,41	663,80	565,35	473,83	336,80	254,87	196,30	155,83	130,50
2339	200,00	818,58	662,19	558,13	470,28	346,32	272,20	217,18	177,09	147,14
2363	200,00	867,74	701,94	585,50	479,28	349,42	279,74	224,67	187,83	163,90
2388	200,00	716,66	577,10	504,49	434,96	336,13	268,69	216,34	176,81	146,61
2414	200,00	729,78	651,16	555,79	465,56	339,20	261,59	206,89	168,54	142,10
2438	200,00	728,03	602,68	512,87	435,01	327,08	255,79	203,81	168,27	144,77
2463	200,00	837,76	641,54	516,99	421,93	307,28	236,31	188,22	153,74	131,85
2488	200,00	683,94	569,39	492,69	424,22	322,25	257,84	209,88	171,23	148,94
2513	200,00	758,09	598,57	495,30	407,07	285,77	219,82	175,56	143,28	119,71
2538	200,00	802,14	671,59	586,26	499,83	369,78	288,54	224,46	178,35	144,82
2563	200,00	962,42	726,85	585,77	470,94	334,97	260,62	210,82	175,05	143,49
2589	200,00	904,26	673,27	514,11	410,56	278,01	208,28	167,57	140,96	120,85
2613	200,00	744,06	572,51	478,52	402,75	283,07	213,77	171,85	143,28	123,36
2638	200,00	692,04	549,77	456,85	378,15	277,47	214,00	169,53	138,19	117,59
2664	200,00	725,39	564,70	484,16	405,11	296,62	225,96	178,35	144,42	120,17
2689	200,00	720,04	573,31	478,63	395,03	285,76	221,03	176,39	143,63	119,46
2713	200,00	673,19	544,86	452,61	379,64	272,48	205,28	157,36	126,45	104,58
2758	200,00	924,70	667,24	557,75	464,42	338,47	259,78	203,73	164,23	139,08
2763	200,00	789,78	639,67	548,17	464,11	342,41	265,08	209,43	167,24	139,72
2788	200,00	688,40	588,50	512,45	435,51	325,46	253,49	201,60	164,22	139,27
2813	200,00	798,40	659,99	557,37	468,01	343,75	270,76	217,10	177,91	150,29
2839	200,00	840,69	704,76	600,15	494,14	352,23	269,36	216,40	179,61	157,77
2863	200,00	937,17	720,94	553,93	418,41	266,65	217,13	181,16	153,85	134,62
2888	200,00	881,15	674,25	546,01	440,53	309,61	239,28	195,98	165,88	143,13
2913	200,00	734,86	608,42	532,25	456,68	339,33	268,00	213,47	171,39	144,23
2938	200,00	974,33	712,27	549,42	429,93	307,15	243,51	199,95	167,67	143,07
2963	200,00	1701,93	1067,43	752,69	553,05	350,86	257,65	196,36	160,14	135,68

**APÊNDICE E - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS
PELO HWD NO *OFFSET* -6 DA PPD A**

Bacias deflectométricas (μm) obtidas na linha -6										
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Comp. (m)	Carga (kN)									
0	200	462,14	335,89	290,10	248,94	190,55	152,24	124,08	103,69	88,04
25	200	526,91	312,01	262,72	233,49	184,30	151,43	124,77	104,60	88,65
50	200	471,72	313,50	258,37	224,73	176,27	145,37	120,85	101,43	85,34
75	200	397,39	288,62	241,63	203,93	159,41	128,42	105,32	86,66	73,44
100	200	415,36	286,64	238,97	203,93	159,12	129,90	107,20	87,85	73,04
125	200	390,88	289,70	243,90	209,95	160,89	131,77	106,21	90,02	75,02
150	200	372,55	296,58	241,30	204,22	156,44	125,35	104,46	87,96	74,97
175	200	543,48	375,48	307,34	250,52	180,90	145,54	119,84	99,75	85,28
200	200	454,04	325,93	274,80	238,03	186,31	154,07	128,01	106,58	91,73
225	200	684,07	464,19	372,37	311,09	233,44	191,93	156,99	129,55	110,58
250	200	705,89	422,82	333,96	275,87	201,50	166,09	136,80	111,65	98,43
275	200	705,05	460,65	346,68	275,67	197,96	161,91	132,04	111,67	98,28
301	200	613,13	420,44	323,40	260,52	193,09	154,07	126,35	105,16	88,33
325	200	547,82	404,36	335,73	283,41	217,79	172,57	142,36	116,65	98,54
351	200	572,70	392,06	326,42	278,45	203,63	164,64	134,64	112,33	99,60
375	200	633,76	452,72	362,09	300,71	220,47	181,55	146,51	121,66	101,50
400	200	758,81	458,27	363,71	299,14	218,03	174,98	144,59	118,78	98,95

425	200	878,27	487,32	379,88	320,02	233,80	181,99	147,18	120,82	101,01
450	200	580,41	429,09	361,54	309,21	244,04	201,06	163,36	135,10	111,82
475	200	527,82	428,16	366,13	320,04	250,22	209,75	175,09	146,53	123,19
500	200	739,93	444,24	368,23	317,89	250,81	202,94	169,45	141,80	119,01
525	200	759,41	492,09	399,78	337,00	258,11	212,45	174,11	143,87	120,34
551	200	728,69	432,12	368,16	314,19	235,86	188,43	149,72	121,70	98,43
575	200	595,64	364,05	305,41	259,88	192,37	155,12	122,89	104,66	81,70
600	200	389,84	285,12	253,68	220,36	171,37	140,23	116,13	96,20	80,23
625	200	454,02	301,99	263,16	234,52	189,57	160,23	134,25	113,41	94,24
650	200	540,12	319,58	267,04	239,93	193,63	159,99	132,88	110,02	92,81
675	200	475,33	285,83	241,92	216,69	177,77	154,11	131,81	113,33	95,34
700	200	386,19	245,82	215,90	194,81	167,84	143,12	123,69	108,10	91,72
726	200	419,62	271,75	239,60	216,40	171,37	148,46	127,52	109,53	94,78
750	200	491,69	279,03	227,61	208,83	174,22	148,95	128,60	112,28	96,94
775	200	328,77	248,55	215,14	193,55	162,02	140,73	122,40	106,73	92,44
800	200	328,11	236,78	212,70	193,90	166,84	147,24	131,12	113,61	100,58
826	200	418,77	282,21	246,70	220,89	180,37	153,36	129,65	107,54	93,94
850	200	536,54	362,23	296,27	255,68	196,69	158,38	129,43	107,65	91,43
875	200	536,47	353,96	295,73	258,61	205,61	171,16	143,42	116,77	100,68
900	200	572,47	364,95	307,78	273,05	219,42	184,20	155,27	125,85	111,58
925	200	435,82	310,46	265,54	230,61	187,16	157,05	131,54	111,53	94,46
950	200	521,42	344,71	285,35	258,63	206,09	173,15	144,65	122,19	103,39
976	200	431,14	294,61	252,40	222,84	176,27	151,06	126,94	107,07	94,61
1000	200	323,59	259,34	234,17	207,04	170,12	146,12	126,34	105,38	91,38
1025	200	508,35	335,73	278,45	239,11	192,54	164,30	139,42	118,71	101,97
1050	200	609,42	392,16	311,72	263,25	199,49	162,97	134,44	111,93	95,94
1076	200	647,78	472,44	373,87	311,15	228,31	184,40	152,64	126,95	109,72
1100	200	688,43	486,69	379,93	321,16	237,76	190,26	155,83	128,82	111,31
1125	200	657,81	459,43	373,78	311,79	238,07	193,40	159,28	134,11	112,42
1150	200	683,82	471,77	379,36	318,98	233,08	186,42	151,58	124,55	102,62
1176	200	764,50	492,65	375,67	305,26	218,40	170,53	136,52	114,39	95,74
1200	200	712,72	441,17	348,17	282,77	201,58	160,98	131,01	109,67	92,80
1225	200	622,01	401,45	312,69	256,26	187,14	149,55	124,36	107,20	93,42
1250	200	618,15	386,35	305,08	254,00	184,73	150,34	125,75	106,56	94,46
1275	200	510,86	372,58	311,75	265,72	200,51	158,56	131,82	111,14	95,33
1300	200	493,96	376,46	314,38	263,24	199,47	156,69	126,85	106,65	89,44
1326	200	475,53	330,64	280,26	238,51	178,11	145,88	118,11	97,29	84,40
1350	200	559,27	347,60	283,84	239,15	176,08	143,45	118,14	99,56	86,60
1375	200	570,38	388,94	305,80	247,14	174,11	137,24	112,87	94,24	81,65
1400	200	327,99	222,20	190,84	171,17	139,81	120,44	104,12	88,68	78,85
1425	200	340,60	242,39	203,58	182,31	157,90	138,30	119,97	100,07	81,84
1451	200	362,83	212,34	185,54	171,11	148,63	131,94	115,05	99,45	86,09
1476	200	362,89	207,03	179,55	167,51	149,54	134,88	118,86	103,81	89,43
1500	200	415,75	268,00	214,79	190,06	164,34	144,60	125,75	107,10	93,46
1525	200	407,84	244,16	195,34	179,27	155,45	136,63	118,99	100,37	83,12
1550	200	391,20	225,27	191,67	178,80	158,76	144,71	124,96	108,36	95,10
1575	200	418,19	239,70	199,64	180,63	155,97	137,35	119,22	101,48	87,05
1601	200	535,74	318,66	241,56	212,80	182,46	156,49	132,72	111,53	91,73
1625	200	538,42	271,83	216,40	202,98	173,90	153,37	128,38	107,18	90,06
1650	200	877,08	544,16	397,18	316,76	213,81	159,67	124,16	101,45	84,10
1675	200	1148,67	700,44	498,19	395,56	266,49	190,59	147,37	119,92	99,22
1701	200	1067,91	699,12	510,19	409,45	281,10	208,16	162,72	131,23	102,64
1725	200	970,50	725,43	566,30	454,22	309,07	229,25	176,79	139,94	116,87
1750	200	714,64	535,26	448,96	379,64	280,26	213,64	169,00	137,34	113,76
1775	200	814,40	581,67	453,74	375,37	272,76	206,21	159,03	125,65	102,81
1800	200	955,78	638,78	481,07	385,29	263,51	197,61	156,32	126,94	106,50
1825	200	772,59	577,47	475,97	394,33	284,74	213,88	171,37	136,93	113,98
1850	200	867,31	577,20	459,69	387,62	280,76	216,53	169,38	136,51	113,09

1875	200	828,18	613,78	485,64	389,94	278,87	221,05	174,94	144,49	124,06
1900	200	815,44	631,07	515,76	423,93	303,69	234,85	187,47	151,24	127,56
1925	200	805,03	615,86	505,09	414,00	295,05	227,13	179,78	146,32	122,35
1951	200	734,16	587,34	487,57	405,54	298,94	234,06	187,93	153,23	128,26
1975	200	721,81	527,06	435,61	369,70	279,44	224,56	181,82	150,90	126,94
2000	200	682,24	535,02	447,74	377,75	282,32	227,94	185,89	152,49	130,23
2025	200	533,67	454,77	402,96	356,11	283,56	234,73	191,85	161,18	134,68
2050	200	477,22	393,59	349,48	310,75	251,51	212,48	176,53	149,15	127,25
2067	200	569,89	467,52	412,13	364,56	287,17	231,28	190,26	156,96	129,51
2090	200	655,20	522,42	455,73	402,32	321,46	268,54	224,45	184,51	154,78
2100	200	687,18	563,52	478,13	402,72	303,44	238,31	192,37	157,21	131,14
2125	200	795,13	644,45	539,40	450,64	327,20	252,92	200,64	159,33	132,29
2151	200	436,78	393,29	342,42	286,33	215,59	176,23	143,95	119,16	103,02
2176	200	338,13	289,25	272,57	256,28	224,67	200,09	167,60	139,41	115,80
2200	200	531,12	410,97	352,18	308,03	246,39	205,68	171,17	137,55	116,90
2225	200	499,85	442,34	407,88	374,89	317,68	261,35	191,63	151,65	126,93
2250	200	784,03	634,23	530,44	432,43	296,73	217,31	165,61	132,71	111,44
2275	200	872,65	705,75	587,10	477,63	325,21	235,62	179,48	141,53	120,06
2301	200	903,86	720,79	604,14	495,80	345,44	259,30	202,08	163,47	135,25
2325	200	790,77	642,34	541,74	450,24	319,34	242,00	189,92	154,07	128,53
2350	200	795,03	663,12	570,85	488,20	365,93	287,96	229,45	187,83	155,85
2375	200	641,81	559,96	491,16	423,96	321,30	254,99	204,71	171,35	145,77
2401	200	655,32	557,81	486,65	418,58	316,28	247,52	199,01	164,38	137,83
2425	200	709,58	574,66	489,96	414,33	306,01	239,35	190,42	156,94	133,03
2450	200	650,83	545,75	471,49	402,80	302,70	235,80	189,47	156,67	128,73
2475	200	688,70	574,10	494,55	425,75	321,40	253,30	202,52	165,18	138,20
2500	200	781,59	654,74	547,38	452,62	318,67	240,70	191,22	157,04	131,75
2525	200	808,68	653,64	550,98	460,42	336,77	263,89	207,22	168,73	140,14
2550	200	878,37	702,41	581,69	484,41	351,91	273,34	218,51	178,97	148,89
2575	200	813,98	680,42	583,70	494,99	367,84	287,04	228,07	184,82	154,39
2600	200	949,06	668,87	533,39	422,88	296,73	231,75	190,63	162,45	138,19
2625	200	696,46	525,17	430,08	356,87	262,29	204,45	163,90	136,14	116,36
2651	200	670,77	565,83	477,29	395,76	286,91	218,39	168,47	132,65	109,44
2675	200	660,83	529,70	447,85	372,68	270,32	204,01	161,50	130,33	109,52
2700	200	761,10	588,64	485,19	399,36	281,41	213,29	165,97	134,45	113,85
2726	200	713,55	603,61	534,62	468,11	360,16	283,61	225,46	182,22	150,21
2750	200	758,88	618,23	527,24	444,60	326,79	254,28	203,13	167,07	141,05
2776	200	688,53	581,18	505,39	436,03	327,59	256,95	201,44	161,47	132,48
2800	200	809,57	683,11	589,05	501,50	368,03	283,89	224,43	184,82	153,23
2825	200	756,01	616,11	521,52	434,85	315,33	239,93	189,87	158,11	134,07
2851	200	861,12	696,69	581,56	485,07	348,30	264,13	205,91	166,43	139,98
2875	200	765,61	626,38	535,36	452,22	327,66	253,51	199,71	162,98	138,23
2900	200	819,50	620,92	511,22	417,18	295,79	228,71	182,43	152,21	129,02
2925	200	1816,08	1234,73	907,99	651,00	377,98	263,30	207,82	175,22	152,97
2950	200	867,34	613,52	453,69	360,71	281,25	233,75	199,26	170,62	146,83

**APÊNDICE F - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS
PELO HWD NO *OFFSET* +3 DA PPD B**

		Bacias deflectométricas (μm) obtidas na linha - 3								
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
Comp. (m)	Carga (kN)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
5	200,00	428,91	351,44	318,48	290,66	229,57	194,93	158,51	130,79	105,92
25	200,00	263,21	199,83	187,31	177,12	153,81	140,49	124,03	100,32	75,69
45	200,00	283,30	225,08	202,80	180,53	152,58	133,85	113,91	98,11	85,15
65	200,00	356,24	281,91	246,41	213,10	158,96	127,42	100,15	82,24	68,81
85	200,00	369,70	293,52	265,89	240,63	191,47	160,11	129,89	105,98	86,11

105	200,00	504,78	394,82	351,43	307,95	233,42	183,66	147,60	116,34	92,93
126	200,00	392,44	332,23	299,36	268,47	207,63	170,67	134,55	109,73	87,33
145	200,00	405,68	314,18	277,43	246,41	184,88	148,34	118,47	95,67	77,87
165	200,00	464,43	351,15	305,11	263,12	195,45	157,51	123,73	99,43	79,29
185	200,00	479,30	287,19	255,68	226,51	173,09	142,85	114,00	92,74	74,26
205	200,00	392,87	304,01	276,34	243,75	185,28	149,75	121,14	95,99	80,27
207	200,00	488,25	336,14	285,76	245,92	184,88	146,73	117,42	91,92	79,27
225	200,00	388,17	292,69	262,83	236,16	177,52	149,57	119,19	96,96	80,13
245	200,00	396,64	311,04	279,13	243,47	179,24	144,10	112,19	89,46	72,78
266	200,00	395,48	289,71	260,15	229,44	174,06	145,43	113,68	91,51	74,33
286	200,00	403,88	306,33	271,02	237,30	179,83	145,05	114,73	93,52	75,71
305	200,00	414,26	300,01	256,83	221,71	165,47	134,22	106,31	87,39	73,17
306	200,00	464,60	284,39	256,13	227,18	174,20	141,51	110,68	89,61	70,51
326	200,00	369,95	259,21	226,61	202,81	156,18	127,33	102,04	84,07	68,66
345	200,00	394,18	252,20	219,16	193,83	150,69	123,68	100,52	84,00	66,69
368	200,00	399,92	276,64	241,12	210,15	157,32	125,95	98,94	80,64	64,21
385	200,00	358,58	254,87	217,30	191,30	146,12	123,08	98,07	76,32	67,52
426	200,00	530,72	336,72	282,37	238,88	167,27	131,18	101,29	81,47	66,28
446	200,00	283,89	224,08	201,01	178,04	135,95	111,40	89,61	72,19	59,71
465	200,00	479,31	247,54	212,06	190,26	141,80	116,24	91,66	73,82	65,01
485	200,00	280,37	216,37	195,53	173,22	135,15	112,15	92,87	75,84	64,78
506	200,00	404,03	299,52	258,32	221,28	162,50	129,70	101,75	83,47	67,96
525	200,00	343,89	259,77	229,46	201,81	152,42	124,18	99,38	81,96	66,61
545	200,00	414,18	303,90	256,79	223,10	170,02	136,72	109,89	90,30	75,12
565	200,00	625,24	409,17	332,79	281,94	199,48	154,03	118,98	95,52	78,54
585	200,00	349,38	261,20	230,15	200,69	154,52	127,43	104,89	87,89	74,15
605	200,00	396,77	274,37	239,28	206,27	152,56	124,96	100,72	83,28	70,46
625	200,00	373,15	258,95	228,49	199,99	153,67	127,42	102,35	85,70	69,54
645	200,00	333,12	256,47	225,56	194,64	143,84	117,30	93,74	77,64	62,83
665	200,00	555,70	265,40	227,68	195,92	140,94	109,27	85,26	69,67	55,58
685	200,00	297,46	215,76	185,07	157,64	113,28	89,61	70,30	57,93	48,72
705	200,00	330,63	226,02	192,43	164,38	115,87	92,17	73,40	60,46	50,78
725	200,00	495,95	271,86	226,67	189,92	129,33	97,84	76,29	62,28	50,76
746	200,00	335,28	252,29	216,29	182,84	131,05	103,29	80,24	63,76	53,56
765	200,00	412,46	299,50	250,21	209,25	142,31	108,79	81,92	65,26	52,16
785	200,00	548,68	357,53	298,37	249,12	173,41	133,38	100,58	78,48	60,65
806	200,00	449,11	319,27	263,07	217,63	153,26	120,87	92,57	75,53	57,50
825	200,00	459,71	301,29	257,90	222,57	161,86	129,69	99,28	75,67	63,66
845	200,00	524,88	267,64	238,35	206,29	145,44	116,45	91,42	73,71	60,35
868	200,00	457,35	294,77	250,11	220,53	160,79	126,64	96,77	75,63	60,64
885	200,00	432,67	278,32	242,80	214,31	158,21	127,34	96,96	77,37	63,82
905	200,00	566,47	324,59	273,02	234,94	167,50	129,82	98,78	78,35	63,67
926	200,00	449,04	247,36	207,41	185,47	133,37	109,54	84,43	65,05	50,72
945	200,00	482,19	308,90	250,71	212,45	151,26	114,89	90,68	75,43	57,10
965	200,00	509,48	303,44	252,20	211,41	144,75	110,93	82,87	66,46	56,21
987	200,00	497,24	255,39	226,12	197,24	145,47	114,80	89,41	72,68	65,12
1005	200,00	480,39	291,37	252,10	213,02	147,67	114,25	87,27	70,71	59,40
1025	200,00	419,75	269,66	224,28	195,86	146,70	114,78	89,55	72,80	59,04
1045	200,00	638,01	340,35	283,24	247,03	174,30	137,19	104,96	85,96	70,44
1065	200,00	411,34	251,90	207,45	172,18	123,18	99,67	81,50	67,27	57,79
1086	200,00	383,20	257,15	216,19	184,53	133,08	104,28	82,22	68,07	57,68
1108	200,00	346,79	278,32	228,85	192,64	137,03	106,56	83,11	66,49	57,48
1125	200,00	442,16	296,86	249,71	209,42	147,98	113,84	87,34	68,28	56,37
1148	200,00	504,48	277,79	236,44	204,23	144,76	115,12	87,44	76,12	57,02
1165	200,00	442,79	267,17	224,89	190,70	132,95	103,58	79,83	64,16	53,22
1186	200,00	459,44	291,22	240,09	204,21	140,60	106,68	81,21	65,58	53,19
1205	200,00	483,17	303,66	246,42	207,13	142,11	112,99	87,66	71,00	58,64
1225	200,00	467,90	304,76	254,07	209,78	143,70	110,07	84,62	69,83	56,32

1245	200,00	465,31	253,68	212,72	183,57	134,18	100,76	78,05	63,77	50,88
1265	200,00	421,52	283,36	241,18	203,76	143,81	108,98	80,89	66,50	52,11
1285	200,00	416,84	280,06	237,32	199,41	139,24	103,59	77,50	60,27	50,52
1305	200,00	415,10	291,12	250,52	212,28	152,56	117,18	87,61	67,70	55,09
1325	200,00	479,86	304,74	250,11	213,16	146,91	115,02	85,52	65,76	50,76
1345	200,00	408,48	268,00	228,29	193,42	137,01	103,92	79,03	61,54	49,89
1365	200,00	443,64	295,40	248,72	209,38	144,58	109,10	80,36	63,12	53,21
1385	200,00	432,49	270,74	231,09	195,09	138,08	108,59	82,06	64,11	53,46
1407	200,00	504,20	351,96	281,99	232,41	153,64	117,05	89,46	72,67	56,98
1426	200,00	558,88	370,50	301,13	248,92	169,12	126,25	96,77	75,63	62,13
1445	200,00	449,61	324,15	268,87	226,59	158,90	121,78	93,99	76,92	64,12
1465	200,00	513,94	327,85	273,37	230,13	156,57	124,36	96,33	79,13	63,42
1486	200,00	513,27	320,01	264,75	223,43	152,34	116,19	89,41	73,38	58,74
1505	200,00	528,80	330,83	270,67	229,08	161,41	122,20	93,25	73,59	59,67
1525	200,00	689,00	380,25	309,25	251,61	164,19	122,17	90,31	69,20	56,06
1546	200,00	453,41	260,13	211,63	177,22	131,60	97,88	76,16	58,81	49,19
1565	200,00	419,96	260,32	211,86	178,57	121,49	89,48	68,28	52,02	40,93
1585	200,00	465,75	288,68	244,93	204,97	137,81	103,43	76,53	57,79	46,53
1607	200,00	432,34	237,97	207,04	181,20	125,53	97,08	70,30	54,00	41,12
1625	200,00	379,93	251,30	212,10	180,44	121,88	89,33	67,09	50,22	39,30
1645	200,00	476,24	280,04	233,17	199,08	138,33	104,05	79,57	56,78	52,52
1666	200,00	483,16	308,90	267,58	227,86	160,49	120,27	89,13	67,87	54,89
1686	200,00	484,52	329,18	270,01	225,69	153,06	113,09	77,77	62,14	46,70
1705	200,00	349,13	234,63	199,78	173,53	124,86	90,51	75,41	61,30	42,25
1725	200,00	463,24	301,80	250,61	214,62	152,89	113,43	84,00	68,89	53,58
1745	200,00	531,71	328,58	277,53	230,25	156,84	113,63	84,03	63,47	48,67
1765	200,00	383,41	267,20	235,11	201,84	141,94	109,16	79,76	61,98	48,47
1785	200,00	358,52	257,74	228,21	200,76	146,56	113,76	86,61	66,49	53,01
1807	200,00	408,76	275,08	236,14	204,13	143,88	112,37	85,81	64,21	55,89
1826	200,00	550,38	342,26	281,49	231,11	159,64	123,25	94,26	71,87	56,18
1847	200,00	423,62	262,85	232,40	200,27	147,64	118,49	90,73	72,33	55,81
1867	200,00	415,80	246,05	218,40	187,19	140,81	110,09	86,41	69,86	58,76
1885	200,00	324,67	223,77	198,62	172,47	130,13	103,29	83,50	59,74	53,98
1906	200,00	423,66	279,48	243,64	209,39	151,14	118,58	91,90	72,29	57,65
1926	200,00	452,92	276,86	245,52	206,50	152,70	118,17	91,62	72,36	56,39
1945	200,00	326,33	242,30	214,59	187,68	141,96	109,14	82,43	68,53	53,82
1965	200,00	391,12	313,43	268,44	227,42	152,01	120,00	89,48	70,06	54,80
1986	200,00	279,10	211,32	187,09	166,59	128,60	107,16	85,05	69,90	58,85
2007	200,00	480,27	257,01	226,80	199,74	149,56	118,86	92,00	76,06	60,51
2025	200,00	337,96	227,51	203,42	182,33	138,94	112,75	88,76	73,47	57,78
2046	200,00	274,02	212,91	187,88	166,57	128,27	106,65	85,04	70,16	58,81
2065	200,00	474,08	241,26	202,10	177,54	139,77	111,74	91,65	78,63	64,91
2085	200,00	300,34	203,97	180,10	159,55	122,34	100,68	81,33	65,78	55,56
2105	200,00	341,28	248,05	215,83	182,32	130,09	100,62	76,77	60,12	53,12
2125	200,00	385,45	238,97	185,96	155,56	109,27	83,90	64,46	53,80	44,71
2147	200,00	321,39	226,25	193,15	165,71	111,93	87,88	67,40	53,58	44,83
2165	200,00	445,26	254,92	207,16	168,17	110,84	82,32	61,97	49,57	40,00
2185	200,00	391,11	232,35	194,29	160,20	107,32	81,19	61,43	49,39	39,39
2206	200,00	326,46	231,67	199,75	164,84	109,02	85,71	61,56	50,45	39,81
2225	200,00	422,37	278,35	224,76	177,38	109,27	80,54	58,63	48,07	38,59
2246	200,00	421,38	254,11	208,08	168,97	112,72	84,44	66,49	51,64	43,12
2266	200,00	344,45	244,73	200,25	164,75	108,70	81,87	60,13	49,66	38,10
2285	200,00	312,85	235,55	197,44	161,69	105,17	77,40	60,86	44,41	38,21
2305	200,00	353,61	242,43	196,32	156,59	96,71	67,57	47,51	36,73	29,24
2326	200,00	342,83	249,53	210,05	173,25	112,69	84,10	64,21	50,95	43,14
2346	200,00	272,43	200,62	169,39	141,72	96,99	73,09	56,23	44,23	39,07
2365	200,00	372,68	236,70	193,69	157,64	105,69	80,06	60,99	50,06	42,81
2386	200,00	285,83	203,78	177,49	148,82	103,18	80,04	61,91	49,01	38,26

2406	200,00	242,71	169,75	146,81	125,46	91,94	72,27	59,61	46,96	41,32
2425	200,00	253,88	178,76	154,09	132,79	105,63	88,39	71,64	59,75	50,74
2445	200,00	216,14	147,72	135,24	125,35	101,38	88,09	72,91	62,72	51,24
2465	200,00	257,25	161,35	143,01	133,68	106,31	92,82	76,26	61,59	50,78
2485	200,00	284,09	205,76	191,11	174,67	109,81	92,48	74,96	61,69	51,69
2506	200,00	258,91	177,54	158,58	149,02	120,08	102,84	84,39	70,09	57,96
2525	200,00	775,60	463,26	327,80	231,48	129,12	95,72	74,32	63,22	55,00
2546	200,00	866,29	555,43	401,60	280,86	149,77	103,44	79,53	67,15	60,42

**APÊNDICE G - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS
PELO HWD NO *OFFSET* +6 DA PPD B**

		Bacias deflectométricas (μm) obtidas na linha +6								
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
Comp. (m)	Carga (kN)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
0	200	280,15	220,57	207,00	195,12	163,78	144,62	121,56	102,40	88,33
20	200	352,61	277,36	250,19	227,67	186,05	156,25	127,27	106,26	87,98
40	200	253,25	216,00	202,91	187,97	160,54	140,08	120,13	103,55	89,94
60	200	356,22	271,01	240,37	215,92	168,67	140,82	115,75	93,77	79,23
81	200	323,82	271,91	247,54	225,70	183,14	156,02	123,82	105,43	88,07
100	200	469,79	371,81	324,13	288,39	227,19	190,10	150,48	122,71	98,19
120	200	403,35	349,80	321,49	283,85	219,38	183,76	147,60	116,32	94,26
140	200	334,36	279,50	251,91	224,23	177,98	148,47	123,52	104,15	84,99
160	200	377,77	303,15	263,09	235,25	183,50	152,14	122,13	99,15	81,87
181	200	402,48	297,25	262,68	231,60	178,57	147,70	119,80	98,36	81,34
201	200	358,13	289,57	259,80	230,33	179,17	150,01	120,74	99,25	81,55
220	200	291,47	246,46	223,75	203,46	162,99	138,57	113,03	94,06	78,82
241	200	338,54	281,23	252,73	225,46	175,91	146,18	119,73	98,07	80,19
260	200	377,68	278,81	259,12	230,99	180,66	151,59	128,99	98,87	82,62
280	200	451,54	326,40	279,88	246,97	188,99	154,23	123,59	101,61	80,88
300	200	459,36	343,92	288,51	253,39	192,51	159,18	123,12	98,83	78,96
320	200	377,78	304,59	262,19	229,73	177,16	146,17	117,69	90,78	80,10
341	200	432,58	335,80	282,58	246,58	188,32	152,10	119,25	96,68	76,73
360	200	434,63	307,42	271,77	239,24	179,17	144,98	114,53	92,60	75,66
380	200	395,71	287,79	251,51	220,38	169,56	132,87	108,64	87,31	72,88
400	200	430,91	312,48	266,16	231,91	174,96	142,16	113,89	91,81	73,35
420	200	425,03	293,07	246,54	219,34	165,25	135,06	104,76	88,62	72,49
441	200	474,53	341,68	291,71	253,97	185,49	146,93	114,65	88,63	71,67
460	200	371,40	282,34	246,38	213,14	153,97	127,11	97,21	77,67	64,60
480	200	334,40	245,93	220,80	194,25	149,26	122,11	97,28	78,43	65,06
500	200	340,17	232,65	197,64	176,92	135,18	112,18	94,05	76,34	65,15
520	200	441,67	304,37	257,85	223,09	165,63	135,88	109,70	87,31	69,73
540	200	382,82	273,24	235,34	209,07	158,61	129,05	102,17	84,97	71,89
560	200	423,00	280,21	244,80	213,93	163,23	135,15	112,23	89,21	76,30
580	200	485,19	308,56	259,54	235,85	182,09	150,57	121,94	102,06	81,36
600	200	595,60	378,84	327,93	275,65	209,00	164,59	132,68	110,43	89,64
620	200	442,93	319,36	264,58	230,23	178,15	145,57	118,07	97,95	82,80
641	200	495,31	300,16	252,66	223,28	171,25	141,23	115,11	95,52	80,04
660	200	381,55	280,31	248,75	216,26	167,23	135,87	108,08	86,42	71,82
680	200	457,33	340,84	286,54	245,40	177,10	139,96	106,60	86,60	68,50
700	200	396,94	279,41	236,83	210,49	153,13	120,55	93,59	77,24	60,07
720	200	329,00	264,24	214,84	193,64	145,91	115,52	90,03	70,19	57,86
741	200	282,92	227,87	204,54	181,94	136,12	112,38	90,09	74,54	60,23
760	200	468,05	300,93	252,22	220,89	158,53	124,61	95,86	74,56	60,39
780	200	340,30	253,15	223,25	191,30	143,88	115,51	86,53	68,82	56,02
800	200	530,69	365,67	304,71	254,60	179,58	137,53	103,43	80,18	65,20

820	200	509,67	337,56	275,10	231,66	169,40	135,63	104,66	82,31	67,55
840	200	460,61	337,98	281,23	239,04	169,30	131,26	99,46	76,91	63,60
860	200	468,04	337,12	280,46	237,70	177,88	142,07	111,22	87,73	72,78
880	200	436,24	305,31	255,65	219,68	160,79	126,06	98,18	78,27	63,24
900	200	433,86	294,22	239,59	203,25	149,36	118,13	94,84	75,83	63,82
920	200	441,69	304,37	261,63	228,69	170,05	133,19	103,87	83,73	67,21
940	200	447,14	322,53	263,97	227,52	166,04	130,22	101,87	80,37	63,86
960	200	391,56	261,59	220,32	189,86	140,67	112,17	86,13	67,71	56,91
980	200	399,44	306,68	259,21	222,15	161,25	127,21	98,79	79,43	63,71
1000	200	393,14	284,29	236,25	204,30	147,81	117,61	91,94	73,18	60,51
1020	200	440,19	303,12	258,67	219,83	161,79	130,43	102,28	82,76	67,50
1040	200	436,84	300,82	251,91	216,67	161,09	128,22	102,12	82,70	66,68
1060	200	395,32	262,38	225,02	198,63	150,28	126,47	102,14	85,51	70,93
1080	200	490,69	295,60	250,78	216,22	161,75	129,85	104,01	85,13	72,52
1100	200	344,48	245,22	199,87	171,00	131,22	108,64	87,51	73,49	61,23
1120	200	396,43	241,55	197,91	171,78	132,28	109,16	89,78	71,95	62,82
1140	200	386,79	250,49	206,35	179,31	133,13	108,14	88,17	75,06	63,29
1160	200	358,42	276,49	232,77	199,15	149,07	117,95	91,92	74,12	61,94
1180	200	360,94	250,37	211,70	186,78	142,37	113,85	91,49	73,95	60,52
1200	200	391,52	280,87	226,27	192,04	142,50	112,00	88,31	70,01	58,43
1220	200	355,56	252,43	217,06	189,40	141,59	112,18	88,74	72,08	60,05
1240	200	395,76	268,37	226,93	196,39	147,96	116,91	93,57	74,55	61,69
1260	200	445,74	298,70	251,61	215,82	153,21	118,76	91,20	72,08	58,51
1280	200	384,43	251,20	212,01	182,65	134,45	106,62	84,31	65,69	57,20
1300	200	436,31	267,69	219,22	190,92	138,07	106,51	79,12	59,57	50,30
1320	200	358,99	266,38	227,66	196,38	135,98	103,76	79,29	62,05	48,42
1340	200	459,12	304,41	257,03	217,33	151,64	116,34	88,41	68,86	52,18
1360	200	487,08	304,69	260,04	217,51	150,82	113,37	84,55	62,62	51,36
1380	200	464,79	323,75	261,03	218,84	155,91	118,11	89,63	67,75	54,55
1401	200	435,49	284,55	244,57	205,71	143,19	108,11	81,79	63,64	50,59
1421	200	422,85	308,99	257,14	218,50	156,09	123,29	91,11	71,64	60,26
1440	200	440,19	321,23	269,74	229,26	158,09	124,31	94,96	76,52	63,55
1461	200	480,34	311,09	259,96	219,14	156,57	127,30	101,12	76,07	61,85
1480	200	397,10	305,90	257,06	221,17	157,32	123,70	96,86	74,14	62,93
1500	200	463,30	298,24	250,58	211,48	150,72	119,15	97,18	78,30	65,20
1520	200	465,02	304,16	244,62	204,49	148,95	120,41	90,03	71,86	62,11
1540	200	393,37	289,11	246,75	212,96	156,85	123,79	98,26	70,26	64,27
1560	200	426,65	287,73	244,82	215,59	154,57	119,58	89,74	70,70	55,88
1580	200	422,52	322,46	265,90	228,51	159,62	118,81	88,36	63,19	50,65
1600	200	365,55	258,03	210,07	176,40	123,99	94,68	68,68	55,00	43,61
1620	200	361,34	245,03	201,00	166,71	116,61	88,69	65,60	49,17	40,96
1640	200	526,37	330,39	258,25	210,19	131,90	92,40	65,19	49,88	38,89
1660	200	500,36	313,97	233,26	185,77	116,58	79,89	57,17	46,67	36,99
1680	200	465,58	294,69	217,37	177,88	120,92	89,25	68,69	53,36	41,33
1700	200	570,97	334,69	264,15	214,18	136,03	96,34	68,69	52,44	44,01
1720	200	576,98	344,70	278,47	230,73	153,03	114,18	85,55	63,03	50,53
1740	200	349,49	248,85	208,64	175,77	125,96	96,87	74,82	58,28	45,32
1760	200	522,58	354,50	287,24	238,32	160,15	116,69	84,35	61,59	49,44
1780	200	581,16	374,35	293,50	237,45	154,62	118,15	89,19	69,08	54,39
1800	200	497,05	359,92	300,02	248,73	166,68	124,31	91,39	70,05	52,21
1820	200	455,64	330,91	275,40	226,79	159,95	119,37	90,22	65,09	54,79
1841	200	441,43	303,99	261,41	221,65	152,05	116,04	87,97	66,37	52,91
1860	200	549,76	387,73	304,48	247,56	163,90	119,95	88,22	68,21	53,18
1880	200	362,07	290,48	255,30	221,86	162,78	128,01	96,42	75,59	57,03
1900	200	312,29	245,20	218,05	190,51	143,13	114,57	89,46	70,65	56,72
1920	200	322,36	242,72	214,80	184,75	136,80	107,66	82,40	67,17	52,24
1942	200	426,69	330,79	278,07	229,86	159,80	122,78	92,00	72,11	57,34
1961	200	365,71	277,89	239,14	207,44	152,34	119,52	91,40	70,95	56,44

1981	200	298,84	242,51	212,45	183,42	137,72	111,13	84,96	69,93	55,00
2000	200	325,76	238,01	210,31	183,53	139,97	113,50	90,12	71,89	58,09
2020	200	278,58	221,78	198,28	177,14	134,33	108,80	86,83	70,08	57,41
2040	200	294,77	224,89	197,87	172,47	131,13	107,06	83,60	68,77	55,66
2060	200	292,40	224,72	198,55	176,26	136,18	110,72	88,95	72,28	58,99
2080	200	400,19	228,06	178,36	159,06	124,30	106,04	86,01	73,56	58,83
2100	200	513,75	261,73	213,58	187,81	142,21	113,79	90,79	72,69	61,75
2120	200	544,72	265,78	206,32	171,85	125,85	102,50	83,12	66,09	57,73
2140	200	356,79	232,80	192,71	161,19	111,59	85,66	65,61	52,08	42,78
2160	200	544,06	280,35	214,75	180,47	123,08	93,62	71,75	58,00	48,45
2180	200	355,00	259,21	219,78	182,03	122,84	93,51	68,96	54,71	43,48
2201	200	349,76	260,22	207,53	166,38	106,33	79,15	59,31	47,76	42,09
2220	200	451,40	314,89	250,16	192,76	118,51	84,90	63,19	50,78	40,43
2241	200	369,21	286,68	239,75	194,09	125,86	91,01	66,96	52,23	43,54
2260	200	380,94	257,23	214,94	173,56	108,39	82,54	58,43	48,63	40,35
2280	200	370,51	273,00	222,01	174,56	113,40	83,18	65,94	52,13	42,06
2300	200	342,01	252,43	208,62	169,46	110,56	82,66	59,21	47,74	39,16
2321	200	330,40	263,01	217,19	172,40	104,71	71,84	51,01	38,46	32,55
2340	200	345,53	266,68	221,14	174,34	105,51	73,47	52,49	40,27	30,88
2361	200	338,56	253,92	209,14	167,92	112,64	86,42	61,04	55,06	41,43
2380	200	332,12	249,45	198,45	155,98	99,94	73,72	55,83	44,11	38,66
2400	200	288,37	230,86	190,70	156,63	104,28	76,30	57,20	44,91	36,65
2420	200	274,89	211,24	179,36	149,04	101,12	76,17	56,41	46,06	36,33
2440	200	222,61	164,72	138,98	119,04	88,31	72,24	60,33	50,56	42,32
2460	200	262,10	215,53	158,16	128,06	98,80	83,70	68,80	58,31	47,83
2480	200	159,16	142,46	133,12	123,37	103,03	88,30	74,50	63,91	52,81
2500	200	244,45	152,26	138,14	128,11	105,49	90,56	75,21	62,83	50,96
2520	200	360,37	148,93	136,42	125,34	96,88	81,73	65,67	54,79	45,85
2540	200	852,59	578,49	401,10	272,02	136,37	92,23	70,16	58,71	49,86
2560	200	1022,96	654,40	464,27	318,88	161,70	104,51	75,86	63,73	53,86
2581	200	938,83	666,25	503,00	362,37	186,09	113,56	76,88	62,10	53,63

**APÊNDICE H - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS
PELO HWD NO *OFFSET* -3 DA PPD B**

		Bacias deflectométricas (μm) obtidas na linha -3								
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
Comp. (m)	Carga (kN)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
6	200,00	399,92	284,66	266,03	243,76	196,48	167,44	136,25	113,49	90,74
25	200,00	284,60	229,02	216,66	203,52	172,47	150,77	126,92	106,00	87,31
45	200,00	326,01	228,06	216,90	203,81	174,07	154,88	132,15	113,68	96,93
65	200,00	317,56	263,59	240,04	211,88	161,90	135,38	107,63	88,27	73,22
85	200,00	387,38	319,03	291,42	256,77	206,62	170,84	134,85	104,65	86,25
105	200,00	540,40	414,95	359,71	311,29	230,14	182,85	140,73	113,26	90,96
127	200,00	416,34	333,09	306,38	276,03	212,22	173,35	141,86	114,74	94,37
145	200,00	382,81	290,80	252,59	229,17	179,15	149,57	120,99	100,24	80,69
165	200,00	402,11	300,91	274,39	243,22	189,97	156,62	120,88	94,99	77,79
185	200,00	422,71	311,12	277,74	235,28	176,79	142,59	111,90	90,72	74,19
205	200,00	382,11	314,54	285,14	249,55	184,76	149,48	117,30	92,33	75,62
225	200,00	446,29	314,89	279,24	246,06	187,39	149,69	117,94	94,01	76,44
245	200,00	412,27	300,38	269,12	235,67	178,89	146,49	115,02	91,58	75,22
265	200,00	402,10	264,43	235,64	212,51	162,32	136,36	106,16	87,98	74,34
285	200,00	364,89	276,15	244,10	217,66	168,91	139,71	112,85	90,32	73,93
306	200,00	385,46	278,24	239,96	212,63	163,52	134,26	107,83	86,97	72,09
325	200,00	407,70	297,99	256,10	226,79	171,21	141,59	109,71	102,87	68,55
345	200,00	389,51	261,65	231,72	202,99	154,98	126,66	99,64	83,47	66,99

365	200,00	406,51	279,86	245,79	214,13	161,12	130,36	102,61	81,36	66,13
385	200,00	284,16	225,76	202,67	180,18	141,32	116,70	94,31	78,24	64,60
405	200,00	379,29	251,50	215,94	190,16	144,50	118,21	93,35	75,31	62,26
425	200,00	249,00	200,46	179,00	162,56	128,06	108,30	86,74	72,00	59,57
446	200,00	323,35	225,42	199,63	173,55	135,64	113,52	89,47	72,15	61,45
465	200,00	259,21	213,39	194,89	169,93	130,27	109,31	90,41	71,09	60,10
485	200,00	285,86	214,50	190,88	170,53	131,89	110,72	89,87	73,10	61,04
505	200,00	321,66	231,50	192,83	173,55	134,37	113,44	86,88	79,08	61,75
525	200,00	250,42	194,35	178,46	158,33	125,85	105,91	88,15	71,17	64,06
545	200,00	303,26	220,60	195,13	171,87	134,11	113,67	93,33	76,52	66,85
565	200,00	300,44	232,20	207,09	187,89	145,94	123,19	99,46	81,83	67,36
585	200,00	444,49	317,45	255,56	215,32	158,97	129,02	104,00	84,53	72,27
605	200,00	272,66	226,75	205,60	183,32	145,87	124,83	102,34	86,66	75,00
625	200,00	532,31	320,63	262,98	227,14	166,21	132,00	104,15	85,71	74,04
645	200,00	290,55	214,90	191,32	168,03	130,06	107,94	87,10	74,77	64,30
666	200,00	313,29	228,49	205,57	183,35	143,29	119,68	91,67	78,52	67,36
685	200,00	260,22	205,00	181,28	159,50	119,78	97,68	79,85	63,94	53,91
705	200,00	408,89	222,64	189,42	167,01	119,30	94,71	74,97	60,99	50,38
726	200,00	296,09	200,20	176,84	156,12	114,37	91,92	76,59	62,27	44,49
745	200,00	293,11	200,99	169,12	151,11	116,75	94,39	76,80	62,82	53,51
766	200,00	297,69	215,29	188,23	162,88	120,42	96,78	77,06	60,66	51,51
785	200,00	299,65	249,07	217,05	189,48	140,39	110,59	86,74	73,59	56,94
805	200,00	429,73	274,49	241,51	207,80	153,38	118,64	93,39	76,90	57,83
825	200,00	466,59	295,70	253,48	221,52	153,14	125,86	92,65	73,87	64,43
845	200,00	464,16	278,93	226,87	188,23	135,16	104,73	82,10	66,78	54,87
865	200,00	427,34	279,62	241,62	207,58	147,82	115,24	90,57	72,35	56,21
885	200,00	462,90	302,34	257,02	223,23	156,37	120,34	94,01	71,55	63,08
905	200,00	455,93	282,45	245,05	213,59	160,45	128,26	102,10	81,06	64,60
925	200,00	458,12	287,17	243,94	214,08	151,36	112,27	90,30	71,32	57,64
945	200,00	433,06	275,63	232,37	205,16	151,47	119,80	93,75	82,27	64,95
965	200,00	427,22	253,12	213,51	183,54	136,82	109,60	87,46	71,20	60,03
985	200,00	374,48	228,83	194,06	166,98	123,19	102,06	79,59	66,77	55,08
1005	200,00	326,13	202,33	181,49	160,04	120,82	96,19	79,25	64,47	52,97
1026	200,00	351,28	237,75	200,89	172,36	128,93	106,04	85,51	72,99	58,10
1045	200,00	315,16	206,40	173,23	151,71	115,76	96,19	74,57	60,97	49,64
1065	200,00	363,90	248,55	218,36	192,66	145,03	118,61	92,30	71,80	59,77
1085	200,00	393,83	275,42	223,92	191,52	139,39	112,85	90,51	70,80	58,84
1105	200,00	368,70	228,28	199,16	175,62	129,58	106,76	86,83	73,00	62,05
1125	200,00	334,98	226,18	202,34	176,12	133,03	106,71	84,67	68,61	59,74
1145	200,00	394,69	241,17	207,73	180,47	128,59	101,84	79,85	61,71	55,02
1165	200,00	370,25	235,92	202,29	173,29	127,23	99,91	75,75	65,19	52,96
1185	200,00	329,12	235,56	192,30	164,56	122,54	95,74	77,00	62,10	49,68
1206	200,00	476,89	249,18	209,31	181,91	132,21	103,65	83,34	65,36	49,92
1225	200,00	379,32	260,78	224,73	194,24	136,88	109,58	84,25	66,22	56,54
1245	200,00	310,38	225,78	192,44	169,62	128,57	103,77	82,93	67,62	56,16
1265	200,00	391,03	270,91	234,32	205,97	151,39	121,43	95,90	76,50	61,02
1285	200,00	372,48	261,98	225,88	193,30	137,48	106,45	83,00	63,29	55,41
1305	200,00	416,89	280,20	239,83	205,13	144,57	110,08	84,32	64,24	53,62
1325	200,00	463,51	274,00	232,01	199,93	139,78	104,71	78,30	61,18	51,68
1345	200,00	469,61	335,06	276,01	231,61	155,07	114,55	85,23	66,49	53,19
1366	200,00	362,21	278,62	238,57	202,61	143,31	110,82	83,90	66,45	53,41
1385	200,00	712,21	301,60	254,17	213,52	146,79	109,94	81,10	63,44	51,33
1405	200,00	367,21	229,56	194,16	165,49	115,92	92,94	76,38	61,68	54,03
1425	200,00	428,62	280,34	231,43	196,27	135,43	107,41	80,30	61,04	54,62
1445	200,00	452,60	318,32	268,02	224,97	153,99	118,51	99,54	74,81	59,89
1465	200,00	501,14	342,01	291,59	249,02	167,39	125,54	94,96	73,47	60,76
1485	200,00	409,15	275,07	229,94	192,84	135,38	112,21	86,54	71,60	60,07
1505	200,00	390,35	270,22	240,16	208,87	154,28	121,66	92,73	79,13	67,58

1525	200,00	401,15	225,69	192,48	169,29	128,59	103,58	82,01	67,94	57,51
1545	200,00	342,53	228,11	200,33	175,09	132,39	107,16	84,58	71,51	55,06
1565	200,00	425,93	289,68	243,68	207,25	140,47	109,80	77,80	64,63	49,60
1585	200,00	295,17	179,41	152,53	136,36	106,91	85,38	68,49	54,89	45,63
1605	200,00	262,31	183,28	164,55	143,76	106,82	87,57	69,36	53,10	46,72
1625	200,00	371,91	250,06	214,56	183,17	127,40	100,44	75,53	58,97	44,25
1646	200,00	376,32	197,22	172,78	148,33	108,25	83,39	63,19	50,13	39,88
1665	200,00	342,73	211,26	181,53	155,07	112,47	85,30	66,20	50,98	40,04
1685	200,00	262,42	205,47	173,13	150,16	107,94	86,93	69,93	53,35	41,71
1705	200,00	380,47	235,51	205,57	175,52	127,51	100,98	74,75	56,68	46,36
1726	200,00	331,74	221,50	195,00	172,29	129,14	104,79	80,65	62,67	50,03
1746	200,00	329,45	227,60	197,26	172,94	126,58	98,00	75,97	58,30	49,16
1766	200,00	256,31	206,49	186,43	164,81	126,69	106,01	80,94	61,52	53,06
1785	200,00	375,08	241,14	205,06	181,32	130,62	102,74	80,03	61,68	50,80
1805	200,00	433,96	236,14	204,47	177,15	127,21	102,39	76,32	62,31	54,00
1825	200,00	260,55	202,87	179,07	154,13	115,26	92,08	70,78	55,50	45,73
1845	200,00	254,83	215,96	191,96	166,60	127,10	101,75	79,09	62,77	51,13
1866	200,00	273,20	210,07	187,24	163,80	123,90	99,33	79,58	67,45	51,31
1885	200,00	269,69	200,03	179,28	154,42	121,23	97,60	77,05	62,77	52,70
1906	200,00	301,80	235,77	201,82	174,60	126,79	100,08	76,38	60,34	49,58
1925	200,00	297,52	213,10	187,59	160,94	116,07	92,75	71,41	56,53	47,99
1945	200,00	297,73	230,21	205,37	174,28	123,77	101,02	79,62	58,23	46,44
1965	200,00	277,87	229,21	204,73	175,24	131,59	103,35	78,77	63,03	50,53
1985	200,00	280,81	229,12	202,40	176,41	132,05	103,88	81,81	62,00	53,03
2005	200,00	337,50	233,59	201,57	176,33	129,78	104,97	81,12	64,26	51,00
2025	200,00	259,05	201,02	180,42	157,67	123,20	98,83	77,31	63,64	51,50
2045	200,00	364,98	221,71	191,50	174,19	139,58	110,91	86,53	70,25	57,55
2066	200,00	276,12	210,47	185,65	165,65	127,70	105,34	84,00	67,90	57,23
2085	200,00	262,65	199,26	175,44	156,02	120,23	100,30	80,05	64,00	53,16
2105	200,00	255,50	195,99	179,43	160,11	127,70	107,76	89,97	73,41	62,37
2125	200,00	328,96	249,53	224,23	198,73	150,11	119,93	95,67	77,24	64,02
2146	200,00	281,72	224,18	196,54	168,29	122,13	95,43	74,42	58,48	48,02
2165	200,00	275,44	211,59	181,15	153,30	106,98	83,77	63,34	48,49	43,12
2185	200,00	308,15	238,83	207,34	176,77	125,04	94,06	70,24	54,60	43,55
2205	200,00	304,93	227,26	191,05	162,27	114,29	86,82	66,90	51,11	43,06
2225	200,00	302,75	235,89	203,74	174,03	122,18	92,68	69,51	53,28	45,63
2246	200,00	435,64	273,76	228,95	188,94	127,79	93,80	68,69	49,61	43,28
2265	200,00	458,61	261,38	223,50	175,64	113,74	83,39	59,16	44,39	36,35
2285	200,00	323,53	234,45	199,10	168,15	114,92	90,31	65,69	56,29	43,52
2305	200,00	311,63	228,57	196,68	162,23	111,69	84,28	63,69	48,41	38,11
2326	200,00	355,00	249,60	208,25	177,71	117,48	90,13	64,57	48,56	41,67
2346	200,00	358,83	239,84	203,07	168,25	111,32	81,52	58,99	45,88	36,46
2365	200,00	335,30	242,92	200,66	166,05	111,28	85,76	64,17	48,87	42,16
2385	200,00	261,65	202,68	175,50	145,85	100,31	74,16	54,57	46,77	37,85
2405	200,00	289,25	209,82	179,14	149,87	99,91	78,62	54,09	42,69	32,70
2425	200,00	287,04	215,15	184,71	155,58	108,54	82,17	63,54	48,47	39,81
2445	200,00	233,00	164,97	150,52	136,67	111,80	95,83	79,45	66,52	57,01
2465	200,00	276,75	201,82	179,13	163,73	135,61	116,92	101,94	73,40	55,23
2486	200,00	208,92	133,39	119,12	109,08	91,10	78,65	66,99	56,85	49,72
2505	200,00	189,79	148,27	134,30	122,03	99,82	86,75	73,28	62,42	53,28
2525	200,00	206,84	154,46	142,41	132,18	108,69	94,54	78,98	67,24	55,70
2545	200,00	666,84	455,25	347,55	251,61	138,44	93,98	78,71	61,07	53,95

**APÊNDICE I - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS NORMALIZADAS MEDIDAS
PELO HWD NO *OFFSET*-6 DA PPD B**

Bacias deflectométricas (μm) obtidas na linha +6										
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Comp. (m)	Carga (kN)									
0	200,00	310,04	257,64	240,58	221,58	177,34	148,23	124,02	100,52	82,24
20	200,00	602,16	324,55	270,18	246,66	197,66	167,12	136,38	113,58	95,01
40	200,00	474,59	245,64	223,80	209,69	178,18	158,40	132,34	112,47	94,44
60	200,00	344,64	280,56	244,90	212,07	159,32	129,63	105,62	85,90	66,50
80	200,00	401,73	344,99	310,74	269,62	210,18	173,02	138,35	112,12	88,17
100	200,00	501,96	413,57	367,96	321,94	239,50	192,64	145,37	113,64	91,52
120	200,00	585,43	448,09	374,09	328,87	243,60	195,74	151,05	120,59	97,29
140	200,00	566,06	358,37	309,17	274,68	212,52	173,20	140,36	114,77	94,12
160	200,00	544,75	334,25	277,82	250,55	199,62	164,32	129,45	108,74	89,51
180	200,00	457,22	326,36	274,61	247,03	189,21	154,93	124,26	99,03	82,10
201	200,00	453,64	339,29	293,35	259,14	193,85	152,32	118,87	99,72	78,31
221	200,00	617,09	443,17	342,70	296,50	211,72	162,14	126,29	98,18	80,31
240	200,00	559,62	342,84	305,61	265,26	200,62	163,81	126,58	100,83	78,72
262	200,00	497,63	317,49	271,32	239,49	178,14	146,73	117,00	94,13	76,53
280	200,00	443,32	315,48	267,39	239,38	182,41	146,45	115,51	91,88	75,47
301	200,00	449,41	317,41	2783,74	246,42	187,41	152,56	120,25	96,41	79,46
321	200,00	447,88	320,95	282,11	244,65	182,79	147,58	114,73	92,57	73,63
340	200,00	405,79	283,05	245,28	214,77	161,76	131,67	104,59	82,59	68,06
361	200,00	478,76	346,68	285,65	243,49	178,03	141,67	110,36	86,75	72,41
380	200,00	387,48	259,54	217,38	193,58	150,90	124,08	100,39	83,17	67,83
400	200,00	551,71	366,46	301,56	255,56	185,25	146,21	111,53	86,71	70,40
420	200,00	283,64	229,88	210,52	188,68	146,15	118,96	96,50	80,54	65,91
442	200,00	500,29	280,09	239,53	214,42	161,79	130,06	105,37	81,21	66,40
461	200,00	346,95	263,52	229,31	201,67	151,85	123,39	97,70	78,39	65,34
482	200,00	498,01	333,71	261,80	227,39	164,94	129,79	99,84	80,29	67,97
500	200,00	281,23	218,92	195,63	174,18	135,25	115,23	91,53	76,62	62,21
521	200,00	430,18	273,88	232,13	204,47	153,72	125,96	99,65	80,59	68,05
540	200,00	412,72	329,44	281,01	236,23	169,80	131,92	102,00	82,54	66,85
560	200,00	477,80	324,96	272,67	231,58	170,99	138,62	109,36	87,88	72,73
580	200,00	403,71	290,83	256,90	224,53	168,71	138,72	111,23	92,34	75,12
600	200,00	398,10	294,67	255,36	220,84	166,52	135,03	108,86	89,36	73,93
621	200,00	514,14	329,81	265,19	230,91	168,83	138,59	108,13	99,11	78,21
640	200,00	325,32	250,46	217,58	187,53	139,89	112,77	94,65	79,89	66,49
660	200,00	402,68	288,75	232,36	194,17	143,64	114,24	93,53	77,84	65,49
681	200,00	398,02	252,65	211,43	179,60	132,32	106,03	84,63	66,27	56,87
700	200,00	316,54	252,37	208,97	180,40	132,89	107,14	83,55	65,15	53,03
720	200,00	339,88	228,28	188,36	161,65	117,73	90,59	72,22	59,66	50,15
740	200,00	276,37	200,58	169,92	146,87	112,99	91,66	75,47	60,25	53,71
761	200,00	343,75	248,99	209,52	178,63	129,94	102,19	81,46	64,39	53,40
781	200,00	477,56	295,71	242,32	207,81	147,96	117,10	89,98	71,74	57,24
800	200,00	450,07	321,41	263,47	220,41	155,29	118,16	90,70	72,60	58,77
820	200,00	538,12	345,72	278,54	237,36	168,19	130,78	99,76	77,65	65,92
840	200,00	422,69	271,44	225,08	188,63	134,12	103,45	78,16	61,95	49,46
861	200,00	501,75	342,86	282,95	236,27	162,91	122,90	96,12	74,94	60,23
880	200,00	513,11	322,86	272,94	235,07	169,44	131,47	98,61	75,20	64,18
900	200,00	607,83	341,22	274,33	238,38	173,79	132,11	102,31	79,50	67,31
920	200,00	458,35	269,46	231,19	199,62	147,73	118,43	88,51	74,07	57,25
941	200,00	434,65	285,20	246,94	213,36	163,25	133,91	109,12	86,08	70,32
963	200,00	422,01	276,32	221,60	189,20	139,46	112,77	88,99	73,52	59,61
980	200,00	311,38	215,31	180,87	155,95	116,96	95,35	79,21	63,91	53,77
1002	200,00	323,65	239,33	201,02	176,14	132,42	107,43	85,88	71,10	60,27
1020	200,00	388,91	296,34	258,03	217,57	159,03	125,00	98,78	84,97	70,53
1040	200,00	301,97	227,20	196,20	168,08	123,38	99,59	80,95	64,88	55,92

1060	200,00	353,74	252,23	212,35	182,62	135,38	111,97	96,44	75,82	60,49
1081	200,00	334,77	248,53	208,06	178,22	133,50	109,61	88,47	73,92	60,54
1100	200,00	307,99	214,55	181,41	156,94	119,87	104,49	82,08	65,77	62,77
1120	200,00	317,16	207,36	174,94	153,33	118,86	99,20	86,34	72,03	61,85
1142	200,00	252,78	201,33	171,69	149,57	113,58	95,06	78,54	66,16	58,11
1160	200,00	347,64	260,05	216,46	182,37	132,01	105,10	82,58	66,84	56,93
1182	200,00	336,02	242,76	203,79	172,95	125,24	100,25	77,73	63,65	50,28
1201	200,00	367,61	250,05	217,89	188,21	140,59	111,43	87,88	69,52	48,77
1220	200,00	347,31	230,41	192,23	165,68	122,87	100,33	80,37	66,27	53,20
1182	200,00	351,57	244,64	205,33	179,63	129,39	105,58	80,40	62,72	52,42
1200	200,00	383,92	261,12	221,71	191,69	140,23	112,23	91,30	73,23	58,02
1221	200,00	368,60	240,99	198,59	167,02	124,21	96,25	77,17	63,44	55,91
1241	200,00	390,67	272,52	232,39	199,77	147,50	115,30	89,64	72,11	60,50
1260	200,00	440,02	304,68	254,52	212,71	148,17	115,95	90,09	71,01	58,91
1282	200,00	517,11	326,62	268,46	222,59	155,74	117,70	87,40	68,23	55,30
1301	200,00	456,80	328,49	269,39	228,61	160,78	123,30	95,51	75,39	55,69
1320	200,00	451,87	325,80	268,82	221,24	155,60	120,32	95,80	71,17	57,50
1341	200,00	518,45	373,32	306,02	249,05	168,24	123,09	89,12	70,49	53,98
1360	200,00	513,30	368,41	299,97	241,11	157,24	115,77	82,33	66,07	49,81
1380	200,00	511,57	350,72	280,12	229,67	154,58	115,72	87,63	68,10	53,89
1400	200,00	457,46	301,00	240,82	201,91	142,15	111,23	86,32	70,14	57,07
1420	200,00	457,50	267,20	217,92	184,02	130,25	101,27	81,39	66,64	56,08
1440	200,00	307,63	238,72	212,41	181,05	133,80	105,95	80,57	67,47	56,22
1460	200,00	349,93	274,89	239,60	203,17	147,28	117,06	92,11	75,76	62,20
1481	200,00	351,20	277,89	241,87	208,92	152,56	121,73	93,97	78,50	61,87
1501	200,00	368,90	254,17	209,76	179,47	131,21	99,64	79,30	65,18	56,08
1520	200,00	487,87	336,66	280,30	237,62	170,31	134,41	102,79	83,28	65,74
1541	200,00	480,66	349,11	288,08	237,90	163,59	127,33	93,50	76,74	57,45
1560	200,00	577,59	360,17	278,04	226,97	151,03	109,18	80,13	62,09	48,56
1580	200,00	465,91	273,64	221,99	194,45	139,47	105,80	79,30	62,25	49,05
1600	200,00	401,63	242,72	198,88	169,59	122,93	94,16	68,84	54,19	43,42
1620	200,00	598,35	346,53	279,80	228,80	148,66	110,76	78,34	63,14	48,15
1642	200,00	435,54	247,07	200,11	165,73	115,39	83,13	61,98	45,48	38,82
1662	200,00	464,38	273,18	214,14	173,52	120,07	90,29	66,93	52,09	41,25
1680	200,00	267,79	189,04	158,63	134,87	94,93	70,76	56,94	45,88	38,91
1701	200,00	403,40	270,18	217,26	186,45	133,12	98,05	73,25	56,24	46,48
1720	200,00	430,59	243,01	211,31	179,92	129,22	99,51	76,00	60,67	47,87
1741	200,00	319,94	232,82	197,70	170,00	119,91	95,61	75,66	59,11	44,36
1760	200,00	322,81	261,57	230,00	199,49	147,47	116,96	88,46	73,74	53,82
1781	200,00	257,80	218,02	190,07	167,03	125,86	101,43	78,61	63,46	52,05
1801	200,00	371,57	262,75	222,79	191,09	136,57	106,58	81,19	65,34	52,38
1820	200,00	366,96	250,16	214,06	182,13	130,95	101,62	75,31	59,29	46,91
1840	200,00	330,94	247,73	219,75	193,56	146,82	116,74	91,90	71,16	55,54
1860	200,00	325,18	268,17	227,19	202,57	150,69	118,73	94,21	67,49	57,43
1880	200,00	455,53	294,76	246,44	210,57	153,08	117,52	83,66	66,88	48,63
1902	200,00	375,88	283,15	241,30	203,24	137,52	103,04	76,02	58,67	45,32
1921	200,00	433,58	294,71	249,57	208,30	142,73	107,80	78,89	60,83	51,81
1942	200,00	374,57	280,95	239,57	202,60	141,01	106,94	94,15	61,05	49,23
1960	200,00	501,33	315,78	266,74	220,82	152,67	114,06	82,76	64,39	51,24
1980	200,00	433,79	400,86	282,87	235,57	158,37	119,67	88,63	66,29	53,49
2000	200,00	383,25	252,56	218,21	186,90	129,54	105,06	80,47	61,98	52,53
2020	200,00	323,39	250,16	215,97	184,38	132,79	106,07	77,79	62,25	48,68
2040	200,00	303,94	234,20	204,03	178,39	133,03	109,61	87,35	66,78	58,02
2042	200,00	342,30	255,77	213,46	187,03	140,67	113,82	90,48	73,85	57,01
2060	200,00	369,41	268,56	232,46	201,91	150,44	123,97	95,52	77,84	60,05
2080	200,00	377,16	256,03	223,88	194,36	148,55	117,35	96,02	73,33	54,00
2101	200,00	310,70	241,74	214,43	192,21	148,91	119,63	99,27	76,43	67,39
2120	200,00	426,17	288,58	251,82	217,24	162,62	127,83	99,38	79,65	62,72

2140	200,00	316,40	253,06	219,53	182,29	128,02	97,28	73,24	56,74	45,39
2160	200,00	473,25	316,40	240,62	193,45	125,86	92,47	62,51	55,88	43,13
2180	200,00	571,80	314,22	252,13	204,39	130,99	93,08	68,37	48,79	43,35
2200	200,00	349,64	261,94	222,03	184,49	123,68	92,24	66,39	51,40	40,95
2220	200,00	450,28	323,17	261,29	207,72	130,12	96,21	68,96	53,26	41,81
2240	200,00	412,28	303,26	247,45	200,79	130,01	92,08	67,45	49,68	41,16
2261	200,00	360,87	276,44	230,42	185,55	118,34	85,16	62,72	48,63	38,09
2280	200,00	467,61	291,31	235,18	185,15	117,32	83,10	62,66	48,34	40,65
2301	200,00	362,23	274,70	228,92	184,07	120,99	87,53	64,22	50,96	41,33
2320	200,00	366,44	271,50	223,37	182,96	119,05	86,28	63,60	48,24	40,10
2340	200,00	373,32	270,23	223,35	179,88	119,44	86,21	63,34	48,75	41,71
2361	200,00	385,40	269,28	222,85	182,55	112,11	85,77	62,61	47,17	39,56
2380	200,00	361,97	265,35	217,55	175,70	113,95	81,44	59,18	46,46	39,08
2400	200,00	285,58	230,86	194,83	160,14	106,45	74,96	54,00	41,20	32,11
2420	200,00	401,57	283,48	225,42	176,77	116,64	82,49	56,41	47,09	49,89
2440	200,00	231,04	166,47	142,72	122,15	88,43	73,42	62,41	53,98	45,86
2461	200,00	275,67	196,29	171,51	153,51	122,26	103,54	82,36	67,25	54,70
2481	200,00	212,75	145,34	129,51	118,25	97,31	83,77	67,72	55,95	47,20
2500	200,00	276,94	164,32	133,20	115,10	95,97	79,42	63,91	52,84	46,12
2520	200,00	222,15	144,45	128,44	117,48	95,37	81,42	66,96	56,31	47,63
2540	200,00	952,55	611,37	430,64	288,87	142,09	91,17	69,28	58,18	49,00
2560	200,00	836,28	526,39	372,92	258,28	136,65	96,25	74,14	58,28	53,83
2580	200,00	1115,12	733,03	545,00	377,36	185,14	119,20	85,37	67,33	57,35

**APÊNDICE J – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKCAP PARA O OFFSET +3 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	3132	2414	439	301	2,10
25	1158	2327	447	304	5,80
50	3132	2414	439	301	4,30
75	1816	2608	444	310	15,50
100	1816	2608	444	310	4,00
125	3025	1554	399	315	5,50
151	2636	806	447	275	4,90
175	882	4820	441	315	3,10
200	1476	1710	429	252	4,60
225	2172	1105	385	226	2,40
250	988	2789	440	247	7,20
275	1476	1710	429	252	4,50
300	3504	1719	447	325	4,70
325	1758	1614	440	278	4,20
350	2895	4959	320	278	15,60
375	2046	1242	446	221	10,60
400	1198	2357	327	202	4,80
425	1198	2357	327	202	4,60
450	1198	2357	327	202	3,70
475	1198	2357	327	202	3,40
500	1139	1406	350	185	3,20
525	1139	1406	350	185	3,30
550	899	2409	249	240	2,60
575	1438	1639	328	267	4,50
600	2476	2054	339	282	3,30
625	1320	4980	448	272	4,30
650	1320	4980	448	272	4,70
676	1260	4995	450	260	1,30

700	822	4999	450	261	4,70
725	790	4921	444	269	4,80
750	861	4980	448	274	4,60
775	1501	4990	449	269	2,90
800	1975	2453	417	303	2,40
825	1353	4232	448	264	13,40
850	607	4904	450	265	12,10
875	2250	3840	440	247	4,80
900	2250	3840	440	247	4,30
925	1195	4836	446	233	4,20
950	1375	4420	445	231	3,60
975	3290	3580	449	243	1,90
1000	1895	4290	450	237	4,50
1025	4266	2595	450	246	10,40
1050	4266	2595	450	246	14,10
1076	1658	2395	450	199	5,10
1100	1172	2607	354	190	4,90
1125	1172	2607	354	190	3,80
1150	1833	1522	289	230	3,90
1175	1833	1522	289	230	0,90
1200	1922	1633	387	259	4,30
1225	1166	3589	296	243	4,00
1250	1166	3589	296	243	5,00
1275	1166	3589	296	243	3,90
1300	1930	2044	406	250	4,40
1325	3310	1272	428	265	13,00
1350	2353	2159	402	256	3,50
1375	2189	769	426	266	3,60
1400	1842	4977	447	269	17,70
1425	2919	4997	450	260	4,50
1451	1495	4997	450	266	7,30
1475	1894	5000	450	233	4,60
1500	1610	5000	450	219	4,50
1525	3011	4280	387	245	17,80
1551	4079	4122	420	193	4,30
1575	3760	4630	331	234	25,80
1600	612	4973	216	178	4,70
1626	520	4987	449	206	11,40
1650	556	1640	183	248	7,30
1676	528	1070	178	215	1,00
1700	510	948	154	235	3,30
1725	1018	785	155	210	2,10
1750	1018	785	155	210	5,00
1775	1018	785	155	210	3,80
1800	1018	785	155	210	4,10
1825	610	928	178	217	1,20
1850	1329	642	158	191	1,70
1875	2245	571	233	151	5,80
1901	2382	571	216	155	3,30
1925	2518	509	242	164	5,30
1950	2518	509	242	164	1,20
1975	2518	509	242	164	3,30
2000	3420	763	300	172	3,90
2025	3420	763	300	172	5,00
2050	4767	1466	168	172	1,30

2060	4884	1722	191	179	2,10
2100	2284	988	184	161	1,20
2126	4036	225	265	142	4,70
2175	3084	450	258	155	8,80
2200	3829	450	329	182	17,50
2225	2164	450	240	214	19,90
2250	4414	450	240	162	13,20
2275	1793	188	330	174	7,10
2300	1902	169	250	176	2,00
2326	4927	188	339	144	2,40
2350	675	415	162	169	5,60
2375	3016	337	197	132	4,40
2400	3105	408	245	141	4,40
2426	3105	408	245	141	2,90
2450	3105	408	245	141	2,50
2476	3105	408	245	141	2,20
2500	2825	158	347	155	9,70
2510	3105	408	245	141	3,40
2525	1914	362	248	152	3,00
2550	2375	316	162	142	2,30
2575	2375	316	162	142	3,40
2600	1577	272	325	172	9,30
2625	3951	227	222	125	3,10
2650	3458	320	225	132	0,70
2675	3458	320	225	132	3,80
2700	1625	442	152	165	4,60
2753	3179	385	188	152	4,10
2775	3179	385	188	152	1,50
2800	2644	394	168	134	1,90
2825	1625	442	152	165	4,20
2850	2564	296	244	161	2,80
2875	2564	296	244	161	1,80
2900	3159	223	297	136	3,10
2925	691	152	348	141	9,20
2950	835	150	350	158	5,70

**APÊNDICE K – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKCAP PARA O *OFFSET* +6 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
13	1790	1108	488	295	6,30
38	3136	1521	480	250	3,65
63	3280	1626	490	271	4,80
88	3280	1626	490	271	2,40
113	1775	1201	302	270	2,30
138	3053	1147	282	283	1,85
163	3591	1116	301	249	1,15
188	4648	1029	490	189	3,50
213	2824	1014	303	201	1,25
239	2172	1004	349	215	1,15
263	1214	1002	415	233	2,20
288	1693	1001	426	265	2,95
314	2168	1000	445	283	3,40
338	1214	1002	415	233	4,25
363	2161	1009	464	223	4,30
388	2161	1009	464	223	2,20

413	2917	1000	283	190	1,25
438	1452	1000	366	173	1,30
464	2514	1000	239	172	0,95
488	2181	1000	220	176	2,40
513	2181	1000	220	176	2,10
538	2567	1000	225	198	1,75
563	2980	1000	340	175	1,55
588	2410	1000	276	212	1,20
613	2184	2301	291	230	2,35
638	2782	1992	406	232	4,00
663	1576	1988	497	233	7,15
688	2782	1992	406	232	7,55
713	1990	2313	498	212	7,40
739	1603	1968	499	234	9,75
763	1622	2066	498	232	8,50
788	1990	2313	498	212	6,00
813	1990	2313	498	212	5,45
839	1990	2313	498	212	4,10
863	1990	2313	498	212	2,85
888	1836	1656	499	194	1,50
914	1836	1656	499	194	2,00
938	1990	2313	498	212	4,55
963	1836	1656	499	194	3,80
988	1990	2313	498	212	7,85
1013	1990	2313	498	212	4,10
1038	1582	1064	426	222	2,95
1064	2024	1032	393	202	1,70
1088	2689	1016	314	188	1,20
1113	1716	1008	293	175	1,05
1138	1522	1004	232	182	0,95
1163	1956	1002	271	191	0,90
1188	3321	1008	259	206	0,80
1213	1713	1002	269	199	1,20
1238	1713	1002	269	199	1,85
1263	1609	1000	344	200	1,50
1289	2268	1000	323	229	0,75
1313	2403	1000	459	261	4,45
1338	2403	1000	459	261	6,75
1364	1606	1105	336	227	1,35
1388	1075	1000	343	264	1,55
1413	3399	4088	490	267	6,30
1438	2251	4943	499	269	11,20
1463	2184	3591	499	233	17,85
1488	2704	2821	396	327	13,35
1513	2251	4943	499	269	12,85
1538	3607	2605	416	281	14,50
1563	3134	2441	466	287	10,00
1588	1592	4296	500	202	12,35
1613	2662	2764	432	236	12,10
1638	1782	1110	298	236	1,05
1663	1092	1028	339	249	1,75
1688	1321	1055	170	197	1,05
1713	1693	1028	141	209	1,65
1738	2099	1028	152	223	1,50
1763	2099	1028	152	223	1,05
1788	2099	1028	152	223	1,30
1813	2134	1002	196	214	4,60
1839	2099	1028	152	223	1,70

1863	4103	1001	260	167	1,05
1889	4587	1132	219	160	1,90
1913	4948	1016	386	156	1,75
1939	4960	1052	332	164	2,10
1963	4980	1026	264	177	0,90
1988	4990	1013	295	165	1,05
2013	4877	1013	358	178	2,20
2038	4980	1026	264	177	1,95
2063	4980	1026	264	177	1,45
2100	4980	1026	264	177	0,75
2113	2750	300	250	200	7,40
2138	4989	449	349	177	15,85
2163	4764	442	319	191	20,45
2189	4989	449	349	177	16,05
2213	4831	395	271	196	17,35
2238	3543	211	292	194	8,30
2263	4530	180	321	179	6,00
2288	2037	165	336	169	5,75
2313	4417	162	245	166	2,25
2338	4338	178	322	142	1,75
2363	4338	178	322	142	1,10
2388	4477	392	236	152	0,85
2413	4477	392	236	152	7,85
2438	4477	392	236	152	1,05
2463	2988	181	322	162	2,40
2488	4477	392	236	152	3,90
2513	4444	158	343	173	1,65
2538	4738	271	184	150	1,55
2563	2619	219	310	139	2,45
2588	2743	167	340	171	1,30
2613	3643	187	345	178	8,65
2639	4664	194	349	182	0,80
2663	4664	194	349	182	1,60
2688	4664	194	349	182	1,95
2713	4832	175	350	202	3,60
2759	2305	414	195	164	4,35
2763	2305	414	195	164	3,35
2788	4411	273	246	158	1,35
2813	4411	273	246	158	1,00
2838	4822	170	340	128	2,45
2863	2632	194	307	186	4,50
2888	3471	194	331	169	4,10
2913	4236	223	286	147	2,55
2938	2279	176	315	177	10,30
2963	765	158	248	157	11,10

**APÊNDICE L – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKCAP PARA O OFFSET -3 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
13	1210	3463	448	281	16,10
38	1210	3463	448	281	6,80
64	1868	1982	449	307	10,00
88	1625	2523	450	311	12,50
113	1625	2523	450	311	12,90
138	1210	3463	448	281	3,30
163	3065	870	450	259	17,20
189	3568	870	450	261	6,60

213	1576	677	450	207	5,60
239	2164	714	413	228	4,60
263	792	511	447	239	3,20
288	2164	714	413	228	4,60
313	886	1002	409	254	4,80
338	3247	1168	441	271	8,10
363	2323	803	448	236	8,90
388	2323	803	448	236	4,30
413	574	1275	331	202	3,90
438	1412	1440	446	194	6,70
463	1412	1440	446	194	3,00
488	1039	2775	364	184	3,80
513	1039	2775	364	184	3,40
538	2146	2023	294	222	3,20
563	916	1818	411	226	6,60
589	4970	1597	419	267	8,90
614	2735	4875	434	296	14,20
639	2870	4984	448	270	21,80
663	2059	4031	319	296	14,00
688	2392	4649	448	228	24,80
713	1384	4978	450	260	21,50
738	2883	3936	398	292	19,60
763	1893	4994	450	280	24,60
789	2883	4245	450	217	25,80
813	2115	4696	415	226	18,00
838	2196	3107	448	250	16,90
864	1411	3852	450	243	14,80
888	1411	3852	450	243	4,20
913	2268	2567	450	259	13,30
938	1987	4482	450	228	19,00
963	1410	4560	450	252	20,90
988	1143	4890	450	246	18,30
1013	1824	4009	450	232	13,80
1038	1398	2640	450	232	19,70
1063	1903	939	450	215	10,50
1088	2349	1223	395	191	4,50
1113	2349	1223	395	191	2,30
1138	4240	564	255	186	2,80
1163	1903	939	450	215	3,90
1188	1564	901	450	273	8,50
1213	1462	1255	420	238	4,40
1238	2693	918	442	238	9,70
1263	2628	709	446	233	7,80
1288	2302	1369	310	232	2,90
1288	2302	1369	310	232	2,90
1313	1562	2491	441	262	10,00
1338	2290	1209	449	219	20,80
1363	2243	1496	446	244	2,80
1388	1372	2099	448	248	16,40
1413	1940	4870	450	266	32,00
1438	1299	2755	450	248	29,70
1463	3172	3278	382	236	35,70
1488	1842	4528	401	281	25,90
1513	3626	2572	398	296	28,20
1538	1741	2947	447	233	23,90
1563	1613	3292	416	285	12,50
1563	3671	2906	394	236	13,70
1589	2742	2907	370	235	23,90

1613	1060	4477	413	281	7,70
1638	1213	624	294	246	3,70
1663	1213	624	294	246	3,90
1688	1356	531	178	204	4,20
1713	1356	531	178	204	2,90
1738	1356	531	178	204	2,90
1763	1947	516	213	200	2,10
1788	1947	516	213	200	4,30
1813	1356	531	178	204	3,70
1839	1947	516	213	200	1,10
1863	2181	516	239	161	4,90
1888	2181	516	239	161	2,40
1913	2181	516	239	161	6,20
1938	3589	508	247	169	2,70
1963	3589	508	247	169	2,50
1988	3589	508	247	169	0,70
2014	3413	749	222	182	3,20
2038	3672	1258	241	177	4,70
2063	4553	693	293	143	3,60
2097	4776	596	401	144	5,90
2113	2750	300	250	200	4,10
2138	4989	449	349	177	31,90
2163	4405	434	313	191	25,80
2189	4989	449	349	177	3,30
2213	4418	438	261	198	22,10
2238	3603	222	304	193	3,40
2263	4716	168	338	178	4,90
2288	1818	155	344	169	2,70
2313	4394	163	237	166	1,50
2339	4335	179	318	142	2,20
2363	4335	179	318	142	3,30
2388	4467	394	234	152	2,90
2414	4467	394	234	152	3,80
2438	4467	394	234	152	4,20
2463	3081	188	336	163	3,10
2488	4467	394	234	152	8,10
2513	4137	169	343	173	5,20
2538	4734	272	183	150	2,70
2563	2317	150	348	144	4,90
2589	2782	172	339	172	2,90
2613	3667	189	344	178	4,20
2638	4664	195	348	182	4,30
2664	4664	195	348	182	2,30
2689	4664	195	348	182	1,80
2713	4832	174	349	202	1,50
2758	1907	418	180	165	3,70
2763	3166	375	195	159	2,30
2788	4083	262	278	155	3,90
2813	3166	375	195	159	4,90
2839	3166	375	195	159	5,10
2863	1942	182	278	202	17,10
2888	4083	262	278	155	8,00
2913	4083	262	278	155	3,10
2938	2283	178	332	143	7,10
2963	802	152	278	156	7,00

APÊNDICE M – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS

SOFTWARE BACKCAP PARA O OFFSET -6 DA PPD A

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	13	1210	3463	448	3,00
25	38	1210	3463	448	3,50
50	64	1868	1982	449	4,00
75	88	1625	2523	450	9,30
100	113	1625	2523	450	9,30
125	138	1210	3463	448	7,90
150	163	3065	870	450	22,40
175	189	3568	870	450	4,70
200	213	1576	677	450	7,40
225	239	2164	714	413	4,90
250	263	792	511	447	5,70
275	288	2164	714	413	6,70
301	313	886	1002	409	8,10
325	338	3247	1168	441	3,40
351	363	2323	803	448	3,60
375	388	2323	803	448	3,10
400	413	574	1275	331	4,40
425	438	1412	1440	446	4,40
450	463	1412	1440	446	1,90
475	488	1039	2775	364	4,00
500	513	1039	2775	364	3,40
525	538	2146	2023	294	2,40
551	563	916	1818	411	3,10
575	589	4970	1597	419	4,50
600	614	2735	4875	434	2,70
625	639	2870	4984	448	6,80
650	663	2059	4031	319	6,50
675	688	2392	4649	448	14,00
700	713	1384	4978	450	19,60
726	738	2883	3936	398	14,40
750	763	1893	4994	450	22,00
775	789	2883	4245	450	22,00
800	813	2115	4696	415	24,00
826	838	2196	3107	448	9,60
850	864	1411	3852	450	4,30
875	888	1411	3852	450	4,60
900	913	2268	2567	450	5,80
925	938	1987	4482	450	10,00
950	963	1410	4560	450	3,40
976	988	1143	4890	450	12,90
1000	1013	1824	4009	450	13,20
1025	1038	1398	2640	450	4,60
1050	1063	1903	939	450	7,10
1076	1088	2349	1223	395	4,30
1100	1113	2349	1223	395	3,30
1125	1138	4240	564	255	2,00
1150	1163	1903	939	450	1,10
1176	1188	1564	901	450	2,30
1200	1213	1462	1255	420	3,70
1225	1238	2693	918	442	10,00
1250	1263	2628	709	446	10,30
1275	1288	2302	1369	310	4,40
1300	1288	2302	1369	310	5,00
1326	1313	1562	2491	441	4,20
1350	1338	2290	1209	449	4,50

1375	1363	2243	1496	446	8,00
1400	1388	1372	2099	448	23,90
1425	1413	1940	4870	450	21,20
1451	1438	1299	2755	450	29,60
1476	1463	3172	3278	382	35,00
1500	1488	1842	4528	401	28,40
1525	1513	3626	2572	398	27,80
1550	1538	1741	2947	447	31,20
1575	1563	1613	3292	416	27,10
1601	1563	3671	2906	394	21,70
1625	1589	2742	2907	370	16,20
1650	1613	1060	4477	413	4,00
1675	1638	1213	624	294	6,00
1701	1663	1213	624	294	3,90
1725	1688	1356	531	178	4,00
1750	1713	1356	531	178	2,40
1775	1738	1356	531	178	2,20
1800	1763	1947	516	213	5,50
1825	1788	1947	516	213	1,30
1850	1813	1356	531	178	1,80
1875	1839	1947	516	213	4,70
1900	1863	2181	516	239	6,40
1925	1888	2181	516	239	5,50
1951	1913	2181	516	239	2,50
1975	1938	3589	508	247	3,10
2000	1963	3589	508	247	1,90
2025	1988	3589	508	247	4,60
2050	2014	3413	749	222	4,50
2067	2038	3672	1258	241	3,50
2090	2063	4553	693	293	2,90
2100	2097	4776	596	401	4,00
2125	2113	2750	300	250	2,30
2151	2138	4989	449	349	19,20
2176	2163	4405	434	313	27,90
2200	2189	4989	449	349	8,80
2225	2213	4418	438	261	13,20
2250	2238	3603	222	304	4,70
2275	2263	4716	168	338	7,00
2301	2288	1818	155	344	3,50
2325	2313	4394	163	237	1,60
2350	2339	4335	179	318	3,00
2375	2363	4335	179	318	13,50
2401	2388	4467	394	234	4,30
2425	2414	4467	394	234	4,60
2450	2438	4467	394	234	6,10
2475	2463	3081	188	336	2,30
2500	2488	4467	394	234	3,30
2525	2513	4137	169	343	1,20
2550	2538	4734	272	183	1,60
2575	2563	2317	150	348	2,60
2600	2589	2782	172	339	3,50
2625	2613	3667	189	344	2,80
2651	2638	4664	195	348	3,60
2675	2664	4664	195	348	3,80
2700	2689	4664	195	348	3,40
2726	2713	4832	174	349	3,10
2750	2758	1907	418	180	2,70
2776	2763	3166	375	195	3,70

2800	2788	4083	262	278	2,80
2825	2813	3166	375	195	3,10
2851	2839	3166	375	195	3,30
2875	2863	1942	182	278	0,80
2900	2888	4083	262	278	4,40
2925	2913	4083	262	278	14,50
2950	2938	2283	178	332	

**APÊNDICE N – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKMEDINA PARA O OFFSET +3 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	3154,00	2370,00	443,00	359,00	1,32
25	977,00	1600,00	463,00	347,00	1,96
50	1857,00	3303,00	439,00	346,00	0,86
75	1593,00	2497,00	567,00	387,00	1,31
100	2107,00	1787,00	469,00	382,00	1,76
125	3823,00	978,00	401,00	368,00	1,20
151	2276,00	1028,00	547,00	338,00	1,73
175	530,00	4113,00	485,00	359,00	2,36
200	1560,00	1716,00	406,00	297,00	0,93
225	2360,00	1024,00	355,00	273,00	1,05
250	756,00	2255,00	603,00	289,00	2,50
275	1097,00	1692,00	409,00	309,00	1,19
300	3336,00	1888,00	715,00	397,00	0,97
325	1833,00	1564,00	440,00	330,00	1,18
350	3131,00	1155,00	637,00	306,00	1,34
375	1844,00	1518,00	477,00	272,00	1,42
400	1179,00	2914,00	258,00	248,00	2,07
425	1747,00	2100,00	280,00	234,00	1,09
450	1322,00	2692,00	336,00	219,00	1,00
475	1373,00	1946,00	280,00	228,00	1,26
500	1063,00	1914,00	285,00	228,00	1,66
525	937,00	3173,00	249,00	234,00	0,82
550	973,00	2236,00	246,00	286,00	1,47
575	1965,00	1925,00	290,00	328,00	1,30
600	5591,00	1630,00	337,00	326,00	1,13
625	1315,00	7735,00	575,00	322,00	1,20
650	1120,00	10766,00	343,00	316,00	0,99
676	1282,00	13865,00	654,00	309,00	1,01
700	829,00	12165,00	853,00	305,00	1,02
725	650,00	6966,00	1080,00	318,00	1,93
750	850,00	9425,00	1152,00	323,00	1,32
775	1457,00	9850,00	743,00	326,00	0,83
800	1532,00	8574,00	761,00	285,00	1,12
825	1402,00	3160,00	652,00	313,00	1,02
850	481,00	5962,00	830,00	297,00	2,42
875	2226,00	3780,00	498,00	300,00	1,05
900	2871,00	3076,00	496,00	296,00	0,60
925	1180,00	4150,00	647,00	284,00	0,87
950	1000,00	6043,00	628,00	288,00	0,86
975	3305,00	3432,00	543,00	296,00	0,90
1000	1064,00	6477,00	723,00	284,00	1,41
1025	4833,00	2551,00	529,00	286,00	1,19
1050	2549,00	1833,00	606,00	297,00	0,82
1076	1513,00	2114,00	355,00	257,00	1,77
1100	1272,00	2435,00	339,00	228,00	0,85

1125	1338,00	2466,00	374,00	231,00	0,72
1150	1760,00	1714,00	265,00	275,00	1,32
1175	1673,00	1550,00	304,00	279,00	0,99
1200	1914,00	1631,00	393,00	312,00	0,73
1225	762,00	4337,00	311,00	272,00	2,67
1250	2283,00	1483,00	395,00	274,00	1,26
1275	2213,00	1399,00	376,00	273,00	1,14
1300	3450,00	1300,00	404,00	296,00	1,52
1325	4658,00	794,00	568,00	314,00	1,15
1350	2538,00	2547,00	410,00	301,00	1,47
1375	2223,00	819,00	414,00	313,00	1,07
1400	1752,00	9644,00	872,00	331,00	1,15
1425	2625,00	8372,00	486,00	330,00	1,32
1451	1522,00	27049,00	498,00	330,00	0,94
1475	1810,00	11491,00	854,00	289,00	0,96
1500	1518,00	12093,00	627,00	276,00	1,32
1525	1029,00	6370,00	1046,00	285,00	1,31
1551	1135,00	9192,00	870,00	244,00	1,11
1575	1283,00	14539,00	707,00	257,00	1,18
1600	419,00	5599,00	143,00	225,00	1,77
1626	356,00	4043,00	661,00	241,00	2,45
1650	237,00	1593,00	173,00	288,00	3,21
1676	501,00	819,00	168,00	251,00	0,63
1700	544,00	734,00	139,00	255,00	1,07
1725	2835,00	416,00	179,00	231,00	1,04
1750	582,00	1252,00	174,00	236,00	1,03
1775	842,00	615,00	185,00	235,00	0,88
1800	699,00	854,00	159,00	251,00	1,49
1825	726,00	865,00	176,00	248,00	0,59
1850	1451,00	458,00	163,00	218,00	0,90
1875	2160,00	385,00	217,00	194,00	2,76
1901	2673,00	422,00	206,00	193,00	1,33
1925	2440,00	322,00	228,00	194,00	1,00
1950	2684,00	485,00	218,00	198,00	0,70
1975	3553,00	653,00	204,00	195,00	0,62
2000	3961,00	1022,00	288,00	207,00	0,63
2025	4866,00	1560,00	181,00	219,00	0,61
2050	4880,00	1791,00	130,00	215,00	0,82
2060	6143,00	1790,00	179,00	215,00	0,59
2100	2717,00	1104,00	157,00	194,00	0,91
2126	4083,00	192,00	223,00	192,00	1,69
2175	4080,00	6891,00	314,00	179,00	2,52
2200	4199,00	8187,00	410,00	212,00	2,10
2225	1529,00	5738,00	166,00	236,00	3,75
2250	16576,00	1327,00	66,00	279,00	0,90
2275	3120,00	109,00	458,00	216,00	1,42
2300	1884,00	143,00	266,00	211,00	1,70
2326	4594,00	230,00	230,00	186,00	1,73
2350	499,00	674,00	146,00	193,00	1,23
2375	3006,00	347,00	140,00	163,00	1,23
2400	3160,00	400,00	232,00	171,00	0,79
2426	3333,00	702,00	156,00	175,00	0,62
2450	3449,00	363,00	193,00	171,00	0,55
2476	3369,00	195,00	326,00	171,00	1,44
2500	2269,00	109,00	1362,00	202,00	2,36
2510	3062,00	276,00	205,00	171,00	1,01
2525	1884,00	457,00	156,00	186,00	1,42
2550	2184,00	385,00	142,00	179,00	1,47

2575	2002,00	527,00	135,00	175,00	0,94
2600	2898,00	215,00	393,00	193,00	1,74
2625	5175,00	174,00	250,00	154,00	1,18
2650	3378,00	349,00	196,00	163,00	0,84
2675	5717,00	227,00	148,00	171,00	0,83
2700	1672,00	645,00	131,00	203,00	0,84
2753	3091,00	688,00	146,00	190,00	0,55
2775	3618,00	341,00	156,00	192,00	0,77
2800	2631,00	414,00	146,00	167,00	0,75
2825	2082,00	153,00	341,00	179,00	2,11
2850	2620,00	202,00	286,00	201,00	1,79
2875	3286,00	182,00	264,00	193,00	1,12
2900	2875,00	189,00	330,00	173,00	1,38
2925	507,00	105,00	498,00	182,00	4,97
2950	768,00	94,00	438,00	192,00	2,43

**APÊNDICE O – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKMEDINA PARA O OFFSET +6 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
13	1650,00	1279,00	473,00	362,00	0,85
38	5808,00	1822,00	340,00	324,00	0,70
63	2929,00	2006,00	388,00	343,00	0,87
88	2282,00	2607,00	305,00	358,00	1,30
113	1886,00	1376,00	263,00	336,00	1,09
138	4694,00	1131,00	250,00	350,00	0,89
163	3418,00	1288,00	252,00	316,00	1,04
188	3109,00	427,00	305,00	256,00	2,06
213	2030,00	812,00	271,00	245,00	1,20
239	1996,00	669,00	296,00	265,00	1,07
263	1420,00	825,00	338,00	289,00	0,90
288	1857,00	861,00	379,00	326,00	0,78
314	2310,00	895,00	406,00	342,00	0,70
338	2187,00	972,00	408,00	273,00	0,66
363	3616,00	1118,00	371,00	274,00	0,81
388	3529,00	688,00	333,00	275,00	1,62
413	2601,00	732,00	230,00	242,00	1,52
438	1708,00	876,00	268,00	224,00	1,56
464	2776,00	1011,00	188,00	225,00	2,01
488	1983,00	866,00	179,00	222,00	1,41
513	1223,00	1803,00	154,00	251,00	0,97
538	2188,00	959,00	174,00	260,00	1,44
563	2098,00	611,00	230,00	240,00	2,42
588	2001,00	1075,00	208,00	278,00	2,02
613	2053,00	2690,00	239,00	289,00	1,07
638	2640,00	2441,00	343,00	294,00	1,27
663	1464,00	2262,00	512,00	288,00	1,25
688	1861,00	3294,00	470,00	267,00	1,42
713	1797,00	2864,00	637,00	269,00	1,37
739	1521,00	2137,00	638,00	289,00	1,12
763	1446,00	2673,00	519,00	292,00	1,59
788	1189,00	2155,00	605,00	255,00	1,08
813	2665,00	1840,00	397,00	257,00	1,47
839	1914,00	2324,00	350,00	266,00	1,57
863	2312,00	2157,00	479,00	248,00	0,89
888	1610,00	1555,00	388,00	248,00	1,75
914	1613,00	2116,00	391,00	239,00	1,19

938	1536,00	2386,00	469,00	260,00	1,18
963	1370,00	1240,00	569,00	219,00	1,18
988	1959,00	3121,00	541,00	251,00	0,64
1013	2081,00	1562,00	381,00	270,00	1,22
1038	1490,00	1404,00	350,00	277,00	1,28
1064	1984,00	922,00	333,00	251,00	1,02
1088	2334,00	878,00	255,00	239,00	1,38
1113	1748,00	834,00	223,00	222,00	1,29
1138	1382,00	912,00	196,00	227,00	1,27
1163	1695,00	611,00	216,00	242,00	1,34
1188	2618,00	754,00	206,00	265,00	1,23
1213	1679,00	687,00	225,00	246,00	0,59
1238	1546,00	866,00	270,00	245,00	0,79
1263	1478,00	619,00	287,00	246,00	0,71
1289	2345,00	600,00	296,00	282,00	0,64
1313	2339,00	741,00	430,00	330,00	0,64
1338	3313,00	857,00	473,00	289,00	0,91
1364	1580,00	615,00	311,00	274,00	0,64
1388	1540,00	864,00	328,00	317,00	0,58
1413	3198,00	9572,00	309,00	354,00	0,58
1438	1960,00	11084,00	453,00	354,00	1,78
1463	2069,00	3917,00	1177,00	298,00	1,72
1488	1249,00	4100,00	840,00	297,00	1,64
1513	2031,00	2424,00	777,00	284,00	1,96
1538	1315,00	3602,00	959,00	271,00	1,49
1563	1120,00	5884,00	915,00	257,00	1,55
1588	1080,00	11668,00	492,00	272,00	2,38
1613	1083,00	1995,00	610,00	314,00	4,71
1638	1529,00	937,00	237,00	298,00	1,11
1663	989,00	660,00	258,00	313,00	1,48
1688	1179,00	527,00	166,00	257,00	1,48
1713	1779,00	578,00	144,00	252,00	0,53
1738	2554,00	865,00	137,00	287,00	1,02
1763	6922,00	532,00	169,00	263,00	0,92
1788	1882,00	923,00	172,00	264,00	1,53
1813	1506,00	298,00	157,00	275,00	1,03
1839	1993,00	695,00	177,00	264,00	1,18
1863	5381,00	487,00	265,00	212,00	1,18
1889	3194,00	480,00	196,00	203,00	1,56
1913	4195,00	347,00	270,00	201,00	0,96
1939	4140,00	385,00	244,00	209,00	1,03
1963	4987,00	612,00	216,00	224,00	0,70
1988	5941,00	511,00	232,00	212,00	0,99
2013	4176,00	1210,00	280,00	230,00	0,95
2038	6232,00	1391,00	184,00	230,00	0,44
2063	6247,00	878,00	239,00	219,00	0,57
2100	4867,00	1306,00	216,00	213,00	0,74
2113	7286,00	695,00	183,00	224,00	0,70
2138	9854,00	2741,00	79,00	308,00	1,46
2163	11584,00	6600,00	181,00	277,00	1,84
2189	5098,00	7519,00	137,00	294,00	0,73
2213	4753,00	1069,00	202,00	285,00	1,47
2238	4159,00	120,00	359,00	245,00	0,67
2263	4236,00	160,00	271,00	231,00	0,87
2288	4426,00	144,00	334,00	225,00	0,96
2313	4629,00	196,00	209,00	203,00	0,92
2338	3950,00	197,00	211,00	188,00	0,66
2363	5184,00	279,00	211,00	169,00	0,64

2388	5515,00	256,00	227,00	190,00	0,90
2413	4596,00	157,00	403,00	222,00	1,12
2438	6240,00	210,00	246,00	184,00	1,18
2463	4008,00	218,00	281,00	198,00	1,32
2488	3041,00	134,00	507,00	177,00	1,33
2513	4651,00	284,00	190,00	206,00	0,87
2538	4677,00	372,00	147,00	200,00	0,78
2563	2971,00	154,00	448,00	179,00	2,09
2588	3952,00	246,00	207,00	175,00	1,29
2613	3642,00	340,00	442,00	198,00	1,15
2639	6154,00	209,00	306,00	173,00	0,72
2663	3840,00	394,00	158,00	186,00	0,63
2688	4801,00	333,00	162,00	201,00	0,80
2713	6873,00	432,00	164,00	206,00	0,83
2759	6276,00	747,00	168,00	206,00	0,67
2763	5119,00	505,00	179,00	209,00	1,35
2788	3234,00	273,00	199,00	200,00	1,17
2813	3451,00	337,00	236,00	184,00	0,83
2838	6872,00	478,00	187,00	188,00	0,70
2863	5515,00	163,00	391,00	203,00	1,30
2888	2933,00	134,00	480,00	184,00	1,30
2913	5119,00	313,00	269,00	192,00	0,71
2938	500,00	54,00	860,00	201,00	3,67
2963	632,00	55,00	488,00	159,00	3,65

**APÊNDICE P – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKMEDINA PARA O OFFSET -3 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
13	1217,00	2950,00	624,00	342,00	0,88
38	1113,00	2769,00	473,00	351,00	1,29
64	2286,00	1247,00	438,00	387,00	1,31
88	1614,00	2660,00	476,00	378,00	0,91
113	2972,00	1279,00	506,00	378,00	0,91
138	2400,00	1379,00	409,00	330,00	2,72
163	2460,00	742,00	592,00	339,00	2,13
189	3433,00	566,00	473,00	318,00	1,22
213	1748,00	771,00	375,00	255,00	0,62
239	2507,00	699,00	381,00	277,00	0,98
263	1289,00	577,00	374,00	289,00	1,32
288	1476,00	937,00	318,00	293,00	1,74
313	1260,00	1054,00	375,00	308,00	0,84
338	3111,00	1342,00	425,00	334,00	1,25
363	2176,00	970,00	427,00	292,00	0,77
388	1494,00	999,00	342,00	297,00	1,23
413	669,00	1283,00	278,00	248,00	1,11
438	948,00	1790,00	412,00	242,00	1,18
463	936,00	2025,00	355,00	233,00	1,21
488	1119,00	3919,00	304,00	228,00	1,18
513	1928,00	1907,00	255,00	237,00	1,01
538	3038,00	2033,00	252,00	286,00	1,40
563	985,00	1845,00	401,00	279,00	1,58
589	10558,00	2060,00	295,00	350,00	1,19
614	1314,00	16511,00	605,00	338,00	1,37
639	2720,00	14499,00	524,00	342,00	1,48
663	1428,00	4339,00	584,00	274,00	1,05
688	1366,00	6348,00	790,00	297,00	1,56

713	1299,00	9007,00	621,00	326,00	1,49
738	1366,00	3551,00	733,00	314,00	1,21
763	1787,00	6810,00	764,00	351,00	1,53
789	3069,00	4444,00	906,00	274,00	1,72
813	1283,00	5762,00	768,00	277,00	1,53
838	2087,00	3346,00	604,00	313,00	0,98
864	1428,00	3333,00	606,00	296,00	1,18
888	974,00	5270,00	352,00	297,00	1,61
913	1279,00	2059,00	591,00	301,00	1,69
938	1931,00	4575,00	698,00	284,00	0,67
963	1418,00	3872,00	780,00	310,00	0,99
988	1142,00	5243,00	706,00	297,00	1,58
1013	1820,00	3633,00	576,00	285,00	1,75
1038	1390,00	2411,00	750,00	284,00	0,78
1063	1832,00	857,00	488,00	266,00	1,40
1088	2434,00	1373,00	333,00	239,00	0,62
1113	2150,00	1177,00	284,00	236,00	1,74
1138	3904,00	715,00	229,00	236,00	0,92
1163	3141,00	997,00	316,00	257,00	1,06
1188	1697,00	797,00	492,00	322,00	0,99
1213	1439,00	1440,00	361,00	294,00	1,00
1238	2743,00	974,00	477,00	289,00	0,45
1263	2582,00	480,00	590,00	288,00	0,89
1288	2324,00	1050,00	278,00	282,00	0,72
1288	2569,00	1035,00	278,00	283,00	0,89
1313	1553,00	2373,00	488,00	318,00	0,48
1338	2414,00	1161,00	784,00	271,00	4,75
1363	2443,00	1076,00	416,00	300,00	0,97
1388	978,00	2564,00	545,00	310,00	2,56
1413	1849,00	5337,00	1131,00	335,00	1,56
1438	1247,00	2794,00	1038,00	310,00	1,72
1463	2626,00	3138,00	1266,00	284,00	1,98
1488	1115,00	29935,00	264,00	349,00	3,42
1513	2529,00	2581,00	1190,00	289,00	2,75
1538	1655,00	3070,00	823,00	293,00	1,57
1563	1765,00	2713,00	772,00	277,00	1,20
1563	1321,00	2129,00	821,00	255,00	2,31
1589	1760,00	4441,00	854,00	261,00	1,58
1613	694,00	14163,00	211,00	397,00	5,11
1638	1102,00	490,00	246,00	302,00	1,16
1663	1343,00	504,00	254,00	286,00	1,20
1688	1309,00	403,00	171,00	247,00	0,44
1713	798,00	514,00	163,00	241,00	0,51
1738	1045,00	664,00	158,00	263,00	1,23
1763	1938,00	552,00	182,00	250,00	0,95
1788	1790,00	844,00	129,00	258,00	0,86
1813	1876,00	623,00	136,00	271,00	1,21
1839	2348,00	762,00	176,00	259,00	0,75
1863	2141,00	485,00	196,00	212,00	1,33
1888	2978,00	670,00	168,00	212,00	1,24
1913	2337,00	485,00	187,00	215,00	1,92
1938	3941,00	473,00	203,00	213,00	0,95
1963	2563,00	619,00	191,00	215,00	0,80
1988	3772,00	645,00	209,00	221,00	0,65
2014	3097,00	973,00	187,00	230,00	0,76
2038	3422,00	1877,00	200,00	222,00	0,58
2063	4354,00	878,00	240,00	188,00	0,69
2097	4357,00	343,00	281,00	188,00	1,08

2113	3041,00	276,00	286,00	222,00	0,87
2138	6597,00	8980,00	301,00	218,00	2,04
2163	5853,00	7333,00	117,00	290,00	1,55
2189	3116,00	1296,00	222,00	229,00	1,55
2213	5455,00	4991,00	128,00	285,00	0,74
2238	3419,00	166,00	282,00	236,00	0,65
2263	3859,00	171,00	232,00	228,00	0,69
2288	2733,00	177,00	267,00	211,00	0,67
2313	4266,00	191,00	206,00	206,00	0,68
2339	3741,00	314,00	195,00	183,00	1,02
2363	3339,00	204,00	304,00	165,00	1,50
2388	4023,00	677,00	162,00	192,00	0,63
2414	6880,00	73,00	1280,00	186,00	1,88
2438	5250,00	221,00	295,00	186,00	0,74
2463	2625,00	306,00	244,00	206,00	1,05
2488	5314,00	395,00	230,00	186,00	0,90
2513	3694,00	239,00	281,00	222,00	1,21
2538	5243,00	290,00	139,00	192,00	1,05
2563	2079,00	276,00	219,00	186,00	1,66
2589	2215,00	182,00	379,00	222,00	1,26
2613	3822,00	224,00	341,00	219,00	0,60
2638	4266,00	290,00	290,00	228,00	0,96
2664	3837,00	400,00	200,00	228,00	0,53
2689	3889,00	321,00	244,00	225,00	1,15
2713	4785,00	302,00	219,00	260,00	0,85
2758	1884,00	474,00	164,00	201,00	0,50
2763	4282,00	316,00	177,00	196,00	0,76
2788	6718,00	198,00	260,00	196,00	0,94
2813	4294,00	240,00	236,00	179,00	1,14
2839	4858,00	73,00	1829,00	167,00	1,22
2863	2214,00	107,00	1540,00	196,00	3,17
2888	2789,00	166,00	455,00	186,00	0,91
2913	5507,00	297,00	194,00	190,00	0,81
2938	1794,00	214,00	366,00	186,00	1,81
2963	670,00	140,00	182,00	196,00	1,58

**APÊNDICE Q – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKMEDINA PARA O OFFSET -6 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	3810	1439	330	320	0,68
25	1241	2825	407	316	0,46
50	2085	1899	439	322	0,84
75	3963	1679	415	378	0,86
100	2776	2009	416	378	1,13
125	4592	1635	409	368	0,86
150	7406	1007	524	358	1,27
175	3115	741	426	317	0,94
200	3235	1579	413	300	0,52
225	1887	792	331	245	1,11
250	1299	804	402	281	1,42
275	1897	482	477	277	1,09
301	2254	690	400	304	1,55
325	3199	1090	292	282	0,84
351	2707	889	375	280	1,20
375	2503	772	312	267	1,58
400	1202	804	324	275	1,17

425	794	878	281	272	0,61
450	2579	1426	246	251	1,22
475	5363	1132	275	222	1,17
500	997	1399	321	230	0,78
525	1299	985	281	227	1,16
551	960	1789	222	288	1,37
575	1382	1617	302	334	2,06
600	4088	2340	338	355	1,05
625	1844	3582	386	296	1,17
650	1133	3343	391	300	0,81
675	1391	3058	639	280	1,36
700	1788	5346	702	293	1,02
726	2032	3053	612	288	1,26
750	1192	2787	810	277	0,88
775	4559	3049	708	289	0,79
800	3173	5149	835	266	0,66
826	2149	3468	473	293	0,76
850	2094	1410	355	304	0,45
875	1679	2017	372	276	1,13
900	1365	2271	382	251	1,26
925	2778	2250	427	292	0,93
950	1656	2307	405	266	1,09
976	2564	2121	535	292	0,97
1000	7236	3119	422	305	1,05
1025	2015	1482	561	263	1,12
1050	1684	1037	399	286	0,78
1076	2970	566	370	245	1,09
1100	2269	660	321	245	1,07
1125	2140	866	315	242	0,95
1150	1973	844	265	267	1,18
1176	1594	561	325	281	0,69
1200	1541	665	366	293	0,92
1225	2071	640	501	293	0,34
1250	1964	681	537	289	0,88
1275	4000	902	390	286	0,48
1300	4867	880	341	305	0,57
1326	3119	1312	384	330	1,08
1350	1881	1010	479	317	0,88
1375	2991	566	481	330	0,54
1400	2996	3226	831	347	0,49
1425	2459	6273	543	330	2,97
1451	1492	8970	930	310	1,20
1476	1346	13624	1013	294	1,69
1500	1948	2206	977	281	2,14
1525	1383	5003	820	314	3,06
1550	1296	9162	1038	277	1,82
1575	1313	4759	894	305	1,83
1601	1163	2041	658	284	3,55
1625	759	9259	504	305	2,44
1650	1262	472	264	322	0,84
1675	893	366	199	274	1,14
1701	1082	427	179	260	2,22
1725	2405	302	176	232	1,15
1750	3162	697	184	249	0,18
1775	1855	664	174	274	1,22
1800	1486	392	233	256	0,78
1825	2996	531	190	243	0,69
1850	1335	752	185	249	0,59

1875	2576	390	255	218	1,34
1900	3383	390	207	212	1,04
1925	3386	391	211	221	0,84
1951	4244	479	206	213	1,04
1975	2447	771	237	216	0,62
2000	4059	603	240	210	0,98
2025	8558	1106	189	213	0,62
2050	6706	1637	247	222	0,61
2067	5894	1240	164	227	0,54
2090	3413	1390	170	186	1,01
2100	5431	526	198	210	0,95
2125	3790	321	181	206	1,27
2151	11838	172	1254	256	2,25
2176	38438	1961	116	290	2,72
2200	3139	1717	243	243	1,51
2225	21888	449	75	306	2,57
2250	4362	139	300	239	0,98
2275	3961	113	292	222	1,08
2301	3380	188	200	198	1,03
2325	4541	160	288	206	0,93
2350	5041	253	198	173	0,87
2375	8366	141	468	184	0,97
2401	6967	260	247	198	0,75
2425	4482	346	230	206	0,65
2450	6078	341	223	212	0,97
2475	5438	396	194	200	0,72
2500	4799	120	436	200	1,45
2525	3878	283	201	192	1,13
2550	3078	297	190	182	1,19
2575	4928	220	199	175	0,95
2600	1882	218	383	193	0,83
2625	3202	373	322	231	0,64
2651	5992	202	244	245	1,49
2675	4996	266	279	245	0,63
2700	3423	276	246	237	0,69
2726	6386	443	139	190	0,39
2750	4694	228	264	190	0,65
2776	6154	382	158	212	0,74
2800	5373	158	241	175	0,84
2825	4681	181	316	200	0,70
2851	3987	171	238	190	0,79
2875	5180	158	323	192	0,72
2900	2986	233	315	206	0,83
2925	930	61	432	174	1,22
2950	1518	309	590	182	1,20

**APÊNDICE R – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BAKFAA PARA O OFFSET +3 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	2919,60	2628,42	423,03	309,86	0,49
25	853,45	2704,88	373,72	320,18	1,60
50	1740,70	4305,06	390,64	303,95	1,04
75	1791,28	1736,91	803,27	297,24	3,76
100	2274,02	1530,94	509,09	321,87	2,36
125	4098,27	784,21	472,09	301,60	1,98
151	2567,02	965,83	575,28	289,37	1,92

175	544,52	5967,50	533,55	340,91	2,38
200	1462,59	2044,21	386,73	296,29	0,98
225	2501,81	879,63	408,49	257,78	2,64
250	706,46	3940,99	523,57	292,15	1,96
275	1082,48	1789,47	445,09	297,52	0,96
300	3475,03	1720,35	783,09	379,92	1,37
325	1770,92	1583,81	485,95	315,88	0,76
350	2838,03	1384,81	509,45	322,68	4,88
375	1613,81	2324,64	344,43	289,33	3,36
400	1320,22	2181,78	353,84	223,78	0,86
425	2394,79	1257,12	382,50	212,44	2,46
450	1435,94	2268,12	406,87	204,13	2,12
475	1410,24	1800,73	326,31	214,91	1,21
500	1163,59	1565,95	348,21	211,87	1,18
525	964,64	3274,37	279,30	222,91	0,93
550	954,36	2413,68	279,46	272,95	1,28
575	2204,58	1549,34	350,04	304,19	1,10
600	4248,36	2165,63	295,75	331,90	1,14
625	3842,12	2227,81	301,30	350,53	1,15
650	1208,15	8294,71	561,13	279,62	1,36
676	1352,99	11787,43	1003,69	278,05	1,16
700	867,89	9608,41	1367,91	274,44	1,09
725	650,12	11761,89	1161,09	301,97	1,74
750	852,30	7109,51	521,31	396,49	1,45
775	1670,51	5042,84	1314,50	289,24	1,74
800	1507,98	12063,37	756,01	274,34	3,21
825	1526,68	2101,04	1031,34	279,75	0,90
850	479,98	8448,77	1121,08	271,96	3,10
875	2666,88	2289,66	796,60	263,32	2,16
900	2667,31	3656,31	478,04	294,16	0,62
925	1178,96	4845,06	706,14	271,02	0,76
950	1089,13	4797,50	823,93	267,49	1,39
975	2368,37	5269,41	298,45	325,83	2,34
1000	1187,57	3427,21	1314,01	251,01	1,47
1025	4701,43	3362,53	370,40	296,05	4,29
1050	2108,93	2747,53	491,05	306,70	4,02
1076	1766,21	1596,37	425,54	239,67	1,92
1100	1257,56	2655,80	361,51	219,24	0,92
1125	1279,92	2946,31	379,51	225,30	0,80
1150	1787,56	1575,08	310,22	258,08	0,82
1175	1657,80	1523,14	333,53	266,82	3,53
1200	1852,90	1706,12	409,51	303,16	0,73
1225	747,62	5176,39	375,48	254,92	2,31
1250	1879,36	2178,62	311,85	287,86	2,18
1275	1781,36	2072,61	308,76	282,80	1,90
1300	2771,90	1775,86	329,32	306,91	0,72
1325	4421,62	796,87	587,67	304,01	1,37
1350	2194,87	3364,44	387,22	299,07	1,42
1375	2036,11	890,43	399,97	310,62	1,12
1400	1945,49	6887,74	1209,63	302,75	4,25
1425	3092,27	5376,09	735,35	295,51	1,69
1451	2442,91	5165,88	1160,26	277,77	2,89
1475	1973,56	8372,09	1236,20	262,80	0,75
1500	1647,43	9453,06	919,68	249,97	1,09
1525	1058,65	6605,08	1294,35	266,35	7,64
1551	1260,49	4679,63	728,99	217,39	1,02
1575	1369,79	11626,16	1031,40	232,70	0,95
1600	459,47	4618,68	219,23	199,04	15,74

1626	356,13	5758,21	877,92	220,81	10,50
1650	352,55	919,26	390,38	221,69	12,05
1676	536,34	670,89	226,51	223,68	4,50
1700	471,26	1015,89	127,36	267,79	1,42
1725	2819,41	391,57	188,60	224,22	1,13
1750	696,56	747,43	252,77	192,66	6,51
1775	874,75	592,17	188,52	231,80	0,89
1800	986,03	443,66	254,25	209,29	0,77
1825	705,78	962,29	176,03	247,25	0,78
1850	1607,38	351,69	211,85	197,50	4,44
1875	2381,51	320,30	242,66	186,87	3,26
1901	3404,30	249,27	314,19	174,92	1,43
1925	2295,97	333,00	228,64	189,49	0,43
1950	2904,46	400,44	249,82	187,67	1,50
1975	3849,74	535,60	235,67	183,15	0,61
2000	3560,42	1120,63	274,41	203,76	1,16
2025	4716,92	1529,59	194,08	210,02	0,74
2050	5059,50	1548,71	168,20	195,47	1,19
2060	5165,23	2061,75	172,15	212,22	0,58
2100	2747,11	1015,55	175,50	183,79	0,80
2126	3999,08	212,77	219,77	182,92	1,21
2175	24231,33	698,67	464,16	163,24	1,79
2200	5358,20	2165,05	1714,78	162,26	4,70
2225	1278,40	16398,27	83,68	241,24	6,97
2250	15103,02	1145,62	118,26	200,73	1,26
2275	3546,15	68,25	2791,01	197,13	1,58
2300	1715,39	185,68	214,74	206,00	0,87
2326	5277,40	79,93	957,85	168,94	1,11
2350	476,49	855,54	140,19	192,19	2,73
2375	2906,24	357,44	153,22	152,14	0,83
2400	2749,15	527,86	213,89	167,08	0,90
2426	2797,32	937,51	143,92	171,03	0,79
2450	3010,65	490,11	175,19	166,63	0,59
2476	2936,54	365,43	175,03	186,24	0,75
2500	2550,82	86,06	3370,46	189,00	2,09
2510	2973,96	283,95	224,61	160,93	0,71
2525	1828,91	490,93	171,12	173,52	0,99
2550	2350,75	276,21	232,74	148,26	4,73
2575	2016,39	489,81	160,41	159,92	1,46
2600	3179,57	156,59	693,30	180,05	1,07
2625	5202,02	167,63	285,46	145,83	0,96
2650	3187,75	406,06	191,41	157,29	0,51
2675	5996,82	166,11	204,04	155,76	0,97
2700	1588,19	691,91	141,54	188,47	0,78
2753	2766,39	826,09	144,77	181,29	0,58
2775	3221,65	437,58	146,97	184,12	0,69
2800	2516,45	443,03	152,47	158,12	0,64
2825	2317,13	109,63	677,21	166,65	0,98
2850	2873,06	146,90	466,07	186,64	1,72
2875	2827,69	301,30	199,06	190,66	0,52
2900	2994,35	154,07	484,96	162,04	1,15
2925	563,83	116,92	256,59	198,22	8,38
2950	761,67	102,15	346,53	190,93	1,45

**APÊNDICE S – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BAKFAA PARA O OFFSET +6 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)

Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
13	1905,66	1007,31	588,12	335,94	1,82
38	4713,90	2396,09	294,12	325,00	1,10
63	3323,91	1608,61	481,66	313,06	0,79
88	2459,67	2231,48	382,44	320,25	1,09
113	2049,28	1153,87	319,79	302,53	1,00
138	6759,63	481,81	554,60	276,18	2,17
163	3552,88	1126,88	305,24	284,53	1,30
188	3720,03	363,01	332,32	236,62	3,37
213	2316,44	641,23	342,24	223,12	1,27
239	2116,28	575,48	355,41	245,62	1,13
263	1543,23	732,05	384,10	270,87	1,35
288	1914,74	806,62	425,40	307,26	0,84
314	2539,15	683,26	587,30	303,88	2,31
338	2305,14	865,24	477,09	256,24	0,72
363	4782,59	696,34	550,70	244,35	1,26
388	4506,25	413,97	547,27	242,88	1,81
413	3204,63	497,08	323,07	213,31	1,54
438	2062,64	626,27	365,00	200,74	1,08
464	3948,51	551,80	308,30	189,03	2,03
488	2260,67	679,03	228,40	196,69	0,62
513	1365,58	1327,15	235,88	205,66	2,76
538	1888,48	1165,70	160,01	254,13	2,21
563	2940,60	329,24	405,07	204,30	2,66
588	2554,62	713,77	301,97	236,60	3,55
613	2164,02	2431,42	295,15	259,79	0,95
638	3058,42	1873,35	448,37	264,87	1,42
663	1603,84	1937,90	617,18	268,72	0,93
688	1966,58	3102,66	548,31	249,60	1,13
713	2056,93	2163,71	827,69	249,04	1,19
739	1633,56	1925,97	745,63	272,93	0,65
763	1669,02	1990,26	678,52	267,90	1,45
788	1098,51	3824,59	475,60	261,00	2,56
813	3207,53	1310,00	546,64	231,72	1,04
839	2252,66	1704,74	472,00	239,05	0,94
863	2576,05	1648,00	676,77	223,80	1,40
888	1700,83	1456,67	429,40	235,31	1,57
914	1825,78	1640,85	511,23	218,36	0,91
938	1716,16	1893,81	607,77	239,34	3,45
963	1728,87	872,74	756,47	201,97	1,49
988	1982,86	3648,48	503,95	250,65	4,66
1013	2250,61	1331,25	467,83	249,32	12,55
1038	1735,12	1126,89	404,29	259,24	1,41
1064	2135,22	795,38	396,74	233,13	1,19
1088	2831,05	625,16	349,26	212,71	1,50
1113	2014,26	628,45	293,98	198,26	1,26
1138	1554,96	731,49	246,38	203,64	1,26
1163	1993,69	455,90	280,69	217,16	1,38
1188	2830,87	669,34	225,63	247,04	1,56
1213	1799,91	610,96	253,25	228,85	0,73
1238	1711,23	728,74	317,17	226,58	0,82
1263	1559,39	556,49	331,28	230,55	1,01
1289	2489,44	530,77	336,29	264,78	1,19
1313	4396,47	516,50	330,72	363,01	2,71
1338	3851,64	654,96	612,26	267,80	1,30
1364	1640,24	574,80	344,70	258,25	0,75
1388	1360,98	1153,73	241,17	326,76	2,54
1413	3825,30	6461,50	497,23	304,33	0,57

1438	2519,69	4826,44	904,67	299,42	2,26
1463	1873,39	7731,59	957,81	297,38	2,94
1488	1345,66	3404,34	1119,44	275,55	1,45
1513	1673,82	9908,87	409,01	352,08	4,18
1538	1536,14	3487,84	1372,47	278,21	0,95
1563	1300,14	6224,59	1263,44	264,13	1,39
1588	1289,92	11900,87	710,59	273,05	2,02
1613	1370,29	1998,11	673,88	331,12	3,99
1638	1998,19	810,95	313,13	295,60	1,47
1663	1481,93	411,26	521,35	282,56	5,29
1688	1548,55	446,04	224,23	250,31	1,74
1713	1927,47	652,51	156,95	260,94	0,62
1738	3030,29	795,15	183,78	271,22	1,24
1763	8663,18	401,09	245,15	254,44	1,16
1788	2640,86	694,86	255,45	249,09	1,88
1813	1904,21	262,44	202,09	274,89	1,85
1839	2575,42	600,43	232,05	261,15	1,52
1863	6764,00	364,74	416,83	212,40	1,00
1889	4038,63	367,96	309,46	197,66	0,85
1913	5479,50	235,42	513,51	199,53	1,20
1939	5526,59	255,66	431,42	207,44	1,62
1963	6501,80	455,63	320,49	222,13	0,99
1988	7855,80	303,53	452,96	204,09	1,51
2013	5457,90	946,02	419,48	227,47	1,15
2038	6557,36	1516,88	223,16	235,06	0,47
2063	7661,54	705,76	357,97	215,73	1,26
2100	6263,44	1084,85	310,22	210,45	1,48
2113	9119,45	475,86	297,00	218,86	0,85
2138	13637,09	1847,79	150,65	254,05	2,24
2163	15161,16	2069,16	1363,25	210,16	2,54
2189	13170,69	1106,96	1012,66	213,37	3,30
2213	6018,63	830,88	297,48	278,97	1,44
2238	4518,74	65,89	1445,51	231,49	0,93
2263	4490,72	116,23	373,08	215,88	1,01
2288	4885,41	71,52	1703,62	205,65	1,43
2313	5262,83	78,23	834,28	181,91	1,26
2338	4103,93	139,01	303,29	172,13	1,11
2363	5121,59	240,95	257,32	156,31	0,80
2388	4034,68	368,56	219,36	178,47	0,88
2413	4286,35	239,07	239,43	222,60	1,95
2438	7219,92	65,55	2429,38	164,97	1,42
2463	4628,44	97,23	1018,56	178,94	2,13
2488	3443,78	74,55	2326,97	161,68	1,97
2513	5380,84	112,91	503,27	181,60	1,36
2538	2151,72	224,38	213,02	177,53	1,13
2563	3656,90	64,89	5274,21	153,36	2,56
2588	4533,16	102,06	618,16	155,58	1,98
2613	8361,48	137,40	320,12	171,99	2,09
2639	5490,85	349,11	209,94	171,89	1,30
2663	3881,90	341,77	187,94	169,66	1,26
2688	4764,12	299,48	187,61	184,32	1,08
2713	3535,00	353,50	252,50	151,50	1,57
2759	7624,99	618,54	248,34	203,52	0,98
2763	5972,68	470,86	239,82	209,76	2,10
2788	4455,01	117,30	669,60	193,34	1,41
2813	4343,89	229,10	418,52	183,82	1,10
2838	7655,10	521,43	228,65	193,49	0,96
2863	5328,46	408,71	215,03	229,32	1,34

2888	3842,97	79,02	2782,81	183,84	1,52
2913	5928,63	268,43	395,77	195,53	1,14
2938	630,51	68,89	218,27	252,55	8,18
2963	872,26	47,06	513,53	177,68	7,02

**APÊNDICE T – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BAKFAA PARA O OFFSET -3 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
13	1138,98	3273,12	617,92	334,43	0,86
38	1128,19	1953,21	713,99	307,66	3,53
64	1988,13	1520,57	385,65	384,74	2,27
88	1786,80	1677,37	758,02	323,23	3,12
113	3249,88	1021,82	629,85	343,91	2,29
138	2850,49	893,34	639,79	282,09	7,10
163	972,70	3645,04	552,19	282,57	13,08
189	3176,09	589,33	479,96	303,90	1,27
213	1816,10	680,70	418,38	239,61	0,62
239	2262,18	726,18	399,03	263,62	0,88
263	1263,32	562,03	390,10	275,11	1,60
288	1484,96	855,43	350,30	272,20	1,49
313	1007,11	1734,00	266,35	329,87	1,30
338	2950,07	1308,22	458,53	317,01	2,16
363	1407,73	2327,02	216,10	349,08	5,81
388	1539,85	869,49	395,98	373,36	1,27
413	661,99	1232,76	294,41	232,72	1,24
438	1169,58	1384,11	469,26	224,81	1,00
463	981,17	1619,83	419,59	214,91	0,61
488	1040,93	4170,46	340,72	213,24	0,57
513	1693,93	2189,99	254,60	227,35	1,21
538	2750,27	2002,68	300,54	259,14	1,13
563	803,42	3647,02	285,70	288,30	3,28
589	12232,09	1573,07	357,79	320,00	1,17
614	1449,01	4748,91	1672,51	280,44	3,83
639	3054,97	7039,57	1058,38	291,25	1,96
663	1314,45	5356,03	256,36	265,32	1,39
688	1295,85	6974,01	850,72	281,29	1,32
713	1350,65	5899,48	880,83	294,72	0,79
738	1235,95	4776,17	651,06	311,44	1,98
763	1960,10	4316,87	1014,57	321,02	0,94
789	3188,13	3332,97	1200,58	253,22	1,83
813	1201,24	6146,15	873,94	261,36	1,18
838	2115,36	2825,75	728,83	290,53	0,76
864	1326,75	3512,24	663,20	281,61	1,27
888	930,56	5653,01	369,18	279,92	1,68
913	1156,42	2257,46	641,94	286,65	1,09
938	1892,91	4292,67	776,94	268,99	0,78
963	1335,24	4193,07	823,74	296,41	1,05
988	1154,12	4214,77	1071,99	246,11	3,88
1013	2149,03	2559,53	592,99	273,73	2,02
1038	1342,31	2569,86	736,16	274,67	1,32
1063	1873,98	794,29	568,40	251,39	1,00
1088	2436,60	1362,86	357,99	227,33	0,88
1113	2499,51	888,70	372,78	212,57	1,29
1138	4134,13	612,88	267,85	217,21	1,16
1163	3598,24	775,24	397,53	234,21	0,79

1188	1572,65	875,40	504,04	312,59	1,21
1213	1514,67	1402,44	381,97	280,34	1,27
1238	2919,66	856,31	569,59	280,11	0,62
1263	2574,19	460,83	721,59	280,24	1,21
1288	2153,47	1148,68	286,23	269,87	1,02
1288	2406,38	1107,51	285,09	272,07	0,95
1313	1530,97	2536,53	570,86	305,78	0,38
1338	2103,02	1391,47	828,25	273,86	4,91
1363	2575,55	905,83	559,09	278,53	1,35
1388	1167,48	1681,89	817,34	285,64	2,05
1413	1780,34	7651,86	1289,59	329,19	1,92
1438	1382,22	2124,96	1661,52	294,78	1,32
1463	2143,40	7092,65	1069,66	303,22	3,13
1488	1167,58	1371,84	1006,03	267,95	2,87
1513	2178,81	4042,38	1148,63	281,98	3,17
1538	2204,20	1523,18	1674,50	225,01	3,20
1563	1572,98	4086,58	741,91	273,94	2,04
1563	1279,95	2350,44	901,73	249,54	2,12
1589	1468,58	12013,46	579,07	268,33	2,64
1613	727,37	10718,58	401,04	308,24	5,94
1638	1250,42	479,15	258,19	286,31	0,68
1663	1979,44	434,85	299,64	263,62	1,34
1688	1396,55	430,79	175,69	233,33	0,78
1713	996,48	331,87	258,75	199,27	5,58
1738	1194,18	442,12	277,77	204,90	7,97
1763	2316,05	416,55	225,77	223,90	1,28
1788	1887,92	755,62	150,03	227,54	0,99
1813	2369,62	449,50	166,52	234,69	1,26
1839	2623,95	624,72	200,57	230,69	1,36
1863	2494,14	404,13	214,07	200,67	1,69
1888	1221,41	2292,66	108,40	224,99	3,78
1913	2819,06	359,64	228,86	197,18	2,71
1938	4710,93	311,26	281,55	191,65	1,59
1963	2938,49	487,84	227,49	199,35	0,86
1988	4207,24	506,30	258,47	201,40	1,26
2014	3282,23	843,79	223,53	208,14	1,13
2038	3246,23	1966,87	215,36	208,59	0,76
2063	4860,29	692,93	297,87	173,15	1,06
2097	5142,90	209,49	507,71	169,54	2,45
2113	3406,88	189,60	440,20	203,27	1,23
2138	16301,20	1962,51	922,29	174,52	3,10
2163	18267,50	1014,82	522,50	203,08	2,93
2189	4421,11	549,71	461,04	192,31	2,72
2213	7662,81	2451,27	344,27	213,31	1,93
2238	3346,17	184,89	262,73	223,39	0,99
2263	4422,06	92,51	535,26	206,63	0,98
2288	2965,46	129,14	399,78	194,34	0,80
2313	4262,58	189,92	224,52	191,13	1,15
2339	4417,83	154,61	393,60	162,73	1,52
2363	4067,39	92,57	1192,56	149,69	1,91
2388	4795,34	383,38	272,04	166,02	0,98
2414	8117,13	38,38	937,30	98,59	2,16
2438	5693,49	147,51	519,75	172,84	1,21
2463	3131,33	178,30	443,18	186,91	1,82
2488	6057,94	249,41	335,68	172,33	1,20
2513	4358,79	116,68	1011,71	198,59	1,65
2538	5775,21	162,55	235,43	168,89	1,42
2563	2643,58	126,95	660,39	162,87	1,67

2589	2748,90	97,69	1717,07	201,63	1,77
2613	3926,49	213,49	372,70	208,95	0,61
2638	4728,78	176,43	546,13	209,40	1,22
2664	3743,91	411,37	216,15	213,46	0,53
2689	4704,39	149,54	543,37	203,39	1,21
2713	4780,46	320,49	222,12	244,64	1,07
2758	1817,14	522,12	171,35	189,07	0,71
2763	4534,18	252,51	226,26	178,35	1,28
2788	4934,60	649,48	151,19	199,77	0,93
2813	5165,86	92,78	987,13	159,50	1,57
2839	5330,26	54,09	3765,20	158,14	1,60
2863	2824,97	62,00	1619,11	150,98	4,29
2888	3204,52	100,52	1282,57	171,28	1,09
2913	5372,19	335,63	198,64	179,04	1,17
2938	2244,65	114,08	1121,31	167,70	2,35
2963	675,49	156,76	166,97	182,89	2,44

**APÊNDICE U – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BAKFAA PARA O OFFSET -6 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	3271,80	1643,46	311,07	317,17	0,45
25	1200,76	2763,33	442,74	297,91	0,74
50	2121,21	1576,66	522,22	296,99	0,96
75	4155,64	1417,64	502,18	345,12	0,94
100	3076,71	1649,03	524,62	342,58	1,14
125	4669,07	1520,21	462,05	343,71	0,83
150	9775,45	530,14	943,81	318,11	1,39
175	2917,11	817,32	404,18	314,46	1,78
200	3331,18	1466,67	468,96	282,18	0,79
225	1954,93	753,57	356,52	234,10	1,44
250	1274,43	828,80	419,80	273,98	1,27
275	2142,14	391,33	627,21	259,50	1,58
301	2882,99	444,40	643,27	269,72	2,10
325	3647,61	860,16	363,32	257,18	0,61
351	2353,54	1056,29	354,16	277,03	1,14
375	3092,10	527,69	442,70	238,97	1,66
400	1221,91	755,61	378,95	256,05	1,14
425	783,78	943,19	297,40	258,66	0,68
450	3079,80	1038,23	335,30	221,60	1,33
475	6986,82	672,60	419,60	195,58	1,36
500	1000,98	1441,74	363,69	216,74	0,40
525	1414,41	822,36	352,09	207,98	1,12
551	947,05	1912,24	253,32	264,28	0,94
575	1346,02	1667,58	350,01	307,05	1,41
600	4286,90	1987,36	442,77	316,82	0,84
625	1933,28	3196,65	496,30	270,10	0,77
650	1190,33	3270,85	459,02	279,35	0,91
675	1451,56	2816,77	800,33	261,29	0,99
700	442,11	2429,73	529,10	420,10	6,66
726	1914,22	3715,69	649,31	278,11	1,65
750	1239,27	2877,31	904,73	264,95	0,56
775	3436,35	5352,34	595,83	291,98	1,85
800	3835,25	3387,72	1178,50	243,08	0,86
826	4586,50	1334,71	670,66	266,65	3,26
850	2798,32	819,00	595,49	259,23	2,98
875	1660,77	2285,59	362,54	270,58	1,53

900	1413,47	2218,87	431,66	237,75	1,62
925	3080,37	1801,65	551,87	266,93	0,70
950	1869,65	1830,26	512,53	243,78	1,18
976	2383,18	2471,03	534,56	286,16	1,36
1000	7509,01	2616,49	560,70	277,83	1,34
1025	2027,40	1474,77	615,56	252,39	1,10
1050	1814,64	903,79	471,42	267,55	0,90
1076	3539,62	412,23	502,08	225,91	1,23
1100	2672,54	515,26	389,70	228,01	1,14
1125	2425,33	672,94	408,02	221,18	0,82
1150	2295,32	646,84	340,82	240,82	1,04
1176	1710,79	499,11	372,71	263,84	0,96
1200	1498,93	672,84	400,11	278,95	1,02
1225	2082,84	622,02	541,64	282,63	0,32
1250	1736,98	803,01	491,05	291,70	1,05
1275	3722,23	958,13	395,08	276,03	0,45
1300	5274,34	736,25	407,10	282,07	0,57
1326	4019,34	675,54	853,65	268,82	5,05
1350	1683,71	1204,69	469,97	311,06	1,10
1375	3028,99	536,57	531,70	315,07	0,75
1400	2800,40	3941,92	845,58	337,63	1,50
1425	2522,95	6716,73	623,31	305,94	2,77
1451	1498,91	12799,25	950,08	297,40	1,03
1476	1492,78	8750,78	1638,39	265,13	1,22
1500	1720,99	4161,69	679,70	295,80	3,57
1525	1626,10	3363,83	1096,13	288,71	1,99
1550	1355,75	10612,24	1169,14	261,88	1,83
1575	4467,20	1685,18	432,21	366,66	12,10
1601	1931,77	1243,49	507,15	308,30	8,07
1625	870,67	5055,86	857,46	269,03	1,99
1650	1364,11	422,58	290,49	302,18	0,83
1675	1119,45	252,70	285,70	239,73	3,33
1701	1464,73	264,62	271,71	220,66	1,93
1725	2917,63	200,25	249,68	207,06	1,95
1750	3114,26	683,18	194,89	232,61	0,37
1775	2468,58	412,84	252,70	231,02	2,45
1800	1718,24	310,06	278,85	232,40	0,61
1825	3198,48	457,99	218,21	223,56	0,74
1850	783,26	2490,85	105,29	285,07	5,36
1875	3477,35	192,34	589,53	190,50	2,22
1900	1291,34	1912,90	72,33	314,20	2,95
1925	3810,11	292,16	276,93	200,66	1,41
1951	5268,14	237,16	330,29	187,95	1,46
1975	2640,24	661,92	276,37	200,45	0,90
2000	4751,41	420,14	328,68	190,07	1,62
2025	10057,74	745,72	266,18	187,50	0,75
2050	7123,72	1402,73	303,89	203,08	0,83
2067	6341,07	1045,11	202,29	202,96	0,46
2090	4056,14	1022,04	235,45	163,38	2,44
2100	5789,58	452,82	221,76	196,72	1,15
2125	4610,46	136,64	455,85	180,15	1,96
2151	8068,90	1141,23	206,99	287,26	3,32
2176	16741,32	1680,74	744,74	186,23	3,94
2200	4244,09	816,54	465,61	206,07	2,50
2225	11130,55	2669,91	19,75	358,80	1,98
2250	4676,92	113,09	409,12	226,06	1,23
2275	3560,97	226,82	149,36	228,28	1,96
2301	3964,14	89,05	696,88	176,52	1,40

2325	4991,03	91,13	1018,08	187,07	1,30
2350	5571,27	139,52	396,08	156,20	1,14
2375	9545,91	64,89	6415,52	162,50	1,20
2401	7175,45	244,44	271,38	188,01	0,98
2425	5168,02	200,19	394,07	187,38	0,92
2450	6323,00	299,50	260,31	197,76	0,85
2475	6337,96	198,02	358,10	178,79	1,08
2500	3844,32	367,81	153,62	211,82	2,76
2525	4418,82	156,69	388,08	172,26	1,62
2550	3861,01	120,82	570,81	159,93	1,61
2575	5551,86	104,23	580,25	156,73	1,36
2600	2000,82	178,89	558,50	180,92	0,70
2625	3172,52	305,26	332,10	221,07	0,74
2651	6169,31	189,76	266,79	231,14	1,75
2675	4655,14	366,47	231,18	239,68	1,09
2700	3785,65	197,89	353,39	218,23	1,36
2726	6621,69	373,21	167,83	173,21	0,68
2750	4992,12	168,02	395,46	176,32	0,96
2776	7040,42	191,05	277,28	186,82	1,14
2800	6188,65	67,00	1902,62	157,48	1,02
2825	5281,29	98,92	1134,74	183,02	0,97
2851	4355,22	106,22	504,10	174,23	1,39
2875	5353,23	121,93	541,18	179,04	1,30
2900	3167,16	186,05	447,65	192,03	1,16
2925	1047,63	46,22	1686,46	160,91	2,29
2950	2048,23	167,87	2040,21	162,39	

**APÊNDICE V – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE ELMOD PARA O OFFSET +3 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	3007,37	2140,43	733,04	250,23	1,24
25	922,46	1727,55	600,74	281,01	2,50
50	1955,20	2538,01	753,80	238,46	0,67
75	1765,83	1857,89	844,43	337,26	1,22
100	2370,21	1285,02	846,94	277,99	1,14
125	3385,24	935,47	659,50	232,76	2,34
151	2581,16	737,83	954,93	260,55	0,85
175	547,58	2333,85	769,40	294,54	1,19
200	1624,32	1419,92	674,05	208,13	1,44
225	2343,76	863,65	559,66	216,69	0,58
250	778,72	1845,29	712,97	312,51	2,22
275	1182,09	1350,77	642,18	242,31	0,70
300	3476,04	1576,98	1088,40	318,97	1,01
325	1872,85	1385,40	666,16	261,37	0,98
350	3084,80	1000,02	988,96	228,02	1,33
375	2121,25	1065,19	811,17	213,65	0,94
400	1372,53	1710,37	496,06	184,67	2,28
425	1891,77	1520,10	519,08	159,17	1,18
450	1530,46	1683,35	531,74	191,64	1,26
475	1490,52	1426,27	496,74	160,50	0,92
500	1220,21	1237,17	473,56	197,75	1,90
525	1043,26	1902,07	425,33	199,89	1,54
550	1017,33	1702,85	390,61	239,92	1,33
575	2270,71	1257,28	597,90	216,69	1,10
600	4368,16	1736,69	511,54	230,41	1,77
625	1350,65	4928,79	681,54	374,23	1,53

650	1105,08	6140,44	489,48	353,69	1,80
676	1263,57	7967,81	750,57	353,69	1,20
700	852,65	5069,13	1133,07	346,65	1,63
725	695,58	3099,31	1296,51	376,43	1,17
750	871,95	4877,32	1266,62	381,32	0,87
775	1504,53	5913,80	861,42	375,54	1,40
800	1550,49	5711,92	820,45	329,58	1,27
825	1391,91	2945,06	674,34	379,33	0,58
850	480,98	3038,49	1005,50	347,48	1,62
875	2346,62	2867,06	828,21	208,44	0,88
900	2834,36	2676,97	742,14	227,06	0,62
925	1252,33	2938,55	745,02	333,40	1,49
950	1141,72	2880,77	861,42	329,17	2,09
975	3178,65	3144,10	628,32	326,92	0,96
1000	1060,17	4701,72	732,57	337,62	0,74
1025	3988,41	2807,50	669,59	254,47	1,47
1050	2619,09	1571,18	858,47	260,46	0,65
1076	1832,41	1284,39	653,64	196,44	1,73
1100	1355,79	1845,70	556,98	162,77	0,65
1125	1389,87	1943,75	618,96	160,23	0,70
1150	1855,32	1300,86	514,22	174,86	0,81
1175	1737,28	1242,50	502,50	216,17	0,62
1200	1938,66	1405,94	629,96	231,68	1,14
1225	788,70	2611,26	613,00	163,73	1,96
1250	2031,40	1579,85	511,15	242,46	1,43
1275	2030,19	1399,40	531,74	218,39	1,49
1300	2861,16	1423,73	650,68	179,91	2,84
1325	3942,83	811,62	876,89	201,07	2,45
1350	2255,42	2724,70	538,25	248,79	1,73
1375	2054,18	803,97	691,31	188,65	3,27
1400	1876,09	5572,60	996,84	385,17	1,94
1425	2810,50	5231,99	701,47	324,56	1,96
1451	1527,67	11058,41	859,82	354,53	1,91
1475	1885,72	6751,42	931,13	331,81	1,53
1500	1664,93	5558,53	997,59	235,95	1,89
1525	1103,39	3630,45	1197,54	332,65	1,91
1551	1151,61	5434,54	912,90	282,15	0,95
1575	1371,55	5830,71	953,10	290,19	2,26
1600	499,06	1579,66	356,51	232,06	5,09
1626	382,97	1615,48	866,94	284,93	1,90
1650	311,27	1467,35	258,59	195,86	2,86
1676	515,21	731,94	210,47	312,25	1,78
1700	525,33	739,72	165,04	323,49	0,99
1725	2369,20	410,97	310,57	122,14	2,69
1750	598,29	1049,57	185,88	290,72	1,87
1775	871,40	532,75	241,23	287,81	2,20
1800	656,46	869,47	185,88	319,79	1,36
1825	777,41	689,35	379,18	115,65	2,43
1850	1204,39	517,91	173,15	285,20	1,01
1875	1998,95	355,71	248,84	244,95	2,67
1901	2443,53	380,66	234,29	244,33	1,28
1925	1780,97	430,55	206,12	258,56	1,59
1950	2236,57	500,12	234,94	251,46	0,73
1975	3134,34	549,82	394,68	106,92	1,36
2000	3336,03	969,15	425,67	165,22	0,83
2025	3981,83	1405,58	320,10	153,67	0,86
2050	4306,09	1386,00	322,03	116,96	0,91
2060	4637,07	1707,73	321,84	149,65	0,72

2100	2468,13	748,73	344,79	134,51	1,14
2126	2550,08	906,02	331,57	105,19	0,92
2175	3102,85	291,82	272,47	137,21	1,21
2200	2875,45	12016,69	329,49	245,72	1,99
2225	1299,28	4828,87	234,31	253,66	4,06
2250	11089,26	905,11	122,74	260,61	2,21
2275	2595,02	140,85	455,64	143,52	2,93
2300	1487,80	209,25	276,67	167,01	3,08
2326	3683,73	241,42	257,74	146,30	1,03
2350	486,59	669,42	283,51	104,67	3,14
2375	2423,93	354,73	236,39	114,66	0,95
2400	2667,06	717,74	267,54	124,14	1,27
2426	2494,62	503,95	231,56	154,58	1,09
2450	2582,60	279,44	365,74	134,29	0,97
2476	1929,78	140,58	490,91	263,92	1,75
2500	2296,35	398,30	266,37	126,67	1,79
2510	2416,17	13736,72	190,36	216,37	1,66
2525	1636,72	477,37	235,25	150,06	1,51
2550	1962,15	352,99	255,58	118,25	0,90
2575	1767,04	496,93	210,62	149,18	0,98
2600	2440,55	268,29	349,12	231,44	1,49
2625	3720,94	316,08	227,74	141,57	0,53
2650	2615,29	424,51	262,13	136,65	0,96
2675	4138,51	345,18	182,88	131,71	1,19
2700	1509,88	627,63	216,05	153,87	0,66
2753	2570,77	670,20	252,97	136,22	0,92
2775	2693,25	419,17	245,71	128,16	0,79
2800	2072,46	475,74	194,09	148,24	0,91
2825	1779,71	179,61	364,05	164,26	0,84
2850	2197,18	243,30	340,97	175,38	1,80
2875	2304,61	349,63	234,88	191,26	1,42
2900	2296,05	258,78	304,26	184,98	1,19
2925	531,73	101,83	364,56	237,07	0,68
2950	672,26	121,50	270,15	248,25	4,64

**APÊNDICE W – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE ELMOD PARA O OFFSET +6 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
13	1877,30	947,62	838,02	285,52	0,96
38	5586,81	1394,79	695,66	195,59	0,73
63	3336,03	1310,11	877,83	203,54	0,46
88	2566,20	1752,98	648,44	227,80	1,32
113	2029,13	1024,31	517,68	216,83	0,64
138	4243,69	954,62	458,33	222,49	0,97
163	3297,31	1023,58	538,71	173,72	1,02
188	3236,11	293,79	539,06	225,64	1,49
213	2111,50	628,85	481,94	186,82	0,72
239	1988,75	546,90	550,29	176,13	1,45
263	1501,60	697,46	499,68	281,65	1,17
288	1875,60	763,54	591,07	270,00	0,74
314	2158,57	888,63	528,85	355,59	0,73
338	2239,85	808,37	675,98	214,47	0,79
363	3682,91	848,00	639,31	219,94	0,45
388	3580,60	507,37	534,51	259,57	1,47
413	2720,09	500,04	517,07	138,80	0,77
438	1903,76	627,76	465,31	188,33	1,22

464	3167,22	590,70	459,22	129,07	1,68
488	2058,49	641,20	378,97	128,35	0,94
513	1385,09	1173,06	417,10	109,50	0,93
538	2409,20	621,69	449,01	122,92	0,71
563	2462,24	350,29	576,00	140,23	1,49
588	2322,80	689,30	437,33	186,42	2,19
613	2202,39	1932,81	488,94	185,22	1,05
638	3062,04	1578,99	667,77	218,83	1,55
663	1726,68	1493,13	910,35	221,53	1,23
688	2184,99	2068,94	701,47	282,58	2,50
713	2115,18	1883,09	935,37	270,48	1,82
739	1640,73	1776,34	768,12	344,85	1,86
763	1765,83	1616,30	761,72	336,01	2,82
788	1411,85	1414,59	931,54	240,66	1,48
813	3052,09	1215,13	789,04	180,33	1,04
839	2283,32	1433,62	684,47	199,00	1,74
863	2374,86	1836,66	635,04	254,01	1,01
888	1914,18	1033,24	621,84	246,63	2,43
914	1866,33	1430,41	650,30	206,66	1,53
938	1813,81	1533,44	838,56	200,30	0,98
963	1743,76	792,62	897,74	220,84	2,45
988	2083,10	2468,31	727,32	245,58	0,93
1013	2211,79	1242,92	579,03	253,28	1,31
1038	1685,57	1035,78	621,84	211,27	0,79
1064	2039,53	746,37	567,91	194,42	0,77
1088	2619,23	554,02	671,71	113,66	0,79
1113	1937,76	557,64	530,21	118,58	0,71
1138	1538,63	646,01	432,61	125,38	0,60
1163	1777,99	459,32	391,47	181,13	0,82
1188	2716,37	540,87	412,55	167,62	0,61
1213	1711,87	545,53	440,08	153,71	0,89
1238	1668,96	680,46	460,08	193,20	0,47
1263	1501,99	534,25	487,91	179,65	1,33
1289	2110,60	585,32	417,92	252,40	0,86
1313	2298,98	631,62	762,62	228,49	2,47
1338	3305,14	699,91	695,65	288,26	0,65
1364	1573,36	547,95	476,01	241,88	0,53
1388	1513,33	823,91	446,50	323,26	0,73
1413	3361,65	6082,72	635,88	251,00	1,30
1438	2368,80	4545,28	877,83	327,88	3,36
1463	2355,11	2830,79	1375,49	351,13	2,34
1488	1430,32	2523,07	1073,02	345,78	2,73
1513	2420,04	1684,97	1055,09	311,15	2,31
1538	1515,79	2328,05	1177,64	317,52	2,16
1563	1164,69	4101,64	950,94	305,46	2,48
1588	1328,99	3056,44	1044,31	289,38	4,87
1613	1611,73	832,96	1332,84	267,75	5,18
1638	1664,93	732,37	374,68	271,63	1,80
1663	1170,05	460,13	464,55	263,42	2,02
1688	1219,98	442,17	227,52	297,41	3,24
1713	1478,78	616,53	167,61	303,42	1,10
1738	2444,61	670,63	317,20	129,31	0,85
1763	5610,83	480,21	411,42	93,30	1,72
1788	2192,72	558,89	469,91	117,78	0,76
1813	1383,01	286,16	188,74	334,61	1,67
1839	2179,78	458,24	425,12	132,93	0,80
1863	4551,26	453,44	370,91	181,04	0,73
1889	2616,86	494,52	219,98	250,76	1,81

1913	3729,89	298,57	473,91	133,55	1,11
1939	3637,26	330,40	439,39	133,36	1,24
1963	4442,43	485,00	453,40	118,77	1,03
1988	5167,74	414,41	462,13	117,80	0,88
2013	4130,37	874,69	501,93	176,81	0,63
2038	5012,02	1209,46	398,92	124,35	0,86
2063	5230,15	757,69	420,55	146,28	0,53
2100	4467,22	1043,42	394,62	144,64	0,90
2113	5844,64	611,41	289,11	185,30	0,80
2138	8713,71	1246,81	212,61	266,50	3,41
2163	6875,24	6756,71	385,77	283,81	2,38
2189	5793,79	3251,75	406,75	276,89	2,99
2213	4110,23	852,33	398,97	194,46	1,91
2238	3258,90	214,51	310,26	169,87	2,42
2263	3390,19	243,94	306,98	159,16	1,94
2288	3516,29	239,34	323,33	162,30	1,94
2313	3675,00	273,76	271,17	142,80	1,17
2338	3069,33	276,24	266,53	137,93	1,07
2363	3792,37	390,70	240,47	157,52	0,61
2388	4170,29	361,54	274,48	154,63	0,60
2413	3731,99	218,99	385,58	189,83	1,01
2438	5236,85	235,00	362,49	127,34	1,01
2463	3514,09	217,76	396,38	161,15	0,93
2488	2621,09	159,89	389,63	198,62	0,80
2513	3898,13	279,96	328,59	134,28	0,76
2538	3748,94	393,36	230,52	140,83	0,64
2563	2712,56	139,14	512,21	177,05	1,28
2588	3265,12	252,71	329,83	127,24	0,71
2613	3364,26	299,20	580,51	195,04	0,90
2639	4669,09	317,50	309,73	153,37	0,51
2663	3071,25	404,49	275,00	123,26	0,91
2688	3657,50	414,36	243,75	135,08	1,03
2713	5309,99	450,43	246,03	164,53	1,04
2759	5495,87	538,46	299,43	167,14	1,31
2763	4480,89	406,21	286,75	174,15	1,28
2788	2865,84	250,55	301,29	168,98	0,55
2813	2942,20	328,18	363,42	144,53	0,75
2838	5358,47	484,54	254,86	175,63	0,90
2863	4560,63	231,16	359,01	180,13	0,83
2888	2587,11	154,05	369,09	222,90	0,63
2913	3906,79	417,94	320,27	164,12	0,76
2938	511,54	64,27	216,93	293,24	12,10
2963	648,56	60,07	201,56	223,71	8,63

**APÊNDICE X – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE ELMOD PARA O OFFSET -3 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
13	1269,33	2393,86	752,88	406,57	0,86
38	1114,54	2383,65	767,67	240,12	1,43
64	2462,37	964,72	869,05	239,47	1,03
88	1808,9	1862,31	905,79	254,33	0,57
113	3032,2	1049,85	921,68	260,71	1,33
138	2852,6	852,22	1017,05	178,09	1,97
163	2617,67	607,58	800,81	407,41	2,16
189	2879,29	623,51	642,76	251,17	2,40
213	1789,96	669,43	522,4	264,4	0,47

239	2111,31	785,66	447	295,6	1,38
263	1321,41	515,05	597,34	232,01	1,39
288	1561,91	765,63	557,33	210,81	1,53
313	1386,34	845,58	670,22	215,85	1,22
338	3062,83	1140,19	784,89	216,55	1,17
363	2271,3	780,03	703,14	243,38	0,18
388	1609,11	805,8	551,06	251,95	0,78
413	804,37	775,01	647,32	131,55	1,14
438	1141,72	1101,39	707,61	209,43	1,40
463	1117,07	1203,83	670,74	175,27	1,30
488	1173,49	2656,92	510,6	171,91	0,85
513	1981,85	1552,89	471,32	158,29	0,87
538	2809,02	1817,29	466,42	187,84	1,29
563	1124,42	1288,77	642,22	244,05	1,35
589	9858,97	1419,56	617,52	217,15	0,87
614	1307,55	8380,59	935,2	314,05	1,24
639	2887,81	8290,8	841,49	289,1	1,56
663	1525,94	3082,11	779,49	274,52	1,16
688	1513,57	3615,41	1025,46	340,54	2,24
713	1430,32	4390,22	1024,7	280,5	1,87
738	1413,94	2913,4	829,4	374,59	1,49
763	1992,16	4023,67	1185,82	304,85	1,36
789	2920,05	4429,82	891,22	327,61	1,88
813	1328,99	4006,49	884,64	321,54	1,33
838	2325,6	2412,79	899,49	292,72	1,13
864	1480,89	2657,83	788,65	300,47	1,11
888	1130,37	2465,05	673,15	244,99	2,51
913	1269,33	1983,04	760,44	289,44	1,31
938	1986,56	3723,87	790,64	331,81	1,08
963	1515,31	2939,01	912,9	366,62	1,28
988	1166,19	3894,75	786,47	349,27	1,30
1013	1845,82	3063,02	786,86	253,16	1,46
1038	1497,57	1991,84	945,33	293,25	1,02
1063	1895,04	722,62	845,41	188,86	1,98
1088	2452,67	1130,18	616,32	156,39	0,92
1113	2284,68	884,58	490,83	191,64	1,45
1138	3376,46	647,49	427,81	136,35	1,37
1163	3009,25	852,79	431,95	281,13	1,30
1188	1569,87	858,95	606,17	330,01	1,73
1213	1660,2	1031,06	676,05	209,59	1,25
1238	2649,85	859,85	765,18	229,43	1,01
1263	2161,41	571,54	582,35	365,91	1,42
1288	2324,3	1004,45	469,51	186,93	1,87
1288	2085,68	1039,67	413,45	232,2	1,03
1313	1666	1884,19	756,63	263,66	0,61
1338	2055,46	1439,74	862,53	270,93	5,08
1363	2404,92	953,91	661,49	241,95	0,86
1388	1170,26	1544,5	865,54	288,9	2,86
1413	2124,91	3262,15	1434,46	389,06	1,96
1438	1466,08	1894,26	1301,1	365,91	2,00
1463	2992,87	2388,84	1577,91	304,78	1,94
1488	1262,54	5800,84	975,32	336,01	4,73
1513	3319,85	1497,51	1998,03	257,09	2,32
1538	1847,66	2290,19	997,44	344,85	2,12
1563	1427,15	1773,44	942,63	305,46	2,29
1563	2126,48	1786,75	1044,31	321,54	1,95
1589	2204,84	2430,96	1222,72	262,65	2,02
1613	929,69	1989,79	996,84	336,01	10,11

1638	1161,31	411,1	380,08	271,13	1,30
1663	1472,9	368,66	514,95	182,55	1,02
1688	1155,43	424,73	198,3	304,19	0,59
1713	815,54	468,74	211,38	284,41	1,67
1738	903,72	754,79	180,28	321,09	0,88
1763	2014,56	404,24	426,88	116,54	1,32
1788	1731,99	700,53	265,88	135,75	0,59
1813	1854,12	488,26	265,93	155,98	0,98
1839	2321,42	586,68	358,95	134,86	0,65
1863	2101,1	408,69	252,54	255,33	1,50
1888	3006,24	463,99	348,97	130,39	0,68
1913	2298,44	394,14	244,67	257,84	2,20
1938	3596,61	360,27	481,48	95,51	1,61
1963	2498,69	482,16	370,17	134,79	0,59
1988	3424,52	505,71	454,89	113,84	1,03
2014	2850,26	817,46	332,57	161,18	0,64
2038	3136,65	1578,95	359,84	164,71	0,63
2063	3979	693,6	461,53	117,29	0,86
2097	3909,74	270,87	619,19	95,63	1,72
2113	2615,29	282,41	434,31	172,6	0,95
2138	6167,85	5222,02	600,49	230,55	2,99
2163	5915,85	3183,15	440,42	258,01	3,68
2189	3405,48	735,27	370,29	258,76	2,70
2213	4912,46	3228,9	307,14	276,23	2,27
2238	2551,5	276,41	282,29	186,67	1,73
2263	3050,69	257,16	269,22	165,33	1,45
2288	2144,86	256,24	258,04	208,35	0,79
2313	3040,54	330,28	239,35	150,07	0,95
2339	3074,6	340,19	248,8	175,11	0,75
2363	3008,21	194,27	400,32	146,16	1,29
2388	3444,96	562,87	296,85	142,14	0,73
2414	5380,57	220,28	276,49	139,04	1,94
2438	3946,25	330,52	324,95	157,61	0,85
2463	2441,31	252,88	423,01	159,28	0,90
2488	4286,61	437,11	271,35	186,89	0,74
2513	3220,68	235,43	424,94	172,87	0,48
2538	4336,28	261,11	264,73	123,37	1,21
2563	2092,55	172,93	484,86	141,18	0,52
2589	2026,9	169,62	483,77	215,4	0,98
2613	2925,54	335,63	369,92	179,75	1,90
2638	3416,22	344,5	408,83	168,38	0,99
2664	3032,94	463,87	295,66	169,23	0,83
2689	3340,3	320,35	376,03	173,3	0,36
2713	3840,38	352,21	371,44	153,58	1,10
2758	1636,72	482,97	273,93	141,96	1,28
2763	3266,16	391,76	272,43	131,96	0,72
2788	5439,5	249,9	301,35	174,44	0,60
2813	3581,43	276,7	249,89	195,92	0,71
2839	3867,91	140,01	394,45	148,82	1,76
2863	2046,05	122,72	581,7	220,25	4,05
2888	2416,89	190,12	406,26	207,56	0,65
2913	4336,28	337,46	304,06	132,13	0,79
2938	1759,06	158,81	607,02	169,07	0,95
2963	680,98	124,99	230,03	237,86	1,55

**APÊNDICE Y- MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE ELMOD PARA O OFFSET -6 DA PPD A**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	3306,43	1402,70	607,19	185,81	1,87
25	1379,79	1905,83	723,84	237,73	0,51
50	2378,09	1311,40	891,22	206,44	0,31
75	4064,71	1272,47	771,44	270,27	0,49
100	2994,84	1524,19	742,05	285,01	0,89
125	4369,86	1351,54	740,25	251,70	0,83
150	7071,19	738,49	882,83	300,96	0,50
175	2703,79	767,45	609,47	254,87	1,88
200	3223,20	1299,68	732,88	212,98	0,53
225	1964,92	642,98	554,61	192,09	0,78
250	1298,44	782,04	486,76	341,40	1,28
275	1416,93	767,95	474,00	185,00	1,07
301	1903,27	423,58	658,57	288,72	0,88
325	2547,77	468,04	780,13	233,95	0,40
351	3226,12	839,80	515,06	214,41	0,42
375	2343,41	918,14	563,68	215,39	2,10
400	2592,90	585,61	537,34	218,59	0,98
425	1292,11	639,14	617,51	176,15	1,44
450	869,77	692,09	517,18	181,04	0,87
475	2716,22	1049,72	411,74	220,61	1,33
500	5265,75	787,08	514,92	160,88	0,79
525	1087,35	1100,61	494,93	201,93	0,57
551	1011,98	1372,50	413,22	184,89	0,79
575	1444,55	1329,22	555,24	214,41	1,64
600	3698,29	2116,74	714,90	189,29	1,31
625	2006,63	2510,98	627,17	253,03	1,24
650	1298,18	2020,79	734,95	212,67	0,95
675	1581,68	2027,30	852,28	325,56	2,10
700	1932,05	3732,47	913,50	294,81	1,34
726	1992,08	2908,70	708,10	309,19	1,14
750	1332,80	2019,14	971,92	329,58	1,54
775	4978,78	2200,84	1072,42	265,93	0,64
800	3283,80	4128,54	918,90	311,28	0,99
826	2267,50	2640,07	724,27	258,06	0,99
850	2215,90	1114,31	608,42	238,76	0,38
875	1913,88	1402,72	593,45	262,86	1,62
900	1585,23	1469,37	731,88	171,13	1,16
925	3056,04	1629,91	706,71	253,11	0,93
950	1919,67	1514,26	743,62	202,02	1,12
976	2605,41	1861,24	709,36	299,54	0,88
1000	6926,26	2367,18	739,57	240,89	1,09
1025	2158,24	1234,39	761,72	272,11	0,96
1050	1830,95	813,48	651,42	250,91	0,54
1076	2914,84	448,49	633,48	193,51	0,66
1100	2248,59	552,52	479,51	234,13	0,81
1125	2218,54	684,92	516,29	206,37	0,47
1150	2131,31	612,02	562,06	158,49	0,81
1176	1571,69	513,04	459,64	277,88	0,60
1200	1496,61	633,29	567,55	229,34	1,54
1225	2014,56	585,71	782,11	233,89	1,96
1250	1748,17	741,17	650,12	298,04	1,56
1275	3377,73	896,73	667,14	180,56	1,86
1300	4333,63	783,78	566,52	217,12	0,77
1326	2825,39	1263,37	646,31	222,14	1,77
1350	1744,30	1063,29	677,53	260,69	1,76
1375	2702,18	536,87	779,69	227,97	2,35

1400	3091,32	2817,81	1027,34	370,21	0,71
1425	3448,75	2559,50	1008,22	315,70	3,60
1451	1554,17	5588,98	1069,29	358,11	1,93
1476	1461,89	6011,60	1268,19	337,13	2,42
1500	2321,66	1588,40	1239,33	331,81	2,39
1525	1628,98	2822,02	1102,83	360,37	3,89
1550	1434,30	4469,11	1275,14	319,21	2,60
1575	1448,20	3103,36	1092,67	355,86	2,49
1601	1514,12	1165,99	1017,41	303,43	3,97
1625	947,91	2313,05	1042,32	329,17	4,54
1650	1288,38	411,15	409,41	270,48	0,70
1675	936,18	321,64	265,17	324,31	2,02
1701	1204,32	320,14	267,05	296,39	3,80
1725	2079,14	305,38	197,33	288,98	0,97
1750	2711,96	647,18	362,23	127,77	1,66
1775	2039,11	443,40	413,74	136,33	0,83
1800	1468,24	337,92	359,77	201,84	0,80
1825	2642,46	471,41	384,81	119,73	1,97
1850	1388,60	600,63	356,87	152,16	0,88
1875	2570,48	281,79	501,24	149,66	1,01
1900	3057,27	332,40	383,82	126,25	1,16
1925	2924,36	368,10	326,62	161,68	0,73
1951	4103,30	309,54	545,00	97,01	0,83
1975	2350,44	646,23	380,06	178,29	0,34
2000	3679,34	493,70	455,82	126,91	1,14
2025	6748,96	973,39	298,86	163,09	0,68
2050	5720,22	1329,64	429,02	169,69	0,54
2067	4773,42	1084,97	313,09	140,42	0,75
2090	3554,31	904,44	404,15	108,02	0,71
2100	4672,13	431,81	355,06	135,02	0,40
2125	3902,02	384,06	354,56	159,85	0,35
2151	3265,12	300,95	305,70	145,93	0,78
2176	9293,70	405,25	450,71	260,26	1,91
2200	14547,36	1856,65	400,54	258,43	3,97
2225	3494,89	972,53	422,22	269,06	2,61
2250	12075,40	652,80	117,43	286,00	4,57
2275	3583,79	180,61	425,07	132,81	1,89
2301	3192,56	172,77	269,63	184,13	0,77
2325	2791,68	238,65	248,65	154,69	1,07
2350	3591,63	221,43	332,87	160,77	0,38
2375	3801,88	331,00	241,31	154,29	0,66
2401	6203,65	335,27	276,85	171,46	0,76
2425	5380,57	362,09	273,01	178,98	0,30
2450	3744,37	355,26	350,18	159,28	0,69
2475	4989,84	360,96	324,57	164,06	0,40
2500	4542,04	353,72	304,61	167,52	0,80
2525	4093,03	129,24	481,58	159,46	0,62
2550	3150,00	316,08	303,37	139,45	0,57
2575	2799,63	252,30	273,14	178,44	0,81
2600	3850,00	270,47	286,22	127,18	0,51
2625	1632,19	258,91	353,31	241,58	0,83
2651	2650,63	443,99	367,17	242,28	0,41
2675	4891,43	233,97	375,18	163,64	0,94
2700	3906,28	353,81	350,90	191,90	0,62
2726	2866,05	302,29	387,65	161,02	0,98
2750	4769,14	482,54	214,19	141,58	0,47
2776	3681,43	298,16	346,32	140,80	0,80
2800	4983,75	359,55	299,43	133,14	0,61

2825	4144,19	263,79	262,66	126,50	1,13
2851	3632,34	288,36	309,64	166,07	1,24
2875	3157,48	217,57	338,07	126,70	0,95
2900	3674,43	316,98	310,11	136,01	1,46
2925	2525,99	258,34	392,62	186,77	0,48
2950	810,70	85,91	187,43	232,06	11,09

**APÊNDICE Z – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKCAP PARA O OFFSET +3 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
5	4976,00	993,00	159,00	226,00	7,80
25	4260,00	970,00	374,00	294,00	27,70
45	4977,00	999,00	496,00	271,00	22,70
65	4815,00	632,00	468,00	329,00	5,90
85	4977,00	999,00	496,00	271,00	4,80
105	4265,00	908,00	192,00	244,00	1,40
125	4988,00	1000,00	298,00	260,00	3,40
145	4997,00	1000,00	214,00	300,00	3,50
165	4997,00	1000,00	214,00	300,00	4,10
185	2748,00	1000,00	157,00	364,00	12,80
205	4997,00	1000,00	214,00	300,00	4,90
207	4997,00	1000,00	214,00	300,00	3,30
225	4356,00	988,00	230,00	297,00	7,90
245	4998,00	1000,00	201,00	319,00	2,70
266	3721,00	1000,00	162,00	328,00	10,60
286	4998,00	1000,00	201,00	319,00	4,40
305	3608,00	1000,00	454,00	313,00	2,10
306	3608,00	1000,00	454,00	313,00	4,10
326	3215,00	1000,00	282,00	346,00	11,40
345	2244,00	1000,00	421,00	345,00	11,70
368	2994,00	1000,00	219,00	365,00	9,40
385	3581,00	1000,00	496,00	349,00	7,50
426	3215,00	1000,00	282,00	346,00	4,00
446	4888,00	1000,00	430,00	387,00	9,30
465	2694,00	1000,00	265,00	431,00	12,30
485	4986,00	1000,00	491,00	362,00	12,10
506	4277,00	961,00	393,00	328,00	1,30
525	4986,00	1000,00	491,00	362,00	4,60
545	4277,00	961,00	393,00	328,00	3,50
565	2388,00	980,00	246,00	286,00	3,50
585	4998,00	1000,00	499,00	311,00	6,80
605	3224,00	1000,00	491,00	333,00	4,90
625	3209,00	1000,00	413,00	334,00	8,90
645	4926,00	1000,00	496,00	355,00	3,90
665	4053,00	783,00	210,00	410,00	10,80
685	4991,00	1000,00	500,00	470,00	5,50
705	3986,00	1000,00	500,00	456,00	5,30
725	2243,00	1000,00	300,00	484,00	5,80
746	3704,00	1000,00	422,00	414,00	4,80
765	4222,00	580,00	295,00	416,00	2,60
785	2361,00	790,00	198,00	366,00	2,50
806	3184,00	718,00	388,00	354,00	3,10
825	3184,00	718,00	388,00	354,00	3,00
845	1842,00	859,00	244,00	421,00	11,20
868	3184,00	718,00	388,00	354,00	3,60
885	2017,00	930,00	189,00	374,00	13,60

905	3184,00	718,00	388,00	354,00	4,90
926	1842,00	859,00	244,00	446,00	14,50
945	2074,00	965,00	311,00	380,00	3,80
965	1646,00	998,00	199,00	428,00	6,90
987	1053,00	996,00	263,00	397,00	17,10
1005	2074,00	965,00	311,00	380,00	4,20
1025	2193,00	982,00	289,00	391,00	9,20
1045	1287,00	982,00	206,00	346,00	7,20
1065	2306,00	999,00	495,00	404,00	8,20
1086	2875,00	1000,00	495,00	406,00	4,10
1108	2875,00	1000,00	495,00	406,00	3,50
1125	2306,00	999,00	495,00	404,00	4,80
1148	1207,00	1000,00	249,00	400,00	12,50
1165	2875,00	1000,00	495,00	406,00	3,00
1186	2875,00	1000,00	495,00	406,00	3,90
1205	1733,00	1000,00	371,00	384,00	3,60
1225	1733,00	1000,00	371,00	384,00	4,00
1245	1688,00	1000,00	298,00	468,00	9,30
1265	2875,00	1000,00	495,00	406,00	3,30
1285	2875,00	1000,00	495,00	406,00	4,10
1305	3076,00	1000,00	298,00	411,00	3,60
1325	3076,00	1000,00	298,00	411,00	3,80
1345	2631,00	1000,00	175,00	476,00	8,60
1365	3076,00	1000,00	298,00	411,00	2,30
1385	3076,00	1000,00	298,00	411,00	3,70
1407	3087,00	575,00	447,00	356,00	4,20
1426	1770,00	824,00	274,00	356,00	1,70
1445	3087,00	575,00	447,00	356,00	2,50
1465	3087,00	575,00	447,00	356,00	3,20
1486	3087,00	575,00	447,00	356,00	4,00
1505	3087,00	575,00	447,00	356,00	2,40
1525	1258,00	866,00	152,00	419,00	4,10
1546	1559,00	973,00	276,00	467,00	9,80
1565	2197,00	999,00	188,00	499,00	12,30
1585	2197,00	999,00	188,00	499,00	4,70
1607	1379,00	894,00	150,00	474,00	22,00
1625	2973,00	998,00	151,00	500,00	13,50
1645	2973,00	998,00	151,00	500,00	4,40
1666	2041,00	974,00	112,00	479,00	4,40
1686	2041,00	974,00	112,00	479,00	3,10
1705	3237,00	1000,00	181,00	500,00	8,00
1725	2213,00	987,00	139,00	441,00	3,20
1745	1659,00	994,00	120,00	497,00	3,80
1765	3423,00	1000,00	140,00	500,00	1,80
1785	3865,00	1000,00	120,00	495,00	3,70
1807	3865,00	1000,00	120,00	495,00	3,40
1826	1557,00	843,00	190,00	385,00	2,30
1847	2105,00	978,00	112,00	460,00	11,50
1867	1952,00	979,00	144,00	449,00	13,60
1885	3536,00	994,00	154,00	489,00	10,10
1906	2148,00	911,00	379,00	393,00	4,60
1926	2148,00	911,00	379,00	393,00	4,30
1945	3313,00	956,00	240,00	434,00	4,60
1965	3807,00	530,00	343,00	383,00	4,70
1986	4943,00	994,00	428,00	400,00	4,90
2007	2154,00	765,00	222,00	461,00	11,50
2025	4943,00	994,00	428,00	400,00	3,50
2046	4997,00	830,00	496,00	390,00	6,40

2065	2748,00	915,00	298,00	432,00	11,20
2085	3639,00	998,00	287,00	441,00	10,60
2105	3639,00	998,00	287,00	441,00	3,10
2125	2394,00	732,00	473,00	500,00	5,00
2147	3513,00	700,00	474,00	500,00	2,50
2165	1655,00	866,00	286,00	500,00	10,80
2185	2221,00	866,00	286,00	500,00	13,10
2206	3437,00	539,00	367,00	500,00	10,40
2225	2899,00	441,00	486,00	500,00	8,30
2246	2178,00	809,00	368,00	500,00	3,60
2266	3324,00	213,00	434,00	500,00	21,60
2285	3744,00	480,00	434,00	500,00	13,60
2305	3206,00	480,00	399,00	500,00	27,90
2326	4510,00	315,00	450,00	497,00	7,70
2346	4206,00	317,00	480,00	472,00	32,40
2365	2849,00	494,00	493,00	500,00	9,40
2386	4585,00	551,00	498,00	500,00	12,30
2406	4974,00	938,00	500,00	500,00	18,30
2425	4812,00	995,00	497,00	453,00	11,90
2445	4988,00	999,00	207,00	499,00	27,20
2465	2958,00	984,00	324,00	483,00	22,90
2485	4812,00	995,00	497,00	453,00	4,40
2506	3777,00	998,00	298,00	434,00	18,20
2525	1312,00	163,00	497,00	383,00	11,90
2546	1487,00	156,00	498,00	350,00	13,60

**APÊNDICE AA – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKCAP PARA O OFFSET +6 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	4910,00	973,00	447,00	276,00	20,10
20	4433,00	911,00	471,00	250,00	12,50
40	4986,00	997,00	499,00	263,00	24,70
60	4468,00	953,00	447,00	295,00	7,50
80	4965,00	994,00	361,00	269,00	10,90
100	4190,00	999,00	171,00	237,00	5,00
120	4859,00	606,00	287,00	239,00	7,30
140	4571,00	946,00	472,00	264,00	10,20
160	4786,00	973,00	396,00	277,00	4,30
180	4786,00	973,00	396,00	277,00	4,70
200	4976,00	989,00	415,00	280,00	5,10
220	4982,00	993,00	500,00	294,00	11,30
240	4991,00	996,00	500,00	281,00	5,50
260	3536,00	996,00	300,00	289,00	10,70
280	4991,00	996,00	500,00	281,00	4,60
300	2653,00	998,00	300,00	283,00	4,60
320	4991,00	996,00	500,00	281,00	3,10
340	4991,00	996,00	500,00	281,00	4,10
360	4991,00	996,00	500,00	281,00	3,30
380	3685,00	997,00	272,00	325,00	6,90
400	3685,00	997,00	272,00	325,00	4,60
420	2703,00	1000,00	371,00	320,00	6,40
440	2987,00	1000,00	155,00	326,00	4,70
460	4054,00	1000,00	326,00	350,00	3,90
480	4551,00	1000,00	238,00	371,00	10,90
500	3359,00	1000,00	489,00	359,00	12,10
520	2698,00	1000,00	388,00	318,00	4,70

540	3478,00	1000,00	388,00	330,00	6,60
560	2418,00	1000,00	474,00	309,00	7,90
580	1736,00	1000,00	410,00	282,00	9,20
600	1587,00	1000,00	272,00	259,00	4,60
620	3243,00	891,00	497,00	274,00	5,30
640	1593,00	993,00	498,00	295,00	8,50
660	3939,00	997,00	232,00	331,00	8,30
680	3939,00	997,00	232,00	331,00	2,00
700	3237,00	1000,00	211,00	385,00	7,60
720	4735,00	999,00	383,00	385,00	4,10
740	4983,00	1000,00	493,00	376,00	8,00
760	2618,00	1000,00	242,00	401,00	5,60
780	4983,00	1000,00	493,00	376,00	3,70
800	2422,00	992,00	165,00	334,00	3,70
820	2056,00	996,00	253,00	327,00	4,60
840	2983,00	918,00	229,00	350,00	1,70
860	3110,00	954,00	337,00	298,00	3,30
880	2974,00	959,00	257,00	358,00	4,10
900	2745,00	980,00	441,00	349,00	4,00
920	2579,00	990,00	270,00	342,00	5,40
940	2974,00	959,00	257,00	358,00	3,20
960	2624,00	974,00	294,00	408,00	8,40
980	4349,00	769,00	352,00	343,00	2,20
1000	3820,00	884,00	385,00	369,00	2,70
1020	4349,00	769,00	352,00	343,00	3,40
1040	4349,00	769,00	352,00	343,00	3,60
1060	2633,00	993,00	495,00	328,00	9,10
1080	2633,00	993,00	495,00	328,00	3,60
1100	4097,00	899,00	500,00	363,00	11,10
1120	2110,00	999,00	499,00	375,00	12,20
1140	2680,00	1000,00	500,00	369,00	10,00
1160	2680,00	1000,00	500,00	369,00	4,90
1180	3121,00	1000,00	415,00	377,00	7,90
1200	3121,00	1000,00	415,00	377,00	4,40
1220	3649,00	1000,00	353,00	388,00	6,80
1240	3121,00	1000,00	415,00	377,00	4,80
1260	3121,00	1000,00	415,00	377,00	2,80
1280	2654,00	1000,00	343,00	416,00	8,20
1300	1571,00	1000,00	222,00	469,00	11,50
1320	4835,00	1000,00	205,00	462,00	2,60
1340	2668,00	1000,00	152,00	445,00	5,70
1360	2668,00	1000,00	152,00	445,00	3,30
1380	2668,00	1000,00	152,00	445,00	4,90
1400	2490,00	1000,00	150,00	469,00	7,90
1420	3806,00	930,00	272,00	375,00	1,30
1440	3806,00	930,00	272,00	375,00	3,70
1460	3806,00	930,00	272,00	375,00	4,00
1480	3806,00	930,00	272,00	375,00	2,90
1500	1869,00	982,00	439,00	354,00	4,70
1520	3806,00	930,00	272,00	375,00	4,30
1540	4013,00	987,00	230,00	374,00	5,30
1560	3806,00	930,00	272,00	375,00	3,60
1580	4504,00	895,00	186,00	427,00	4,00
1600	3860,00	974,00	277,00	497,00	2,90
1600	3254,00	766,00	292,00	499,00	6,70
1620	1912,00	452,00	203,00	500,00	5,70
1640	2026,00	229,00	484,00	500,00	13,20
1660	2081,00	378,00	496,00	487,00	4,50

1680	2026,00	229,00	484,00	500,00	2,70
1700	1344,00	753,00	292,00	409,00	4,70
1720	3067,00	542,00	447,00	465,00	4,30
1740	1905,00	671,00	196,00	439,00	4,70
1760	1843,00	216,00	498,00	375,00	4,90
1780	2616,00	212,00	395,00	386,00	2,90
1800	3178,00	228,00	472,00	397,00	2,10
1820	3178,00	228,00	472,00	397,00	4,60
1840	2322,00	189,00	486,00	376,00	3,60
1860	4842,00	248,00	423,00	377,00	3,30
1880	4960,00	492,00	336,00	403,00	4,60
1900	4980,00	676,00	258,00	432,00	2,90
1920	4842,00	248,00	423,00	377,00	4,60
1940	4751,00	515,00	262,00	397,00	1,00
1960	3918,00	714,00	416,00	387,00	6,60
1980	4392,00	985,00	202,00	413,00	5,00
2000	4962,00	712,00	435,00	402,00	5,00
2020	4848,00	875,00	421,00	408,00	2,90
2040	4848,00	875,00	421,00	408,00	4,20
2060	1767,00	998,00	493,00	384,00	13,20
2080	1767,00	998,00	493,00	384,00	4,50
2100	1085,00	1000,00	494,00	414,00	7,20
2120	3019,00	878,00	397,00	497,00	4,10
2140	1189,00	1000,00	253,00	490,00	5,70
2160	3019,00	878,00	397,00	497,00	4,50
2180	4623,00	514,00	448,00	475,00	12,70
2200	2033,00	575,00	427,00	494,00	6,90
2220	3595,00	362,00	464,00	487,00	4,80
2240	3562,00	256,00	482,00	494,00	14,20
2260	4702,00	256,00	482,00	463,00	12,70
2280	4825,00	256,00	482,00	494,00	13,80
2300	4298,00	256,00	482,00	494,00	24,70
2320	4649,00	203,00	491,00	497,00	25,40
2340	4649,00	203,00	491,00	481,00	16,40
2360	4824,00	176,00	496,00	490,00	28,50
2380	4912,00	163,00	498,00	495,00	31,60
2400	4912,00	163,00	498,00	495,00	25,70
2420	4283,00	403,00	473,00	483,00	26,70
2440	4821,00	213,00	493,00	391,00	26,20
2460	4989,00	997,00	500,00	435,00	28,00
2480	3150,00	999,00	287,00	490,00	26,40
2500	2744,00	998,00	300,00	468,00	23,70
2520	1774,00	152,00	500,00	367,00	22,10
2540	942,00	151,00	500,00	347,00	14,30
2560	1516,00	150,00	500,00	376,00	16,00

**APÊNDICE AB – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKCAP PARA O OFFSET -3 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
5	2908,00	973,00	126,00	282,00	19,30
25	4070,00	899,00	467,00	258,00	20,30
45	3096,00	997,00	493,00	253,00	22,90
65	4968,00	997,00	469,00	313,00	5,90
85	4535,00	950,00	284,00	269,00	4,90
105	3738,00	795,00	168,00	249,00	4,20
125	4991,00	990,00	159,00	257,00	4,10

145	4166,00	1000,00	301,00	287,00	7,40
165	4166,00	1000,00	301,00	287,00	9,00
185	3944,00	1000,00	253,00	310,00	3,70
205	4166,00	1000,00	301,00	287,00	4,90
225	4166,00	1000,00	301,00	287,00	3,60
245	3542,00	984,00	159,00	324,00	9,20
265	2300,00	1000,00	262,00	332,00	13,30
285	3333,00	986,00	387,00	307,00	8,50
305	3467,00	967,00	358,00	321,00	7,70
325	3558,00	993,00	386,00	302,00	7,10
345	2716,00	999,00	266,00	354,00	11,80
365	2813,00	1000,00	200,00	356,00	9,90
385	4971,00	1000,00	496,00	358,00	10,00
405	4971,00	1000,00	496,00	358,00	3,80
425	4993,00	1000,00	499,00	389,00	14,40
445	3703,00	1000,00	371,00	389,00	12,00
465	4959,00	1000,00	496,00	377,00	12,30
485	4990,00	1000,00	471,00	383,00	10,90
505	4119,00	1000,00	500,00	365,00	11,30
525	4945,00	1000,00	500,00	377,00	17,60
545	4877,00	1000,00	500,00	354,00	12,00
565	4972,00	1000,00	405,00	342,00	10,90
585	3428,00	470,00	497,00	308,00	9,70
605	4993,00	951,00	500,00	309,00	17,00
625	1540,00	992,00	394,00	323,00	4,80
645	4999,00	994,00	500,00	369,00	12,90
665	4604,00	998,00	309,00	368,00	12,60
685	4988,00	1000,00	494,00	424,00	10,90
705	2744,00	1000,00	297,00	462,00	14,40
725	3753,00	1000,00	302,00	490,00	14,30
745	3871,00	1000,00	496,00	441,00	13,10
766	4736,00	986,00	432,00	451,00	7,30
785	4887,00	776,00	468,00	365,00	9,40
805	4887,00	776,00	468,00	365,00	7,00
825	2618,00	993,00	266,00	379,00	9,60
845	1787,00	972,00	404,00	414,00	4,40
865	4887,00	776,00	468,00	365,00	9,10
885	2694,00	888,00	284,00	392,00	7,30
905	2694,00	888,00	284,00	377,00	13,00
925	2694,00	888,00	284,00	392,00	11,00
945	2129,00	994,00	348,00	360,00	7,00
965	1820,00	994,00	427,00	394,00	9,80
985	2267,00	1000,00	495,00	424,00	10,30
1005	2456,00	973,00	379,00	450,00	16,60
1026	3378,00	1000,00	499,00	385,00	9,10
1045	3070,00	1000,00	499,00	459,00	11,80
1065	3043,00	1000,00	182,00	411,00	9,20
1085	3373,00	1000,00	424,00	372,00	3,50
1105	2372,00	1000,00	491,00	391,00	12,10
1125	3391,00	985,00	303,00	415,00	12,40
1145	2161,00	999,00	252,00	454,00	12,30
1165	2600,00	999,00	320,00	449,00	10,10
1185	4373,00	999,00	488,00	438,00	4,80
1205	2436,00	1000,00	294,00	490,00	14,90
1225	3033,00	1000,00	294,00	418,00	6,50
1245	4699,00	1000,00	488,00	410,00	6,80
1265	3063,00	1000,00	226,00	373,00	8,90
1285	4699,00	1000,00	488,00	410,00	2,80

1305	2776,00	1000,00	165,00	450,00	7,60
1325	2600,00	1000,00	294,00	486,00	7,90
1345	2776,00	1000,00	165,00	450,00	4,00
1366	4400,00	911,00	240,00	413,00	4,00
1385	1638,00	1000,00	132,00	475,00	8,90
1405	2680,00	997,00	492,00	444,00	8,60
1425	2525,00	1000,00	269,00	435,00	5,00
1445	3361,00	706,00	397,00	357,00	2,20
1465	2368,00	853,00	248,00	381,00	4,30
1485	3060,00	937,00	492,00	377,00	3,40
1505	3327,00	996,00	243,00	368,00	8,60
1525	1640,00	996,00	454,00	419,00	13,90
1545	2354,00	998,00	455,00	406,00	12,90
1565	2305,00	998,00	277,00	440,00	2,90
1585	2603,00	1000,00	406,00	498,00	19,30
1605	3747,00	1000,00	433,00	499,00	17,60
1625	3084,00	993,00	156,00	500,00	5,60
1646	1666,00	999,00	347,00	458,00	24,00
1665	2577,00	947,00	176,00	460,00	28,10
1685	4349,00	751,00	328,00	496,00	11,60
1705	4349,00	751,00	328,00	496,00	4,40
1726	3064,00	938,00	157,00	499,00	11,50
1746	4349,00	751,00	328,00	496,00	3,50
1766	4980,00	992,00	196,00	476,00	8,90
1785	4980,00	992,00	196,00	476,00	2,70
1805	2740,00	996,00	148,00	488,00	9,90
1825	4947,00	585,00	480,00	497,00	5,60
1845	4990,00	571,00	378,00	420,00	11,60
1865	4780,00	824,00	486,00	428,00	5,20
1885	4972,00	978,00	348,00	452,00	6,00
1906	4972,00	978,00	348,00	452,00	2,60
1925	4912,00	937,00	387,00	485,00	1,50
1945	4972,00	978,00	348,00	452,00	4,30
1965	4972,00	978,00	348,00	452,00	3,50
1985	4972,00	978,00	348,00	452,00	4,10
2005	4972,00	978,00	348,00	452,00	4,10
2025	4979,00	984,00	307,00	459,00	6,40
2045	2736,00	989,00	224,00	476,00	12,30
2066	4986,00	992,00	378,00	413,00	5,10
2085	4967,00	993,00	357,00	441,00	6,90
2105	4998,00	999,00	497,00	378,00	9,20
2125	4999,00	1000,00	298,00	371,00	1,40
2146	4984,00	572,00	428,00	449,00	6,30
2165	4984,00	572,00	428,00	492,00	10,80
2185	4984,00	572,00	428,00	492,00	3,30
2205	4984,00	572,00	428,00	492,00	4,90
2225	4984,00	572,00	428,00	492,00	2,60
2246	2742,00	786,00	264,00	496,00	4,50
2265	1167,00	958,00	271,00	498,00	15,50
2285	4984,00	572,00	428,00	492,00	3,40
2305	4992,00	361,00	464,00	496,00	11,10
2326	3936,00	467,00	324,00	500,00	6,60
2346	3409,00	681,00	242,00	500,00	15,40
2365	4629,00	308,00	412,00	500,00	10,50
2385	4468,00	308,00	412,00	500,00	27,60
2405	4994,00	364,00	494,00	499,00	22,40
2425	3993,00	562,00	493,00	494,00	11,10
2445	4998,00	993,00	299,00	441,00	19,20

2465	3784,00	996,00	200,00	467,00	16,80
2486	4262,00	993,00	498,00	500,00	26,60
2505	4992,00	997,00	498,00	433,00	25,30
2525	4816,00	998,00	421,00	432,00	21,40
2545	2322,00	151,00	500,00	370,00	16,40

**APÊNDICE AC – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKCAP PARA O OFFSET -6 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	4662,00	788,00	353,00	283,00	14,70
20	974,00	997,00	495,00	250,00	12,30
40	1879,00	813,00	434,00	372,00	23,80
60	4831,00	562,00	426,00	315,00	10,90
80	4963,00	311,00	496,00	243,00	10,20
100	4963,00	311,00	496,00	243,00	4,00
120	2228,00	878,00	253,00	230,00	2,50
140	2732,00	656,00	253,00	265,00	8,50
160	1386,00	997,00	407,00	261,00	8,90
180	2539,00	999,00	330,00	279,00	5,90
200	2539,00	999,00	330,00	279,00	4,20
220	2403,00	574,00	377,00	264,00	3,00
240	2539,00	999,00	330,00	279,00	3,80
262	1800,00	1000,00	267,00	304,00	9,00
280	2785,00	1000,00	193,00	314,00	8,40
300	2757,00	1000,00	172,00	305,00	9,60
320	3037,00	1000,00	173,00	318,00	7,00
340	2851,00	967,00	275,00	340,00	8,60
360	2851,00	967,00	275,00	340,00	4,90
380	2615,00	999,00	494,00	338,00	9,10
400	1862,00	992,00	197,00	319,00	3,50
420	4985,00	994,00	413,00	355,00	10,60
440	2742,00	997,00	212,00	398,00	10,60
460	4985,00	994,00	413,00	355,00	3,80
480	2742,00	997,00	309,00	335,00	2,20
500	4996,00	998,00	500,00	368,00	10,70
520	2084,00	1000,00	367,00	347,00	9,40
540	2742,00	997,00	309,00	335,00	2,80
560	2742,00	997,00	309,00	335,00	3,60
580	3551,00	999,00	355,00	308,00	5,50
600	4125,00	1000,00	484,00	307,00	1,90
620	3551,00	999,00	355,00	308,00	4,90
640	4961,00	761,00	489,00	327,00	14,20
660	3951,00	417,00	500,00	338,00	13,30
680	2384,00	987,00	455,00	409,00	6,90
700	4175,00	931,00	478,00	405,00	5,70
720	3459,00	999,00	497,00	462,00	5,90
740	4948,00	1000,00	500,00	436,00	13,30
760	4948,00	1000,00	500,00	436,00	2,40
780	2724,00	1000,00	255,00	404,00	4,40
800	2724,00	1000,00	255,00	404,00	4,00
820	1757,00	1000,00	249,00	348,00	2,90
840	2370,00	1000,00	239,00	457,00	6,50
860	2342,00	915,00	237,00	366,00	1,40
880	2342,00	915,00	237,00	366,00	3,30
900	1116,00	999,00	185,00	355,00	9,00
920	1586,00	993,00	210,00	407,00	13,70

940	2252,00	999,00	343,00	325,00	8,80
960	2511,00	1000,00	488,00	371,00	4,90
980	4119,00	1000,00	498,00	422,00	10,50
1000	4994,00	999,00	499,00	379,00	6,70
1020	4997,00	574,00	500,00	306,00	8,70
1040	4560,00	888,00	499,00	408,00	9,30
1060	4098,00	995,00	496,00	355,00	8,40
1080	4995,00	743,00	493,00	363,00	10,10
1100	4200,00	991,00	495,00	387,00	15,40
1120	3333,00	999,00	499,00	379,00	18,80
1140	4600,00	492,00	498,00	392,00	29,10
1160	4950,00	465,00	500,00	391,00	10,10
1180	4710,00	898,00	439,00	429,00	4,60
1200	2113,00	949,00	270,00	444,00	13,10
1220	3125,00	997,00	497,00	421,00	8,30
1182	3531,00	1000,00	283,00	443,00	8,10
1200	3064,00	1000,00	394,00	384,00	6,00
1220	2963,00	998,00	498,00	424,00	7,10
1240	3308,00	1000,00	285,00	388,00	5,50
1260	3132,00	899,00	313,00	373,00	2,70
1280	3132,00	899,00	313,00	373,00	4,80
1300	3132,00	899,00	313,00	373,00	3,90
1320	3132,00	899,00	313,00	373,00	2,50
1340	3290,00	432,00	177,00	382,00	4,60
1360	3413,00	342,00	256,00	401,00	3,10
1380	2495,00	618,00	220,00	391,00	3,70
1400	2480,00	862,00	350,00	385,00	3,90
1420	1746,00	994,00	453,00	419,00	6,00
1440	4763,00	1000,00	458,00	411,00	4,40
1460	4404,00	415,00	442,00	353,00	11,90
1480	4195,00	730,00	478,00	354,00	4,70
1500	3532,00	932,00	494,00	417,00	3,90
1520	4404,00	415,00	442,00	353,00	4,70
1540	4404,00	415,00	442,00	353,00	3,30
1560	2452,00	708,00	271,00	430,00	5,00
1580	1510,00	927,00	191,00	466,00	12,70
1600	2019,00	998,00	191,00	499,00	13,70
1620	1375,00	910,00	130,00	470,00	2,00
1640	1757,00	999,00	138,00	500,00	25,10
1660	1771,00	1000,00	257,00	500,00	4,60
1680	4319,00	642,00	469,00	500,00	21,00
1700	2380,00	1000,00	185,00	499,00	2,90
1720	1533,00	1000,00	142,00	500,00	14,10
1741	4319,00	642,00	469,00	500,00	3,90
1760	4986,00	209,00	493,00	396,00	9,30
1780	4660,00	396,00	484,00	408,00	15,70
1800	3621,00	745,00	295,00	428,00	1,00
1820	3154,00	872,00	198,00	493,00	3,20
1840	4442,00	872,00	198,00	426,00	3,60
1860	4442,00	872,00	198,00	426,00	3,70
1880	2471,00	936,00	149,00	463,00	2,50
1900	4916,00	151,00	496,00	478,00	5,80
1920	2471,00	936,00	149,00	463,00	3,10
1940	4571,00	241,00	469,00	422,00	5,90
1960	2471,00	936,00	149,00	463,00	3,80
1980	4995,00	152,00	499,00	365,00	11,70
2000	2819,00	968,00	206,00	452,00	4,70
2020	4406,00	575,00	268,00	453,00	3,80

2040	4926,00	512,00	493,00	395,00	5,70
2040	4926,00	512,00	493,00	395,00	2,40
2060	3465,00	756,00	296,00	371,00	4,10
2080	4926,00	512,00	493,00	395,00	5,00
2100	4982,00	975,00	353,00	356,00	3,20
2120	2591,00	973,00	178,00	365,00	4,10
2140	4963,00	331,00	496,00	448,00	6,20
2160	2732,00	240,00	498,00	450,00	10,00
2180	1616,00	620,00	299,00	475,00	5,10
2200	4982,00	240,00	498,00	474,00	9,00
2220	3478,00	172,00	500,00	481,00	6,10
2240	4097,00	195,00	499,00	496,00	6,30
2260	4688,00	235,00	482,00	481,00	11,70
2280	2231,00	337,00	498,00	500,00	5,30
2300	4844,00	192,00	491,00	495,00	9,90
2320	4868,00	171,00	496,00	498,00	13,50
2340	4269,00	160,00	498,00	499,00	15,30
2360	3785,00	177,00	476,00	493,00	17,20
2380	4784,00	160,00	498,00	499,00	19,20
2400	4934,00	160,00	498,00	499,00	34,80
2420	3853,00	163,00	491,00	473,00	21,30
2440	5000,00	235,00	500,00	469,00	22,00
2460	4316,00	997,00	185,00	461,00	14,80
2480	4402,00	934,00	297,00	495,00	27,50
2500	2723,00	999,00	496,00	500,00	21,00
2520	4200,00	999,00	295,00	500,00	27,20
2540	1398,00	152,00	500,00	391,00	17,70
2560	1415,00	152,00	500,00	385,00	13,00
2580	1320,00	150,00	500,00	335,00	18,30

**APÊNDICE AD – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKMEDINA PARA O OFFSET +3 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
5	5877,00	2243,00	87,00	288,00	1,26
25	6278,00	9818,00	271,00	354,00	5,44
45	7232,00	2351,00	1517,00	325,00	0,94
65	7447,00	618,00	494,00	392,00	0,83
85	5414,00	3411,00	79,00	376,00	1,04
105	4352,00	1237,00	94,00	313,00	1,02
125	9404,00	1096,00	109,00	337,00	1,27
145	5415,00	1311,00	185,00	358,00	1,12
165	3849,00	1317,00	150,00	350,00	1,50
185	1636,00	5612,00	147,00	393,00	1,69
205	6045,00	1334,00	198,00	350,00	1,32
207	2609,00	1396,00	251,00	350,00	1,38
225	4750,00	2015,00	197,00	354,00	1,71
245	6656,00	916,00	190,00	378,00	1,43
266	3737,00	2830,00	119,00	403,00	1,65
286	4810,00	1498,00	193,00	367,00	1,11
305	3774,00	1233,00	359,00	373,00	0,92
306	1751,00	6590,00	88,00	449,00	1,83
326	3347,00	3045,00	233,00	412,00	1,16
345	2261,00	4608,00	266,00	419,00	1,71
368	3038,00	2558,00	169,00	442,00	1,33
385	3628,00	2319,00	355,00	419,00	2,20
426	1954,00	1331,00	211,00	407,00	1,45

446	9177,00	1508,00	352,00	459,00	1,36
465	1354,00	3982,00	489,00	433,00	2,57
485	8134,00	1642,00	656,00	423,00	1,32
506	4437,00	1089,00	288,00	397,00	1,11
525	5718,00	1502,00	337,00	407,00	1,23
545	3917,00	1146,00	420,00	359,00	1,04
565	1766,00	950,00	193,00	342,00	0,87
585	5352,00	1209,00	716,00	368,00	0,97
605	3609,00	1244,00	546,00	387,00	1,41
625	3301,00	2634,00	329,00	397,00	1,50
645	6825,00	934,00	482,00	423,00	1,67
665	1060,00	4396,00	229,00	495,00	2,73
685	6110,00	1000,00	637,00	552,00	0,94
705	4560,00	990,00	734,00	526,00	1,64
725	1578,00	1744,00	281,00	532,00	2,22
746	5832,00	997,00	339,00	507,00	1,12
765	4206,00	764,00	245,00	500,00	1,47
785	1919,00	1501,00	116,00	454,00	1,80
806	3040,00	1145,00	204,00	455,00	2,43
825	2277,00	2311,00	143,00	454,00	1,74
845	1256,00	3830,00	234,00	461,00	3,23
868	2101,00	2927,00	118,00	485,00	1,31
885	2257,00	3233,00	141,00	462,00	1,62
905	1357,00	2500,00	147,00	442,00	1,49
926	1457,00	7360,00	118,00	595,00	2,27
945	2068,00	1535,00	221,00	461,00	2,03
965	1854,00	1295,00	245,00	483,00	1,76
987	1341,00	3663,00	358,00	443,00	3,24
1005	2093,00	1472,00	252,00	462,00	2,16
1025	2292,00	2516,00	235,00	468,00	0,86
1045	1073,00	2388,00	197,00	393,00	2,01
1065	2548,00	910,00	1130,00	471,00	1,48
1086	3425,00	1146,00	510,00	471,00	1,03
1108	7151,00	286,00	1802,00	471,00	1,35
1125	2777,00	1345,00	206,00	483,00	1,20
1148	1427,00	3089,00	216,00	474,00	3,05
1165	2112,00	1782,00	271,00	513,00	1,56
1186	2322,00	1369,00	227,00	506,00	1,34
1205	2118,00	1142,00	330,00	456,00	1,52
1225	2647,00	876,00	321,00	465,00	1,68
1245	1512,00	3493,00	210,00	546,00	1,54
1265	2977,00	1518,00	176,00	524,00	1,47
1285	3147,00	1294,00	190,00	546,00	1,22
1305	3434,00	1545,00	142,00	513,00	1,10
1325	1947,00	2168,00	119,00	553,00	2,06
1345	2767,00	1891,00	167,00	560,00	1,18
1365	2957,00	1111,00	205,00	512,00	1,33
1385	2270,00	2095,00	190,00	525,00	1,63
1407	2838,00	626,00	257,00	449,00	1,99
1426	2162,00	831,00	188,00	427,00	1,16
1445	3874,00	568,00	397,00	413,00	0,86
1465	2160,00	1056,00	275,00	417,00	2,02
1486	2071,00	1095,00	252,00	449,00	1,79
1505	1849,00	1431,00	178,00	455,00	0,80
1525	1155,00	1167,00	140,00	473,00	2,05
1546	1658,00	2790,00	210,00	569,00	0,95
1565	2242,00	1952,00	167,00	665,00	1,31
1585	2167,00	1692,00	138,00	596,00	1,82

1607	1932,00	2658,00	96,00	744,00	5,11
1625	3088,00	1029,00	151,00	690,00	3,20
1645	1918,00	1188,00	187,00	541,00	3,34
1666	2295,00	1082,00	113,00	516,00	3,16
1686	2504,00	639,00	127,00	561,00	1,81
1705	3123,00	2036,00	119,00	673,00	5,10
1725	2403,00	904,00	172,00	495,00	2,82
1745	1874,00	973,00	106,00	560,00	1,69
1765	3723,00	942,00	131,00	576,00	1,77
1785	4231,00	1284,00	111,00	560,00	3,40
1807	3151,00	821,00	224,00	489,00	3,23
1826	1686,00	1026,00	136,00	473,00	2,87
1847	2200,00	2868,00	89,00	557,00	4,85
1867	2215,00	2032,00	239,00	474,00	3,71
1885	4020,00	1758,00	183,00	546,00	3,95
1906	2671,00	1421,00	144,00	485,00	3,42
1926	2075,00	2165,00	106,00	521,00	4,31
1945	5483,00	822,00	212,00	507,00	1,53
1965	4907,00	142,00	999,00	479,00	2,31
1986	6302,00	1211,00	432,00	465,00	1,03
2007	1516,00	4617,00	116,00	497,00	2,03
2025	3325,00	3347,00	109,00	536,00	1,51
2046	6977,00	985,00	468,00	465,00	0,97
2065	1398,00	3743,00	542,00	423,00	1,25
2085	3969,00	2340,00	332,00	501,00	1,17
2105	4921,00	277,00	1159,00	513,00	1,80
2125	2485,00	708,00	736,00	580,00	0,84
2147	4550,00	458,00	629,00	587,00	1,98
2165	1991,00	825,00	322,00	636,00	1,82
2185	2436,00	981,00	323,00	651,00	2,24
2206	4581,00	371,00	520,00	644,00	2,56
2225	2744,00	225,00	1612,00	643,00	1,95
2246	2332,00	643,00	454,00	594,00	1,74
2266	3970,00	375,00	497,00	659,00	1,86
2285	4934,00	204,00	2691,00	692,00	2,40
2305	3681,00	224,00	885,00	839,00	1,43
2326	4220,00	211,00	3918,00	609,00	1,51
2346	5607,00	296,00	3119,00	692,00	1,95
2365	3018,00	391,00	1309,00	612,00	1,67
2386	5211,00	741,00	355,00	675,00	2,00
2406	5697,00	918,00	1014,00	659,00	1,64
2425	4908,00	1804,00	936,00	532,00	0,87
2445	5281,00	7919,00	334,00	559,00	1,93
2465	3534,00	8946,00	257,00	567,00	2,35
2485	6282,00	286,00	3607,00	514,00	4,85
2506	4337,00	6938,00	173,00	519,00	1,44
2525	1018,00	145,00	3377,00	488,00	1,48
2546	945,00	114,00	3884,00	450,00	1,55

**APÊNDICE AE – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKMEDINA PARA O OFFSET +6 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	6785,00	6879,00	295,00	327,00	1,61
20	5419,00	3492,00	151,00	337,00	0,69
40	17044,00	2129,00	1044,00	305,00	0,97
60	5235,00	1990,00	348,00	350,00	1,32

80	11718,00	1336,00	320,00	317,00	1,28
100	3915,00	2197,00	87,00	308,00	1,36
120	11637,00	657,00	118,00	309,00	1,83
140	10302,00	878,00	554,00	317,00	1,47
160	6184,00	1467,00	244,00	338,00	1,28
180	3945,00	1966,00	269,00	342,00	1,17
200	8039,00	1133,00	323,00	334,00	1,52
220	13445,00	1242,00	414,00	351,00	0,97
240	10288,00	887,00	369,00	338,00	1,50
260	3816,00	4633,00	86,00	391,00	2,39
280	3153,00	1718,00	230,00	338,00	1,64
300	3079,00	2091,00	119,00	367,00	1,60
320	6680,00	944,00	347,00	346,00	2,07
340	4129,00	1502,00	159,00	362,00	1,69
360	3218,00	1986,00	180,00	372,00	1,46
380	4047,00	1631,00	275,00	379,00	0,94
400	3183,00	1962,00	186,00	378,00	1,41
420	2847,00	1872,00	319,00	378,00	1,44
440	2942,00	1727,00	114,00	403,00	1,17
460	5558,00	1095,00	265,00	422,00	1,65
480	4740,00	2710,00	202,00	443,00	1,08
500	3467,00	2239,00	718,00	423,00	1,28
520	2592,00	2135,00	213,00	393,00	2,05
540	3901,00	1591,00	417,00	383,00	1,04
560	2572,00	2254,00	420,00	363,00	1,57
580	1754,00	3844,00	252,00	341,00	1,63
600	1733,00	1322,00	280,00	301,00	1,47
620	3170,00	1178,00	532,00	330,00	0,79
640	1651,00	2574,00	471,00	346,00	0,98
660	4073,00	2269,00	186,00	398,00	0,94
680	3712,00	1073,00	177,00	394,00	1,52
700	3256,00	2161,00	165,00	467,00	1,59
720	5948,00	1826,00	167,00	498,00	1,75
740	9752,00	1489,00	308,00	459,00	1,69
760	2068,00	2434,00	140,00	473,00	1,39
780	4953,00	2156,00	143,00	525,00	1,41
800	2459,00	1081,00	142,00	418,00	1,16
820	2032,00	1549,00	201,00	403,00	1,63
840	3604,00	954,00	176,00	427,00	1,20
860	2945,00	1365,00	204,00	378,00	1,14
880	2931,00	1664,00	183,00	437,00	0,93
900	2749,00	1233,00	396,00	423,00	1,15
920	2763,00	2126,00	149,00	423,00	0,97
940	2952,00	1580,00	160,00	432,00	1,48
960	2797,00	2311,00	217,00	495,00	1,11
980	5122,00	874,00	254,00	417,00	1,24
1000	3934,00	1183,00	306,00	443,00	1,45
1020	2872,00	1532,00	256,00	402,00	1,42
1040	2763,00	1694,00	251,00	407,00	1,07
1060	2724,00	2244,00	523,00	387,00	1,36
1080	1761,00	2060,00	385,00	383,00	1,21
1100	3667,00	1584,00	701,00	447,00	1,36
1120	2106,00	2397,00	745,00	444,00	1,30
1140	2824,00	1299,00	927,00	434,00	1,09
1160	5806,00	878,00	389,00	433,00	1,17
1180	3277,00	2681,00	261,00	461,00	0,62
1200	3448,00	1329,00	322,00	462,00	1,32
1220	4178,00	1678,00	333,00	456,00	0,97

1240	2886,00	2175,00	259,00	449,00	0,85
1260	2627,00	1656,00	176,00	473,00	1,16
1280	2831,00	2023,00	316,00	489,00	1,56
1300	1950,00	2918,00	145,00	581,00	1,59
1320	5071,00	1246,00	171,00	562,00	1,48
1340	2387,00	1923,00	116,00	539,00	1,94
1360	2057,00	1779,00	123,00	552,00	1,78
1380	2633,00	1413,00	140,00	504,00	1,21
1400	2659,00	1661,00	152,00	546,00	1,61
1420	3862,00	1051,00	205,00	455,00	1,48
1440	4319,00	540,00	385,00	413,00	1,56
1460	2034,00	2035,00	174,00	444,00	2,35
1480	5366,00	730,00	277,00	428,00	1,70
1500	2468,00	1064,00	456,00	409,00	1,77
1520	2258,00	1356,00	300,00	443,00	1,99
1540	4250,00	1397,00	194,00	449,00	3,06
1560	2695,00	2296,00	118,00	522,00	1,27
1580	4375,00	1096,00	101,00	566,00	1,66
1600	3706,00	1484,00	191,00	625,00	1,48
1600	3269,00	900,00	215,00	668,00	1,39
1620	1908,00	522,00	164,00	657,00	1,31
1640	1991,00	339,00	352,00	675,00	1,80
1660	1845,00	983,00	206,00	633,00	2,60
1680	1633,00	519,00	195,00	594,00	1,26
1700	1532,00	957,00	120,00	545,00	1,95
1720	3723,00	1081,00	179,00	609,00	1,71
1740	2252,00	594,00	117,00	553,00	1,19
1760	1703,00	526,00	193,00	473,00	2,32
1780	2822,00	479,00	119,00	510,00	2,42
1800	3233,00	419,00	179,00	494,00	1,83
1820	2973,00	769,00	137,00	525,00	1,82
1840	2265,00	317,00	198,00	477,00	2,05
1860	5876,00	638,00	98,00	528,00	1,54
1880	6701,00	694,00	198,00	498,00	1,31
1900	5460,00	846,00	196,00	532,00	1,60
1920	4052,00	195,00	441,00	461,00	1,90
1940	4593,00	867,00	136,00	510,00	1,02
1960	7486,00	413,00	311,00	501,00	1,76
1980	4391,00	1925,00	140,00	516,00	1,14
2000	8205,00	646,00	310,00	488,00	0,98
2020	6068,00	957,00	307,00	495,00	1,34
2040	6290,00	1190,00	268,00	474,00	0,90
2060	1760,00	3402,00	668,00	459,00	1,83
2080	1269,00	3915,00	233,00	467,00	1,62
2100	1166,00	1632,00	613,00	477,00	1,64
2120	3119,00	888,00	335,00	625,00	1,05
2140	1274,00	1278,00	298,00	560,00	1,39
2160	4464,00	274,00	511,00	601,00	1,72
2180	3638,00	221,00	4290,00	651,00	2,88
2200	2641,00	165,00	3141,00	629,00	2,66
2220	4099,00	154,00	2664,00	617,00	2,72
2240	3340,00	225,00	2085,00	651,00	2,64
2260	3542,00	202,00	4009,00	617,00	2,96
2280	4274,00	198,00	2226,00	675,00	2,10
2300	4280,00	149,00	2910,00	829,00	4,41
2320	4237,00	146,00	1859,00	830,00	3,70
2340	4324,00	206,00	3930,00	626,00	3,91
2360	3849,00	211,00	5506,00	706,00	3,13

2380	5640,00	196,00	2700,00	732,00	2,56
2400	6183,00	225,00	2173,00	732,00	2,02
2420	6728,00	643,00	3886,00	635,00	1,49
2440	4984,00	508,00	5220,00	552,00	4,83
2460	19936,00	481,00	534,00	558,00	0,92
2480	3738,00	10245,00	334,00	559,00	2,44
2500	1732,00	6974,00	1224,00	598,00	5,89
2520	941,00	99,00	5377,00	534,00	6,23
2540	815,00	79,00	5685,00	483,00	4,31
2560	1022,00	65,00	5277,00	483,00	5,26

**APÊNDICE AF – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKMEDINA PARA O OFFSET -3 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
5	3095,00	6200,00	95,00	341,00	1,61
25	8368,00	5683,00	155,00	338,00	0,69
45	3644,00	8187,00	1116,00	286,00	0,97
65	11636,00	707,00	402,00	374,00	1,32
85	6843,00	2386,00	54,00	411,00	1,28
105	3705,00	942,00	124,00	306,00	1,36
125	7265,00	1138,00	181,00	297,00	1,83
145	4173,00	2634,00	196,00	350,00	1,47
165	3969,00	3279,00	65,00	437,00	1,28
185	4112,00	1405,00	205,00	373,00	1,17
205	9678,00	463,00	240,00	362,00	1,52
225	2948,00	2509,00	117,00	387,00	0,97
245	3576,00	2503,00	120,00	397,00	1,50
265	2593,00	3530,00	264,00	384,00	2,39
285	4394,00	3025,00	135,00	403,00	1,64
305	3572,00	2330,00	248,00	388,00	1,60
325	3082,00	3411,00	103,00	423,00	2,07
345	2839,00	3194,00	218,00	422,00	1,69
365	2871,00	2924,00	143,00	442,00	1,46
385	9117,00	1628,00	434,00	423,00	0,94
405	2704,00	3330,00	238,00	455,00	1,41
425	10120,00	2612,00	341,00	471,00	1,44
445	3835,00	3215,00	324,00	462,00	1,17
465	12559,00	1272,00	427,00	459,00	1,65
485	5944,00	2916,00	344,00	459,00	1,08
505	4031,00	2457,00	545,00	438,00	1,28
525	9248,00	2121,00	780,00	442,00	2,05
545	5036,00	2203,00	747,00	418,00	1,04
565	6328,00	2998,00	240,00	424,00	1,57
585	3248,00	710,00	719,00	373,00	1,63
605	12290,00	1016,00	1040,00	369,00	1,47
625	1700,00	1346,00	425,00	373,00	0,79
645	6193,00	1645,00	873,00	434,00	0,98
665	5367,00	2263,00	449,00	418,00	0,94
685	9477,00	1386,00	515,00	507,00	1,52
705	1742,00	3701,00	352,00	548,00	1,59
725	3470,00	6120,00	126,00	681,00	1,75
745	3932,00	2949,00	580,00	519,00	1,69
766	5416,00	1960,00	341,00	539,00	1,39
785	10961,00	531,00	454,00	465,00	1,41
805	2256,00	3214,00	130,00	497,00	1,16

825	2292,00	1646,00	228,00	438,00	1,63
845	1918,00	1551,00	341,00	489,00	1,20
865	2556,00	2151,00	165,00	492,00	1,14
885	2584,00	1345,00	224,00	443,00	0,93
905	1856,00	4048,00	144,00	448,00	1,15
925	2202,00	1927,00	187,00	480,00	0,97
945	2308,00	2002,00	356,00	418,00	1,48
965	1933,00	2602,00	393,00	462,00	1,11
985	2329,00	2813,00	449,00	501,00	1,24
1005	2789,00	4707,00	325,00	533,00	1,45
1026	3249,00	2042,00	518,00	465,00	1,42
1045	3011,00	4103,00	329,00	560,00	1,07
1065	3075,00	3856,00	134,00	509,00	1,36
1085	3188,00	1440,00	354,00	456,00	1,21
1105	2626,00	2351,00	683,00	449,00	1,36
1125	3886,00	2225,00	407,00	471,00	1,30
1145	2453,00	2165,00	325,00	513,00	1,09
1165	2860,00	2090,00	347,00	519,00	1,17
1185	3859,00	2157,00	284,00	552,00	0,62
1205	1303,00	6109,00	159,00	567,00	1,32
1225	3694,00	1463,00	276,00	488,00	0,97
1245	4451,00	2770,00	275,00	507,00	0,85
1265	3128,00	2568,00	161,00	467,00	1,16
1285	4274,00	1231,00	268,00	501,00	1,56
1305	3041,00	1626,00	167,00	524,00	1,59
1325	1923,00	2088,00	179,00	546,00	1,48
1345	3289,00	839,00	160,00	501,00	1,94
1366	5871,00	930,00	208,00	506,00	1,78
1385	741,00	3971,00	142,00	545,00	1,21
1405	2882,00	1467,00	642,00	519,00	1,61
1425	2679,00	1361,00	249,00	513,00	1,48
1445	3183,00	995,00	233,00	438,00	1,56
1465	2877,00	933,00	158,00	449,00	2,35
1485	3070,00	1074,00	489,00	450,00	1,70
1505	3965,00	1318,00	357,00	414,00	1,77
1525	1804,00	4286,00	429,00	489,00	1,99
1545	3053,00	3962,00	210,00	512,00	3,06
1565	3074,00	1371,00	161,00	546,00	1,27
1585	2652,00	7730,00	300,00	633,00	1,66
1605	5364,00	3163,00	317,00	617,00	1,48
1625	3036,00	1613,00	117,00	665,00	1,39
1646	1917,00	4701,00	136,00	784,00	1,31
1665	2742,00	2479,00	142,00	747,00	1,80
1685	6281,00	1291,00	195,00	681,00	2,60
1705	2524,00	2416,00	110,00	681,00	1,26
1726	3293,00	3239,00	90,00	676,00	1,95
1746	4008,00	1373,00	190,00	588,00	1,71
1766	9872,00	693,00	214,00	560,00	1,19
1785	2730,00	1997,00	152,00	581,00	2,32
1805	1812,00	2373,00	237,00	539,00	2,42
1825	7810,00	632,00	320,00	609,00	1,83
1845	10778,00	175,00	1169,00	568,00	1,82
1865	7022,00	925,00	325,00	525,00	2,05
1885	6382,00	1133,00	409,00	525,00	1,54
1906	6583,00	285,00	680,00	547,00	1,31
1925	5354,00	647,00	483,00	566,00	1,60
1945	6083,00	1015,00	141,00	633,00	1,90
1965	8928,00	174,00	1051,00	562,00	1,02

1985	8706,00	186,00	1298,00	541,00	1,76
2005	3507,00	2172,00	128,00	595,00	1,14
2025	7839,00	1072,00	271,00	548,00	0,98
2045	2281,00	6777,00	84,00	610,00	1,34
2066	6388,00	1386,00	303,00	495,00	0,90
2085	6382,00	1782,00	252,00	539,00	1,83
2105	7251,00	1948,00	383,00	453,00	1,62
2125	5949,00	685,00	303,00	433,00	1,64
2146	7548,00	221,00	1357,00	573,00	1,05
2165	6340,00	261,00	2093,00	644,00	1,39
2185	6505,00	197,00	699,00	625,00	1,72
2205	5414,00	370,00	543,00	625,00	2,88
2225	6283,00	194,00	1575,00	609,00	2,66
2246	2508,00	776,00	181,00	641,00	2,72
2265	1999,00	910,00	179,00	737,00	2,64
2285	4789,00	380,00	567,00	601,00	2,96
2305	5146,00	477,00	287,00	692,00	2,10
2326	4160,00	380,00	347,00	645,00	4,41
2346	3626,00	576,00	250,00	719,00	3,70
2365	4419,00	264,00	1088,00	636,00	3,91
2385	6498,00	235,00	3658,00	723,00	3,13
2405	5286,00	681,00	222,00	821,00	2,56
2425	6011,00	377,00	476,00	675,00	2,02
2445	5549,00	4579,00	473,00	500,00	1,49
2465	4415,00	8964,00	28,00	983,00	4,83
2486	4409,00	9005,00	1328,00	569,00	0,92
2505	9945,00	2610,00	1082,00	518,00	2,44
2525	7359,00	6291,00	234,00	539,00	5,89
2545	1392,00	122,00	3977,00	507,00	6,23

**APÊNDICE AG – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BACKMEDINA PARA O OFFSET -6 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	12375,00	2143,00	134,00	362,00	1,59
20	1018,00	6032,00	453,00	294,00	1,15
40	1371,00	5689,00	2219,00	293,00	3,52
60	7229,00	1319,00	221,00	407,00	2,29
80	9684,00	788,00	145,00	317,00	1,84
100	6387,00	704,00	89,00	317,00	1,26
120	2919,00	1117,00	109,00	289,00	1,33
140	1565,00	2979,00	200,00	298,00	1,18
160	1426,00	3890,00	262,00	313,00	1,04
180	2691,00	2390,00	181,00	345,00	1,28
200	3946,00	1330,00	174,00	350,00	1,35
220	2083,00	890,00	156,00	333,00	1,74
240	1464,00	4569,00	76,00	396,00	1,83
262	1843,00	2906,00	189,00	367,00	1,60
280	2800,00	2580,00	135,00	387,00	0,77
300	2908,00	2362,00	151,00	362,00	1,15
320	3099,00	2119,00	124,00	392,00	1,48
340	3060,00	2525,00	183,00	417,00	1,32
360	3091,00	1091,00	229,00	373,00	1,39
380	2584,00	3237,00	355,00	407,00	0,99
400	1907,00	1617,00	138,00	393,00	1,28
420	12115,00	1064,00	439,00	413,00	1,23
440	1349,00	6314,00	142,00	442,00	1,62

460	5667,00	1500,00	299,00	419,00	1,03
480	2213,00	1213,00	297,00	397,00	1,43
500	7178,00	2743,00	303,00	449,00	1,72
520	2216,00	2563,00	336,00	407,00	1,31
540	6119,00	470,00	317,00	393,00	1,30
560	2481,00	1466,00	274,00	373,00	1,28
580	3831,00	1705,00	306,00	363,00	1,57
600	4464,00	1147,00	419,00	363,00	1,29
620	2058,00	934,00	728,00	342,00	2,48
640	6548,00	816,00	954,00	408,00	1,40
660	3720,00	645,00	1042,00	408,00	0,82
680	2490,00	2059,00	371,00	483,00	1,41
700	6553,00	1385,00	247,00	513,00	1,86
720	3695,00	1449,00	527,00	540,00	0,75
740	5506,00	1790,00	830,00	520,00	1,31
760	4621,00	1336,00	361,00	501,00	1,03
780	1871,00	2125,00	200,00	474,00	1,37
800	3317,00	925,00	235,00	449,00	1,06
820	1883,00	1380,00	193,00	417,00	1,35
840	2391,00	1998,00	188,00	553,00	1,13
860	2598,00	1002,00	191,00	438,00	1,33
880	1872,00	2121,00	130,00	454,00	1,56
900	1180,00	2418,00	168,00	418,00	1,16
920	1702,00	4026,00	155,00	497,00	1,95
940	2264,00	3168,00	214,00	398,00	1,74
960	2468,00	1519,00	457,00	444,00	1,40
980	4171,00	1724,00	770,00	501,00	1,36
1000	5132,00	1402,00	584,00	453,00	0,82
1020	5805,00	479,00	761,00	382,00	1,17
1040	6061,00	1386,00	500,00	495,00	1,52
1060	3844,00	1684,00	523,00	433,00	3,06
1080	4973,00	1150,00	707,00	439,00	1,28
1100	4455,00	1435,00	1359,00	459,00	3,23
1120	3318,00	1974,00	1673,00	453,00	1,27
1140	9093,00	817,00	2355,00	476,00	1,17
1160	5611,00	621,00	764,00	465,00	1,23
1180	4502,00	1524,00	329,00	525,00	1,93
1200	2751,00	5291,00	68,00	707,00	2,97
1220	3054,00	2397,00	425,00	506,00	1,73
1182	3630,00	2174,00	231,00	532,00	1,75
1200	3114,00	2046,00	285,00	462,00	1,83
1220	3167,00	1227,00	711,00	495,00	1,15
1240	3542,00	1588,00	269,00	455,00	0,91
1260	3257,00	956,00	288,00	449,00	1,44
1280	1943,00	1466,00	155,00	492,00	0,98
1300	2872,00	1555,00	120,00	491,00	2,67
1320	3193,00	1108,00	183,00	461,00	2,39
1340	3006,00	744,00	135,00	479,00	1,73
1360	3010,00	657,00	149,00	506,00	2,32
1380	2469,00	902,00	178,00	480,00	1,67
1400	2382,00	1224,00	306,00	465,00	1,28
1420	1905,00	1472,00	474,00	483,00	1,22
1440	8845,00	597,00	584,00	477,00	1,25
1460	7094,00	622,00	464,00	428,00	1,17
1480	7527,00	677,00	364,00	423,00	1,81
1500	3601,00	1303,00	428,00	494,00	0,97
1520	2596,00	1329,00	185,00	408,00	1,40
1540	3126,00	981,00	153,00	455,00	2,63

1560	1610,00	663,00	151,00	539,00	1,18
1580	1741,00	2253,00	114,00	611,00	1,15
1600	2170,00	2114,00	139,00	681,00	0,96
1620	1445,00	826,00	135,00	553,00	2,16
1640	1882,00	1518,00	167,00	737,00	1,63
1660	1751,00	1305,00	182,00	657,00	1,28
1680	5424,00	372,00	3201,00	688,00	1,07
1700	2783,00	1017,00	174,00	602,00	0,78
1720	1898,00	2567,00	136,00	619,00	2,16
1741	4154,00	1519,00	144,00	649,00	2,96
1760	6563,00	742,00	122,00	543,00	2,38
1780	9706,00	220,00	1252,00	541,00	1,39
1800	3696,00	820,00	233,00	519,00	1,15
1820	3293,00	1360,00	142,00	618,00	1,20
1840	5081,00	1573,00	95,00	571,00	1,16
1860	7352,00	309,00	218,00	504,00	2,32
1880	2165,00	1849,00	74,00	658,00	1,95
1900	4624,00	258,00	284,00	580,00	1,69
1920	3129,00	433,00	268,00	520,00	1,58
1940	3940,00	976,00	112,00	596,00	4,75
1960	2098,00	888,00	133,00	539,00	1,48
1980	3852,00	113,00	1698,00	500,00	5,80
2000	3098,00	1014,00	255,00	525,00	2,34
2020	6131,00	402,00	254,00	561,00	1,81
2040	6195,00	620,00	421,00	477,00	1,92
2040	3931,00	1678,00	155,00	504,00	2,08
2060	3577,00	1813,00	110,00	503,00	1,91
2080	3067,00	2665,00	71,00	622,00	2,46
2100	6719,00	654,00	417,00	417,00	1,70
2120	2692,00	1727,00	109,00	478,00	1,24
2140	6284,00	166,00	1190,00	601,00	1,97
2160	2400,00	249,00	665,00	587,00	3,09
2180	1461,00	764,00	169,00	633,00	2,61
2200	4950,00	168,00	1002,00	649,00	1,42
2220	3013,00	185,00	555,00	601,00	2,81
2240	3602,00	157,00	895,00	633,00	1,80
2260	4291,00	154,00	1717,00	683,00	2,79
2280	2288,00	341,00	421,00	635,00	1,53
2300	4194,00	167,00	2097,00	642,00	2,21
2320	4096,00	177,00	1369,00	659,00	1,72
2340	3933,00	175,00	2523,00	645,00	1,29
2360	3571,00	204,00	1129,00	659,00	3,03
2380	3920,00	178,00	2532,00	683,00	1,96
2400	6222,00	158,00	1227,00	840,00	2,47
2420	2904,00	201,00	4540,00	628,00	6,81
2440	5998,00	628,00	5811,00	596,00	1,77
2460	4256,00	4942,00	112,00	602,00	0,95
2480	5146,00	7741,00	258,00	641,00	1,48
2500	2757,00	4635,00	867,00	611,00	1,20
2520	4406,00	8026,00	426,00	609,00	1,35
2540	825,00	90,00	5974,00	534,00	5,50
2560	983,00	111,00	4377,00	513,00	4,77
2580	791,00	68,00	2511,00	438,00	5,11

**APÊNDICE AH – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BAKFAA PARA O OFFSET +3 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)

Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
5	7042,32	1106,02	288,23	243,46	1,33
25	12693,19	2258,54	1795,05	294,67	4,47
45	6872,00	2102,26	2078,24	309,09	0,99
65	7050,79	603,61	614,71	372,54	1,05
85	6389,68	1094,81	831,19	277,19	2,63
105	4960,97	521,57	363,81	256,78	1,98
125	8693,13	1126,70	137,55	308,44	1,17
145	5697,46	807,67	415,64	318,76	1,43
165	4253,79	651,55	460,25	301,01	2,10
185	1860,39	1201,61	1870,27	308,13	5,08
205	6044,93	862,85	479,28	311,78	3,14
207	2345,13	1708,61	221,22	343,26	1,35
225	6046,37	886,96	551,55	314,49	2,48
245	6122,90	802,86	312,04	342,89	1,95
266	4652,04	884,46	864,10	317,08	3,27
286	5136,27	842,48	513,94	323,44	1,46
305	4130,09	640,27	1033,04	340,03	1,91
306	2030,28	1328,58	1343,57	316,30	5,73
326	6223,44	964,57	415,26	382,11	3,77
345	2114,22	5080,28	313,96	396,18	1,17
368	3311,31	1165,02	754,06	365,03	3,20
385	3906,34	1379,18	801,59	381,47	3,45
426	1769,22	1588,96	199,03	395,96	1,70
446	8933,28	1100,96	703,19	418,50	2,03
465	1477,97	945,22	3955,79	367,13	8,36
485	8129,74	1364,63	828,34	628,34	1,72
506	4414,89	836,44	465,01	369,25	0,89
525	6431,73	965,35	560,78	379,79	1,58
545	4207,22	661,66	1006,86	331,21	1,54
565	2174,35	282,07	2190,50	291,94	4,34
585	4805,83	1436,34	645,26	631,46	0,80
605	3312,56	1182,93	762,64	366,81	1,72
625	3139,26	2356,36	515,00	369,13	1,18
645	7489,11	552,23	1041,33	395,75	1,48
665	929,53	9270,15	129,57	533,49	3,15
685	5554,70	1132,01	649,35	530,97	1,60
705	4071,59	1459,85	422,11	537,23	2,45
725	1620,72	809,27	1317,07	448,89	6,45
746	5002,01	1768,76	182,44	526,21	2,17
765	4857,58	242,39	3431,20	442,15	2,45
785	2128,14	998,41	171,38	409,92	2,48
806	3236,17	737,36	405,33	401,53	2,03
825	2723,35	788,37	758,33	363,80	5,31
845	1068,79	9039,90	116,41	509,63	3,51
868	2689,00	738,56	960,20	364,70	5,57
885	3078,29	546,29	3514,01	346,65	7,45
905	1223,75	3481,61	119,16	446,79	1,81
926	1391,80	7480,65	141,27	541,99	2,91
945	2083,53	1255,00	315,12	422,78	1,06
965	1771,75	1142,57	344,86	446,96	2,91
987	1123,57	11715,06	97,07	546,59	2,71
1005	2374,69	463,21	3311,43	383,47	10,66
1025	2441,19	1474,98	557,29	411,03	2,21
1045	956,02	4015,20	131,86	406,80	2,62
1065	6479,65	350,75	390,29	524,05	12,47
1086	3067,08	1387,51	462,24	459,01	1,14
1108	6114,00	932,38	227,58	494,38	2,58

1125	2553,04	1511,73	203,63	465,79	1,46
1148	1706,50	585,52	3922,92	370,00	8,17
1165	2073,68	1313,67	501,36	463,31	3,02
1186	2770,27	467,63	1367,34	427,77	4,69
1205	1621,89	3027,74	132,44	503,82	3,88
1225	2701,52	536,85	856,47	418,28	2,68
1245	1550,30	1759,34	671,31	459,46	4,21
1265	3129,43	936,37	394,25	447,67	2,64
1285	7036,99	315,53	255,80	517,87	6,42
1305	4028,09	611,16	565,80	413,12	3,97
1325	1960,83	1801,04	163,67	489,60	2,10
1345	2464,86	2353,67	148,34	554,15	1,48
1365	3374,04	432,65	990,46	432,27	5,21
1385	2001,83	2781,48	162,61	523,10	1,73
1407	4732,42	331,13	173,26	482,40	7,80
1426	1925,16	1012,15	182,83	406,87	1,64
1445	3573,12	688,07	339,19	432,00	1,07
1465	4683,49	394,83	185,95	447,11	9,19
1486	1796,69	1497,06	202,92	446,13	2,09
1505	2055,41	773,95	399,76	397,60	2,46
1525	1242,29	460,49	780,44	369,36	9,26
1546	1557,74	3214,70	202,98	552,47	0,81
1565	2207,95	1743,60	210,68	604,17	1,74
1585	6613,59	309,90	196,78	512,60	10,85
1607	1917,37	769,70	1228,78	472,86	11,14
1625	3401,00	299,19	1046,49	558,33	4,31
1645	1959,39	498,89	913,77	448,94	8,57
1666	2303,40	594,51	307,43	419,47	4,74
1686	2652,04	308,46	293,79	483,58	2,41
1705	3670,31	477,36	1037,80	496,18	2,30
1725	2412,16	594,53	318,66	441,22	2,56
1745	1979,09	357,96	513,57	427,27	6,22
1765	3964,91	282,06	816,42	466,24	3,94
1785	4662,50	362,00	659,48	437,18	4,05
1807	3193,54	394,50	773,96	433,93	11,23
1826	1514,25	1604,10	90,23	520,32	2,28
1847	2240,18	1133,84	600,96	393,74	5,14
1867	2115,07	1070,12	1027,40	405,84	5,71
1885	3201,46	1337,99	1655,54	397,37	15,43
1906	2387,42	1960,67	105,44	518,88	1,68
1926	2043,86	1116,85	422,65	403,12	4,50
1945	3964,11	861,71	1418,14	378,58	10,13
1965	5104,49	131,51	667,36	491,29	3,48
1986	6241,39	881,16	698,16	436,66	1,83
2007	1419,97	2980,48	480,44	392,04	5,46
2025	3634,45	863,73	1505,24	388,38	4,84
2046	7034,12	614,14	916,02	445,16	1,41
2065	1204,67	11469,98	30,56	251,60	4,19
2085	3920,45	1366,54	965,34	447,01	3,04
2105	4704,29	287,13	1164,13	499,35	2,36
2125	2517,83	524,76	1170,86	561,03	1,74
2147	4279,05	635,10	384,31	588,31	2,23
2165	1966,20	465,27	1106,22	567,91	4,81
2185	2419,80	518,46	1230,17	574,80	4,98
2206	4411,67	366,88	578,18	621,49	2,71
2225	2764,38	216,64	1437,64	644,87	2,66
2246	2190,83	659,73	486,92	576,52	2,04
2266	4049,84	521,23	1164,25	641,22	1,87

2285	4727,76	608,70	184,18	786,85	4,19
2305	3638,47	184,89	2311,65	830,72	1,87
2326	4421,91	222,11	1038,88	631,13	2,28
2346	5447,92	689,48	306,69	752,64	1,96
2365	2866,40	404,44	1306,70	598,28	2,20
2386	3734,70	1096,03	1445,57	514,03	11,72
2406	5362,57	1071,83	820,38	647,75	11,34
2425	4719,10	1589,56	1271,00	506,03	1,54
2445	5191,71	4229,43	1727,99	481,97	2,60
2465	3500,84	4142,98	1685,07	472,24	4,13
2485	5719,82	464,71	1111,85	520,39	6,56
2506	4440,41	3170,16	1141,12	423,38	3,09
2525	1126,96	144,82	865,79	536,59	7,32
2546	890,27	482,15	87,37	512,27	13,49

**APÊNDICE AI – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BAKFAA PARA O OFFSET +6 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	8194,13	1669,70	1188,94	346,41	3,57
20	6815,37	1261,84	897,44	281,97	2,11
40	13413,54	2204,66	1877,24	282,97	1,46
60	5411,66	1256,15	833,28	318,69	2,05
80	7256,61	1502,13	1174,15	275,12	3,73
100	4383,25	1311,19	237,52	256,72	1,53
120	9286,00	1177,69	102,83	296,75	1,97
140	7144,33	1203,08	1040,15	288,20	2,06
160	6657,29	888,55	528,39	306,80	1,57
180	4403,88	916,83	946,94	303,53	2,01
200	10955,52	270,24	545,59	368,01	5,31
220	14020,11	552,06	1975,33	317,54	1,51
240	9833,60	653,22	764,66	311,64	1,19
260	4422,85	1557,58	886,41	290,89	4,03
280	3546,56	813,34	802,76	294,09	1,94
300	3995,39	692,49	573,93	298,72	2,56
320	6570,85	845,09	426,15	329,34	2,44
340	4856,15	692,35	463,10	313,72	1,35
360	3706,30	817,34	784,03	315,88	2,97
380	3459,95	2281,71	205,66	377,58	0,97
400	4013,21	646,21	880,50	325,95	1,99
420	3027,52	1201,65	632,52	346,19	1,77
440	3593,61	663,33	459,83	325,35	2,98
460	5670,01	848,22	397,87	392,12	2,26
480	4784,29	1891,43	438,00	396,17	3,52
500	7136,12	883,76	518,20	429,16	5,62
520	3100,49	781,00	986,77	335,76	2,59
540	6501,78	736,83	418,51	377,64	3,53
560	15817,56	211,86	449,06	326,38	15,12
580	1730,50	3457,31	334,87	319,64	1,38
600	1496,32	1811,26	257,18	293,51	0,85
620	3338,94	835,32	867,47	311,29	1,13
640	1755,43	1266,18	1317,54	315,95	2,33
660	3621,40	2685,52	181,27	384,19	1,31
680	4356,26	402,66	730,08	340,48	1,96
700	3833,04	1028,18	450,74	400,76	2,03
720	6286,99	520,76	578,85	426,69	2,22
740	9436,03	1265,80	472,83	424,22	1,44

760	2581,59	721,40	836,25	372,76	4,98
780	5903,57	785,58	718,28	416,49	3,62
800	2948,47	484,85	352,74	366,83	3,09
820	2586,50	486,20	1053,82	346,67	3,89
840	3941,05	554,41	348,36	380,99	2,41
860	3320,91	698,26	528,29	335,18	2,17
880	2944,44	1406,89	248,62	402,54	1,11
900	3448,64	345,99	3851,25	371,76	3,43
920	3332,49	785,08	677,82	348,50	3,24
940	3603,10	693,63	452,18	369,81	1,73
960	2835,83	1768,48	359,47	446,69	2,13
980	5393,62	533,45	517,16	380,44	1,55
1000	3901,94	1067,62	370,01	418,52	1,55
1020	3309,14	622,56	1101,49	351,85	1,67
1040	3044,61	1526,38	407,72	414,24	2,80
1060	2906,59	2187,10	744,10	409,10	1,02
1080	2499,46	461,05	3998,94	355,09	1,47
1100	6040,06	972,57	586,88	506,00	5,35
1120	2611,07	1075,81	3487,00	442,16	3,53
1140	2912,26	1568,00	992,99	463,34	1,12
1160	7314,96	750,85	428,61	464,53	1,79
1180	4290,46	1145,56	1171,25	438,09	2,47
1200	4294,08	815,89	732,17	465,62	1,95
1220	6934,03	877,97	446,80	487,01	3,33
1240	3143,80	2025,46	416,69	456,46	1,26
1260	3162,31	989,42	501,84	444,08	3,19
1280	3255,80	1341,85	809,87	483,63	3,41
1300	2548,55	1045,49	880,56	486,10	7,25
1320	7641,79	581,23	334,43	553,14	2,28
1340	7460,17	301,21	279,22	500,00	34,73
1360	2871,23	503,16	1206,17	451,79	7,66
1380	3325,70	833,25	330,97	470,89	2,60
1400	3184,15	934,04	496,31	491,21	3,74
1420	7199,18	550,78	220,85	482,99	4,47
1440	4110,48	549,13	389,63	402,13	1,45
1460	3001,59	539,89	601,34	394,40	4,71
1480	6217,21	364,82	567,61	401,74	2,35
1500	2158,30	1419,25	385,56	401,04	1,66
1520	2888,47	349,64	3819,43	380,95	5,55
1540	4594,79	826,16	428,53	395,94	4,70
1560	3580,66	589,55	887,36	390,36	5,40
1580	4899,06	705,78	155,62	482,98	2,33
1600	3800,13	290,38	1091,61	539,75	2,21
1600	3498,96	344,55	1121,41	566,93	4,23
1620	1947,91	383,93	236,40	589,20	1,62
1640	2071,77	203,48	1246,75	631,06	1,18
1660	2172,80	294,42	1310,20	541,82	2,66
1680	1677,04	230,93	1366,64	501,20	6,49
1700	1462,00	1017,00	123,89	516,89	2,33
1720	4072,71	365,72	970,28	506,55	2,37
1740	2548,46	142,69	3576,05	449,72	4,04
1760	1460,11	1303,22	76,85	562,44	4,95
1780	3025,93	187,87	413,05	435,75	1,80
1800	3297,03	222,26	498,66	443,55	3,37
1820	3057,01	277,01	631,48	438,43	3,38
1840	2332,47	148,71	839,11	442,84	1,91
1860	6050,04	161,88	690,03	430,51	1,30
1880	5340,71	1529,66	108,01	527,29	1,52

1900	5401,43	336,92	1011,26	455,20	1,48
1920	3948,35	176,20	533,86	444,50	2,36
1940	4828,32	262,83	778,67	425,08	2,11
1960	7094,65	327,36	529,48	465,26	1,73
1980	4614,91	646,09	851,96	409,91	1,34
2000	7557,30	655,68	376,98	456,97	1,38
2020	6235,72	440,10	1169,93	450,94	1,30
2040	4958,23	1414,53	880,42	386,44	5,69
2060	1877,18	1306,49	2493,64	414,60	1,74
2080	1247,02	1865,37	964,54	398,12	4,22
2100	1103,87	1474,25	975,45	449,14	2,82
2120	3187,02	472,12	1137,69	556,75	2,58
2140	1270,79	742,28	836,13	489,98	4,32
2160	4374,13	230,20	1038,45	565,11	1,77
2180	2783,78	162,04	1463,92	629,71	3,76
2200	2787,49	179,41	610,78	663,73	4,09
2220	4661,59	131,62	1052,37	656,37	3,66
2240	3351,52	233,56	1319,63	646,97	4,44
2260	3803,95	207,78	1156,56	623,52	4,38
2280	4462,57	200,85	1066,15	673,21	3,00
2300	5343,37	98,39	2246,90	999,37	6,17
2320	4728,69	116,20	1905,09	892,93	5,66
2340	4473,14	221,74	1364,31	616,00	4,41
2360	4359,43	184,69	2178,91	746,43	4,86
2380	6326,86	180,83	711,71	783,46	4,16
2400	5927,71	637,96	229,68	766,57	3,47
2420	5812,42	1938,93	570,20	653,41	2,89
2440	5723,08	526,54	1213,08	579,50	7,45
2460	15025,61	2643,86	2574,10	438,96	3,65
2480	3613,88	4878,42	2523,81	467,41	3,60
2500	1442,71	6164,87	3869,39	514,49	8,55
2520	1196,70	96,06	224,60	664,71	17,23
2540	999,49	47,97	1053,00	122,27	7,48
2560	1328,31	37,17	5356,00	171,54	

**APÊNDICE AJ – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BAKFAA PARA O OFFSET -3 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
5	3997,88	1196,82	2018,53	252,17	1,87
25	8910,97	2240,77	1995,02	267,82	2,05
45	8435,70	1726,70	1321,73	276,79	2,14
65	10517,13	791,93	503,23	351,96	1,37
85	8506,77	1020,60	232,31	293,24	1,13
105	5057,46	346,14	271,03	278,86	1,08
125	6140,86	876,88	562,52	257,59	1,42
145	5038,28	1080,67	823,97	300,88	1,40
165	5960,06	857,14	490,90	306,57	1,33
185	4349,28	731,62	650,12	327,22	1,41
205	7759,67	1018,59	152,19	359,36	1,57
225	2576,68	3262,53	97,76	385,61	1,01
245	4437,55	822,54	759,42	315,96	1,39
265	3222,56	836,89	3015,51	318,69	1,84
285	5410,15	1070,95	771,05	326,68	1,21
305	3990,65	1168,10	771,02	341,74	0,94
325	4083,46	828,44	1061,37	314,63	5,01
345	3010,36	1564,45	835,69	361,73	1,45

365	3381,84	1051,66	813,00	353,56	1,16
385	7920,57	1348,66	921,63	388,36	1,11
405	2979,66	1553,85	777,19	398,13	1,13
425	10913,06	1471,72	917,60	422,10	1,28
445	4557,25	1059,61	2121,76	393,90	1,39
465	9034,57	1504,24	1001,41	407,43	2,03
485	6426,50	1546,94	1078,69	408,18	1,31
505	4289,12	1760,10	869,53	408,72	2,75
525	8786,63	1704,51	1336,36	416,13	1,84
545	4675,62	2179,57	933,63	399,88	1,28
565	7504,51	1319,11	903,45	368,37	1,14
585	3207,10	704,04	710,59	361,38	1,34
605	8398,49	1384,44	970,50	387,39	1,10
625	1494,18	2065,21	287,72	375,25	1,19
645	5802,40	1524,18	1181,22	413,58	1,21
665	5088,03	1780,95	874,59	385,16	2,00
685	9034,94	1301,56	666,50	479,65	1,42
705	2131,24	2597,38	112,27	865,45	2,16
725	4600,17	1218,51	1764,74	475,64	3,91
745	4433,78	1459,97	1552,80	473,05	0,87
766	5925,20	1003,38	985,45	480,53	1,44
785	10746,25	471,31	619,86	438,95	2,16
805	2655,97	932,81	1054,74	376,53	2,40
825	6451,45	838,11	184,74	368,88	2,80
845	2176,22	575,46	2254,55	424,21	1,12
865	3267,57	503,95	2208,09	385,28	2,10
885	3009,97	542,11	871,93	387,64	2,34
905	2373,98	728,97	2456,67	340,94	1,48
925	2622,22	628,88	1172,52	391,14	1,89
945	2071,27	2677,80	289,39	411,30	1,99
965	6534,13	765,01	216,41	451,24	1,20
985	2593,85	1062,57	2289,86	439,33	1,53
1005	2385,81	8333,38	207,67	547,19	2,02
1026	3121,59	1962,24	630,70	442,30	2,10
1045	4007,62	859,24	3887,29	463,82	1,60
1065	3522,34	1520,07	705,57	397,69	1,56
1085	3782,00	586,24	1424,40	407,18	1,69
1105	2670,53	1281,36	2140,61	408,64	1,93
1125	7354,45	853,41	437,98	463,97	1,74
1145	2127,68	3091,27	259,09	512,50	2,38
1165	2658,74	1963,43	497,99	482,14	1,72
1185	4372,83	1229,02	572,40	495,72	1,53
1205	1221,01	6729,09	194,17	521,01	2,44
1225	3967,89	775,37	792,41	430,64	2,01
1245	5151,57	1332,90	796,71	446,51	0,83
1265	2947,72	2616,13	188,98	435,60	1,38
1285	4141,12	1011,05	410,46	460,70	2,13
1305	3262,71	909,27	422,81	441,99	1,46
1325	5940,16	267,73	306,22	516,59	1,92
1345	3396,20	678,22	203,16	462,39	1,06
1366	6400,10	447,68	554,00	447,97	1,17
1385	710,17	1703,19	791,22	413,36	3,16
1405	2594,74	1744,12	584,47	512,06	2,15
1425	2757,53	969,99	416,90	466,19	2,44
1445	3299,29	690,76	420,64	397,09	3,02
1465	2650,99	1029,29	156,46	432,87	1,80
1485	2926,51	1056,82	571,08	430,01	1,83
1505	4150,11	695,60	1178,45	372,24	2,21

1525	1778,76	2536,67	1176,55	439,97	1,39
1545	7145,70	827,55	421,28	464,51	2,09
1565	3541,58	586,01	550,25	447,67	2,43
1585	2969,51	2429,92	1716,40	528,04	0,62
1605	5434,33	812,24	1241,01	540,90	2,23
1625	3325,73	522,71	699,07	486,19	2,21
1646	1896,58	1209,60	2625,00	526,26	2,68
1665	2962,83	754,31	1159,46	540,28	1,53
1685	7070,64	354,36	1116,26	581,22	2,74
1705	3664,50	324,62	989,67	529,15	1,86
1726	3988,00	627,55	1234,28	452,31	1,61
1746	4285,44	514,26	911,51	489,29	1,54
1766	9789,77	347,80	638,07	499,10	2,21
1785	3047,89	576,15	1196,38	452,65	1,45
1805	1787,14	945,52	1638,16	442,86	3,08
1825	7621,33	437,69	650,66	558,68	1,30
1845	10274,24	589,05	159,58	592,71	1,24
1865	6535,66	624,14	980,54	463,03	2,65
1885	5143,20	1279,06	1041,83	452,77	1,01
1906	6388,99	316,93	575,50	527,36	1,24
1925	5103,24	500,82	1028,12	523,44	1,70
1945	6373,75	411,09	463,24	521,89	2,96
1965	7204,69	1377,82	88,97	674,47	1,32
1985	8615,00	212,10	730,10	525,61	1,73
2005	3936,21	659,81	841,79	457,02	1,31
2025	7767,88	552,06	966,83	451,47	0,79
2045	2596,09	1081,91	2234,80	391,93	1,42
2066	6577,89	705,95	930,98	442,66	1,19
2085	6212,81	1563,94	375,00	493,02	1,41
2105	7116,17	1283,17	942,09	412,82	1,30
2125	4862,95	1914,70	82,71	542,05	1,18
2146	7416,20	245,75	1038,55	548,73	1,45
2165	6609,79	248,99	1513,33	639,80	2,44
2185	6348,28	231,44	530,91	593,87	1,04
2205	1426,49	1400,53	998,34	519,29	1,16
2225	6554,53	180,95	1223,84	605,56	1,74
2246	2539,36	337,63	928,19	523,97	2,36
2265	1951,88	431,10	971,88	571,67	2,56
2285	4707,26	302,38	1274,08	562,14	2,45
2305	3646,47	825,29	964,45	511,42	1,94
2326	4157,53	238,03	1137,61	595,53	2,22
2346	3645,30	267,97	1515,12	623,62	1,61
2365	4404,12	249,43	1332,08	614,09	2,09
2385	7570,72	93,32	3880,00	145,42	2,80
2405	5487,94	272,53	1116,16	708,00	2,54
2425	5947,43	285,78	1032,93	634,09	1,49
2445	4661,86	11101,45	110,01	588,15	1,34
2465	4036,71	12397,36	29,11	981,10	3,61
2486	6611,53	1718,73	1579,52	605,56	1,38
2505	9337,19	2429,44	1612,16	488,59	1,07
2525	7798,64	2344,08	2252,52	438,50	1,59
2545	1684,19	102,96	1492,36	555,57	5,46

**APÊNDICES AK – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE BAKFAA PARA O OFFSET -6 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)

0	7814,49	1558,09	1220,81	285,05	3,74
20	966,32	9161,49	365,99	287,69	2,87
40	1256,15	3509,80	5830,31	259,69	4,08
60	8051,26	539,35	798,03	358,61	1,35
80	6074,32	882,56	641,53	257,17	3,46
100	7169,58	200,00	419,99	257,81	1,91
120	3363,37	606,60	227,51	253,97	1,29
140	1628,00	1559,52	606,81	264,02	2,07
160	1623,91	1230,78	1179,33	274,77	2,86
180	3627,97	615,94	1244,98	290,14	2,82
200	4430,63	660,50	474,75	307,17	1,34
220	5571,05	214,69	144,26	323,64	7,62
240	2961,97	604,12	287,72	332,72	7,36
262	2305,16	680,57	1821,44	302,76	4,04
280	3665,93	733,71	826,53	313,38	2,95
300	3606,06	730,27	967,27	297,81	3,47
320	3675,19	794,40	608,86	316,95	2,51
340	3883,77	669,54	1524,14	341,73	3,36
360	3460,76	572,39	512,50	338,88	1,97
380	2534,75	3008,24	424,03	386,64	0,75
400	1937,50	1272,29	197,45	357,10	1,43
420	10076,12	1121,53	785,37	376,62	1,44
440	1571,52	1109,47	2057,79	338,54	5,88
460	6504,37	872,10	525,15	389,13	1,46
480	2875,60	482,64	687,11	372,91	2,29
500	8119,45	1354,77	921,25	399,32	1,57
520	5318,91	314,07	2046,04	382,13	5,30
540	5000,65	1065,23	91,82	448,34	6,84
560	2792,18	644,56	966,14	331,85	2,36
580	5650,63	731,38	466,55	348,38	2,77
600	4248,75	1007,54	583,59	343,03	0,97
620	2007,89	871,55	839,72	328,99	2,37
640	6544,94	6442,13	1418,91	395,71	0,96
660	3325,88	1078,09	460,36	414,03	2,36
680	2964,35	619,23	3292,48	420,42	4,55
700	7415,13	783,65	411,62	471,83	2,17
720	3641,15	1203,76	683,82	515,32	1,24
740	5614,56	1358,69	1148,77	498,08	1,88
760	4436,97	1279,27	383,69	482,82	1,41
780	2233,89	703,84	957,81	397,58	3,93
800	3339,51	783,11	276,75	428,04	0,94
820	1854,71	1069,09	287,36	388,29	1,90
840	7686,91	280,49	304,28	500,81	8,89
860	2745,25	654,91	321,32	398,98	1,66
880	3687,86	970,04	103,30	469,52	5,37
900	1047,98	5207,97	53,21	640,65	4,86
920	1972,73	966,79	1503,83	385,25	5,49
940	2632,19	944,06	1302,73	335,80	3,47
960	2469,42	1322,86	513,27	427,75	1,31
980	4137,71	1364,98	1097,88	477,53	1,38
1000	5100,12	1248,21	637,92	437,82	1,11
1020	5708,84	622,67	438,54	384,52	2,09
1040	6126,71	1101,93	649,77	473,53	1,65
1060	3978,74	1104,33	984,12	402,66	2,11
1080	5359,37	648,89	1784,31	411,91	1,05
1100	6474,84	1087,84	570,19	492,83	4,15
1120	2944,56	2936,00	1088,79	451,80	1,73
1140	8269,52	1409,97	893,86	481,46	1,65

1160	5552,74	509,85	1124,86	449,33	1,54
1180	7459,91	730,57	311,10	515,95	4,12
1200	3521,35	1296,47	657,38	421,33	2,86
1220	7278,86	771,98	328,22	508,00	6,27
1182	4304,60	854,51	854,08	453,51	3,88
1200	6326,91	677,31	305,25	454,83	5,02
1220	3475,50	584,37	3429,05	458,32	3,24
1240	6449,05	799,10	221,65	446,71	4,11
1260	3091,21	901,94	327,07	430,68	1,68
1280	2367,03	453,37	867,53	400,68	5,33
1300	3748,63	483,10	490,29	392,36	2,07
1320	3550,43	593,59	384,83	409,67	2,93
1340	3249,64	459,78	218,02	430,41	1,61
1360	3407,66	313,91	321,21	450,00	1,80
1380	2661,97	619,62	246,29	446,72	1,42
1400	2686,88	629,83	708,06	424,89	1,85
1420	1684,64	2046,91	348,24	487,10	1,47
1440	7613,64	859,29	477,63	463,57	1,26
1460	5945,51	768,33	532,82	404,53	1,37
1480	7160,86	650,35	424,63	403,34	1,36
1500	8919,80	245,27	1051,72	743,21	6,66
1520	2927,87	657,42	461,89	359,69	1,75
1540	3220,46	738,86	216,45	414,51	1,73
1560	1897,10	506,53	355,44	448,64	4,12
1580	2486,12	345,51	5656,80	415,37	9,40
1600	1955,85	3444,87	156,68	643,60	0,97
1620	1309,69	1457,28	131,49	534,27	2,10
1640	5533,84	223,56	530,64	651,49	8,80
1660	1763,35	1473,34	262,39	591,34	1,59
1680	5834,87	1097,23	700,42	664,79	1,16
1700	2614,35	2082,15	134,09	619,74	0,87
1720	1916,45	1227,28	1097,13	458,39	5,94
1741	5439,74	903,47	603,92	504,78	2,36
1760	7779,43	766,76	418,56	424,61	1,43
1780	12051,99	1293,12	232,90	531,48	1,36
1800	4551,22	703,42	597,61	454,17	2,29
1820	3697,10	1395,35	269,96	529,97	2,26
1840	4348,72	2129,22	88,59	550,48	1,05
1860	7331,32	251,79	254,57	485,41	2,47
1880	2560,30	368,52	998,24	414,80	5,08
1900	4671,65	155,66	1177,30	546,32	1,48
1920	3008,03	332,16	500,55	476,58	2,74
1940	4470,30	233,48	884,28	466,22	5,43
1960	2195,98	337,97	673,77	430,05	4,93
1980	4841,64	53,86	1063,25	725,19	8,43
2000	3094,27	555,05	764,39	459,80	3,89
2020	5905,40	230,11	947,17	507,52	1,99
2040	5222,43	1562,19	155,19	517,35	2,11
2040	4692,67	373,17	1571,57	411,47	1,35
2060	4070,97	523,90	720,00	385,39	2,08
2080	2662,85	3294,61	88,94	537,84	1,58
2100	5983,21	1242,45	199,55	429,65	1,78
2120	2897,55	655,55	539,81	368,27	2,77
2140	6219,31	285,26	256,92	609,42	2,63
2160	2443,72	218,59	735,66	576,87	3,02
2180	1259,08	1444,09	95,29	759,56	2,20
2200	4870,30	166,32	1071,38	627,09	1,56
2220	3098,90	144,92	1113,38	595,08	2,86

2240	3726,21	135,57	1053,75	641,18	1,96
2260	4597,21	133,81	1228,61	712,30	3,55
2280	2261,44	236,55	1404,34	593,88	2,95
2300	4481,09	157,09	959,97	664,16	2,78
2320	4285,15	157,48	1230,78	668,27	2,11
2340	3975,22	166,52	2135,62	642,65	1,52
2360	3584,89	186,32	1563,95	643,92	3,25
2380	4173,63	161,12	1499,07	703,00	1,85
2400	6926,49	132,86	596,75	938,31	3,40
2420	3306,98	196,03	714,02	685,14	2,31
2440	5834,67	923,44	1804,54	601,00	2,38
2460	4864,66	1444,99	995,47	440,01	2,71
2480	5166,73	4138,45	1314,74	530,18	2,94
2500	2904,19	2673,57	1258,92	589,28	2,02
2520	6141,77	1753,97	1014,66	592,59	4,61
2540	1053,48	51,97	3359,00	86,46	7,70
2560	1119,98	124,12	317,74	585,69	9,22
2580	948,07	52,84	987,04	531,22	9,46

**APÊNDICES AL – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE ELMOD PARA O OFFSET +3 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
5	7042,32	1106,02	288,23	243,46	2,96
25	12693,19	2258,54	1795,05	294,67	6,49
45	6872,00	2102,26	2078,24	309,09	1,05
65	7050,79	603,61	614,71	372,54	1,07
85	6389,68	1094,81	831,19	277,19	1,61
105	4960,97	521,57	363,81	256,78	0,92
125	8693,13	1126,70	137,55	308,44	1,61
145	5697,46	807,67	415,64	318,76	1,00
165	4253,79	651,55	460,25	301,01	1,45
185	1860,39	1201,61	1870,27	308,13	4,14
205	6044,93	862,85	479,28	311,78	1,44
207	2345,13	1708,61	221,22	343,26	1,09
225	6046,37	886,96	551,55	314,49	1,66
245	6122,90	802,86	312,04	342,89	1,30
266	4652,04	884,46	864,10	317,08	1,84
286	5136,27	842,48	513,94	323,44	1,27
305	4130,09	640,27	1033,04	340,03	0,93
306	2030,28	1328,58	1343,57	316,30	1,70
326	6223,44	964,57	415,26	382,11	1,19
345	2114,22	5080,28	313,96	396,18	2,99
368	3311,31	1165,02	754,06	365,03	1,30
385	3906,34	1379,18	801,59	381,47	3,29
426	1769,22	1588,96	199,03	395,96	1,35
446	8933,28	1100,96	703,19	418,50	1,17
465	1477,97	945,22	3955,79	367,13	1,96
485	8129,74	1364,63	828,34	628,34	1,12
506	4414,89	836,44	465,01	369,25	1,13
525	6431,73	965,35	560,78	379,79	1,16
545	4207,22	661,66	1006,86	331,21	0,50
565	2174,35	282,07	2190,50	291,94	0,73
585	4805,83	1436,34	645,26	631,46	1,31
605	3312,56	1182,93	762,64	366,81	1,40
625	3139,26	2356,36	515,00	369,13	1,41
645	7489,11	552,23	1041,33	395,75	1,48

665	929,53	9270,15	129,57	533,49	2,69
685	5554,70	1132,01	649,35	530,97	1,94
705	4071,59	1459,85	422,11	537,23	1,80
725	1620,72	809,27	1317,07	448,89	1,69
746	5002,01	1768,76	182,44	526,21	1,06
765	4857,58	242,39	3431,20	442,15	1,30
785	2128,14	998,41	171,38	409,92	1,55
806	3236,17	737,36	405,33	401,53	2,07
825	2723,35	788,37	758,33	363,80	1,75
845	1068,79	9039,90	116,41	509,63	3,31
868	2689,00	738,56	960,20	364,70	1,38
885	3078,29	546,29	3514,01	346,65	1,31
905	1223,75	3481,61	119,16	446,79	1,18
926	1391,80	7480,65	141,27	541,99	6,33
945	2083,53	1255,00	315,12	422,78	2,27
965	1771,75	1142,57	344,86	446,96	2,31
987	1123,57	11715,06	97,07	546,59	1,90
1005	2374,69	463,21	3311,43	383,47	2,32
1025	2441,19	1474,98	557,29	411,03	0,68
1045	956,02	4015,20	131,86	406,80	2,65
1065	6479,65	350,75	390,29	524,05	1,26
1086	3067,08	1387,51	462,24	459,01	1,46
1108	6114,00	932,38	227,58	494,38	1,99
1125	2553,04	1511,73	203,63	465,79	1,14
1148	1706,50	585,52	3922,92	370,00	3,84
1165	2073,68	1313,67	501,36	463,31	1,77
1186	2770,27	467,63	1367,34	427,77	1,25
1205	1621,89	3027,74	132,44	503,82	1,95
1225	2701,52	536,85	856,47	418,28	2,41
1245	1550,30	1759,34	671,31	459,46	1,08
1265	3129,43	936,37	394,25	447,67	1,79
1285	7036,99	315,53	255,80	517,87	2,75
1305	4028,09	611,16	565,80	413,12	1,07
1325	1960,83	1801,04	163,67	489,60	2,33
1345	2464,86	2353,67	148,34	554,15	1,50
1365	3374,04	432,65	990,46	432,27	2,19
1385	2001,83	2781,48	162,61	523,10	1,55
1407	4732,42	331,13	173,26	482,40	1,71
1426	1925,16	1012,15	182,83	406,87	1,69
1445	3573,12	688,07	339,19	432,00	1,82
1465	4683,49	394,83	185,95	447,11	2,05
1486	1796,69	1497,06	202,92	446,13	1,59
1505	2055,41	773,95	399,76	397,60	1,27
1525	1242,29	460,49	780,44	369,36	1,76
1546	1557,74	3214,70	202,98	552,47	1,17
1565	2207,95	1743,60	210,68	604,17	1,19
1585	6613,59	309,90	196,78	512,60	1,97
1607	1917,37	769,70	1228,78	472,86	2,11
1625	3401,00	299,19	1046,49	558,33	1,42
1645	1959,39	498,89	913,77	448,94	3,43
1666	2303,40	594,51	307,43	419,47	1,82
1686	2652,04	308,46	293,79	483,58	1,89
1705	3670,31	477,36	1037,80	496,18	4,15
1725	2412,16	594,53	318,66	441,22	1,69
1745	1979,09	357,96	513,57	427,27	1,25
1765	3964,91	282,06	816,42	466,24	1,63
1785	4662,50	362,00	659,48	437,18	1,13
1807	3193,54	394,50	773,96	433,93	2,25

1826	1514,25	1604,10	90,23	520,32	1,88
1847	2240,18	1133,84	600,96	393,74	1,91
1867	2115,07	1070,12	1027,40	405,84	2,31
1885	3201,46	1337,99	1655,54	397,37	3,30
1906	2387,42	1960,67	105,44	518,88	1,36
1926	2043,86	1116,85	422,65	403,12	1,69
1945	3964,11	861,71	1418,14	378,58	1,64
1965	5104,49	131,51	667,36	491,29	3,24
1986	6241,39	881,16	698,16	436,66	1,04
2007	1419,97	2980,48	480,44	392,04	4,23
2025	3634,45	863,73	1505,24	388,38	1,66
2046	7034,12	614,14	916,02	445,16	0,95
2065	1204,67	11469,98	30,56	251,60	2,06
2085	3920,45	1366,54	965,34	447,01	1,05
2105	4704,29	287,13	1164,13	499,35	2,88
2125	2517,83	524,76	1170,86	561,03	0,93
2147	4279,05	635,10	384,31	588,31	2,60
2165	1966,20	465,27	1106,22	567,91	2,76
2185	2419,80	518,46	1230,17	574,80	2,04
2206	4411,67	366,88	578,18	621,49	3,51
2225	2764,38	216,64	1437,64	644,87	2,18
2246	2190,83	659,73	486,92	576,52	1,99
2266	4049,84	521,23	1164,25	641,22	2,08
2285	4727,76	608,70	184,18	786,85	7,14
2305	3638,47	184,89	2311,65	830,72	3,73
2326	4421,91	222,11	1038,88	631,13	2,39
2346	5447,92	689,48	306,69	752,64	4,05
2365	2866,40	404,44	1306,70	598,28	3,45
2386	3734,70	1096,03	1445,57	514,03	1,99
2406	5362,57	1071,83	820,38	647,75	1,47
2425	4719,10	1589,56	1271,00	506,03	1,83
2445	5191,71	4229,43	1727,99	481,97	1,61
2465	3500,84	4142,98	1685,07	472,24	2,28
2485	5719,82	464,71	1111,85	520,39	6,33
2506	4440,41	3170,16	1141,12	423,38	2,42
2525	1126,96	144,82	865,79	536,59	7,60
2546	890,27	482,15	87,37	512,27	11,02

**APÊNDICES AM – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE ELMOD PARA O OFFSET +6 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	5609,13	5744,40	533,29	369,61	1,70
20	4886,14	2161,86	413,99	367,07	2,18
40	9722,66	4558,57	371,58	380,36	0,70
60	4103,46	2254,05	323,90	427,97	1,39
80	8618,80	1103,38	515,02	362,53	2,70
100	3801,28	1178,51	367,82	252,62	2,16
120	8624,19	580,08	339,01	245,53	2,26
140	7378,54	1179,08	385,85	389,06	1,60
160	5051,61	1286,29	504,09	299,41	1,24
180	3534,08	1555,25	698,75	288,60	1,00
200	5777,94	1431,54	472,49	300,58	1,29
220	9711,92	1178,98	533,54	408,51	2,25
240	7223,74	1181,93	541,36	295,65	1,21
260	3919,36	2078,79	547,23	313,99	2,95

280	2817,38	1459,34	511,10	303,03	1,88
300	3170,83	1000,86	769,41	243,81	1,87
320	5325,80	895,92	756,91	287,20	1,88
340	3864,72	929,37	786,86	235,96	1,25
360	2799,48	1803,03	382,38	331,74	1,40
380	3402,66	1623,75	593,24	311,41	0,60
400	3043,31	1357,01	508,66	323,76	1,75
420	2678,27	1359,52	558,18	438,67	2,89
440	2774,69	1242,06	476,60	251,09	1,26
460	4474,94	1208,29	723,80	272,41	2,06
480	4117,22	2371,34	594,65	337,04	1,03
500	3197,31	1936,45	1170,05	414,36	1,18
520	2660,69	1131,08	514,70	444,15	3,76
540	3330,84	1495,14	532,73	454,98	2,01
560	2441,35	1677,90	940,90	325,25	1,47
580	1820,48	1848,41	578,55	389,06	2,87
600	1620,22	1074,90	621,46	266,57	1,26
620	3033,06	776,81	894,48	393,92	1,79
640	1638,43	1693,50	720,62	406,57	1,84
660	3683,79	1698,87	598,35	312,21	1,05
680	3328,47	817,03	713,28	243,54	1,25
700	3099,12	1530,17	662,98	316,90	1,72
720	5469,37	1193,19	806,13	306,21	1,64
740	7429,34	1667,38	580,95	367,36	1,68
760	2022,75	1685,28	560,13	304,22	1,25
780	4485,56	1588,14	759,38	292,70	1,30
800	2256,00	890,55	612,39	226,37	1,20
820	2084,54	883,98	883,57	283,88	1,17
840	3204,69	737,55	712,03	260,13	0,99
860	2823,71	916,86	586,60	314,34	1,37
880	2774,69	1203,80	579,05	327,96	1,02
900	2611,47	872,03	1344,09	314,31	1,10
920	2537,72	1700,32	561,65	280,21	0,79
940	2957,24	949,44	758,76	276,02	1,19
960	2669,10	1692,49	785,68	345,50	1,05
980	4251,19	847,16	758,30	274,31	1,00
1000	3478,25	1017,44	782,65	347,26	1,08
1020	2593,27	1360,91	723,03	292,62	1,29
1040	2628,66	1223,40	651,42	353,51	1,34
1060	2540,88	1857,52	927,84	375,31	1,33
1080	1655,24	1741,47	500,18	454,98	1,58
1100	3588,45	1163,39	935,27	541,14	1,57
1120	2193,86	1393,15	1288,52	525,48	1,97
1140	2583,50	1284,02	967,64	527,61	1,04
1160	4816,15	812,95	1031,80	322,12	0,65
1180	3189,24	1752,77	850,12	378,49	1,01
1200	3377,56	840,86	594,61	543,73	3,00
1220	3543,60	1673,84	714,73	373,58	0,63
1240	2746,94	1635,75	649,83	388,31	0,93
1260	2426,45	1412,59	622,84	293,21	1,11
1280	2517,26	1948,50	638,35	415,43	1,46
1300	1965,43	1774,14	981,56	283,47	1,63
1320	4419,00	1066,40	748,99	292,07	1,41
1340	2336,22	1307,32	650,83	267,29	1,81
1360	1862,44	1697,52	417,35	299,33	1,48
1380	2651,80	834,32	758,30	279,18	1,16
1400	2402,78	1512,41	567,79	297,94	1,47
1420	3377,56	895,43	887,45	254,34	1,79

1440	3407,52	685,19	694,56	319,03	1,35
1460	2205,86	920,62	522,11	482,53	5,65
1480	4294,13	823,22	584,92	316,07	1,47
1500	2179,78	1097,41	519,77	494,30	2,34
1520	2211,10	976,25	767,05	374,71	1,81
1540	3805,93	1025,99	764,01	302,80	3,18
1560	2497,22	1914,05	511,59	283,04	1,07
1580	3975,44	848,98	607,15	222,46	1,39
1600	3486,51	1083,07	928,87	330,15	1,21
1600	3147,27	755,48	760,10	340,13	1,71
1620	2995,62	717,55	901,34	383,32	1,39
1640	1777,45	457,81	591,11	330,25	0,99
1660	1804,80	365,32	717,06	469,89	1,58
1680	1895,04	541,24	1267,78	331,61	2,37
1700	1439,74	678,34	532,98	291,24	2,29
1720	1457,73	808,48	545,09	250,13	1,88
1740	3454,32	761,92	837,86	347,92	1,19
1760	2076,23	511,13	606,96	225,70	1,23
1780	1640,73	344,35	718,19	335,47	1,83
1800	2563,24	372,93	642,20	231,96	1,83
1820	2750,37	537,72	732,64	215,23	2,71
1840	2645,92	708,99	739,58	230,66	1,54
1860	2050,27	290,64	527,68	328,17	1,81
1880	5073,11	558,04	596,86	224,78	1,60
1900	5385,66	966,75	664,72	264,59	1,29
1920	4520,14	996,09	723,84	286,04	1,18
1940	3396,05	460,96	673,24	222,07	3,22
1960	4051,37	702,54	740,80	254,16	0,95
1980	6073,28	548,82	927,74	316,14	1,53
2000	4026,81	1343,68	670,53	321,43	1,05
2020	6494,87	900,77	871,67	310,29	0,87
2040	5066,00	1015,62	786,86	362,12	1,01
2060	5195,90	1264,04	783,86	322,48	0,73
2080	1767,78	1994,62	910,93	555,38	2,50
2100	1218,67	2172,61	490,42	524,31	2,64
2120	1154,52	1021,51	1011,52	569,62	2,68
2140	2763,46	963,89	1018,20	371,11	1,79
2160	1213,73	1125,78	1033,22	327,38	3,28
2180	3698,29	480,68	804,46	368,76	2,01
2200	3478,25	333,58	645,62	669,56	3,44
2220	2444,77	217,52	510,97	779,91	2,56
2240	3995,10	495,65	749,39	219,50	8,21
2260	2927,37	444,86	691,02	508,66	2,92
2280	3273,83	494,45	743,66	361,26	6,10
2300	3790,75	457,95	622,53	454,97	3,74
2320	4819,45	562,27	537,12	206,14	13,26
2340	4109,22	613,85	589,49	214,72	7,96
2360	3786,13	478,41	814,58	412,90	5,62
2380	3698,29	377,33	528,47	711,38	4,82
2400	5301,40	492,36	861,25	351,68	5,68
2420	5313,99	681,95	780,20	402,19	3,47
2440	5734,79	992,25	1400,73	730,60	1,46
2460	4799,37	867,50	1177,46	527,26	7,79
2480	10633,16	737,58	1022,25	605,58	1,83
2500	3324,10	8568,53	912,57	475,20	2,03
2520	1459,84	4856,62	1867,87	682,35	3,56
2540	1098,34	146,59	351,60	261,14	18,50
2560	889,65	122,50	253,75	295,23	14,21

2581	1189,87	136,22	197,39	168,21	
------	---------	--------	--------	--------	--

**APÊNDICES AN – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE ELMOD PARA O OFFSET -3 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
5	2726,80	4335,01	254,79	358,11	2,57
25	6773,88	4387,01	473,63	358,91	3,03
45	2986,08	8770,96	664,73	336,01	1,45
65	8170,29	1098,45	525,23	324,20	1,31
85	6093,96	1433,94	276,33	262,37	2,03
105	3145,59	845,60	331,93	217,09	1,06
125	5259,67	1238,10	449,03	225,01	1,31
145	3836,70	1846,25	611,28	298,77	1,58
165	3654,99	2291,51	447,06	238,22	1,62
185	3579,69	1104,11	714,45	266,83	1,29
205	7072,02	683,51	436,49	273,74	1,44
225	2563,41	2281,69	384,49	270,17	0,88
245	3340,53	1542,63	309,21	423,96	3,25
265	2346,97	2855,47	415,47	444,15	2,16
285	4052,17	2029,95	530,04	313,65	1,44
305	3335,42	1683,63	769,83	312,20	0,92
325	3443,46	1238,50	650,63	332,71	5,74
345	2583,50	2680,65	551,51	348,63	1,42
365	2791,73	1883,49	693,61	294,89	1,28
385	6911,42	1822,57	830,97	343,06	0,81
405	2583,50	2319,53	654,54	400,10	1,44
425	8125,81	2191,41	945,65	382,77	1,14
445	3574,38	2426,29	900,22	386,72	1,36
465	9274,35	1440,15	862,69	367,14	1,74
485	5174,25	2473,83	836,91	390,34	1,19
505	3907,82	1724,84	1223,97	405,55	2,73
525	6869,53	2688,03	1062,23	402,40	1,81
545	4185,77	2625,09	562,49	517,84	1,48
565	5648,56	2061,91	1093,53	302,17	1,17
585	2938,35	581,08	1352,30	356,78	1,06
605	9119,88	1354,21	1176,03	330,19	1,22
625	1572,78	1277,37	497,30	449,70	1,53
645	4895,63	2126,45	1442,22	337,31	2,53
665	4447,10	2032,97	646,04	488,57	2,68
685	7378,09	1472,85	1495,97	335,62	1,66
705	1621,03	2976,79	486,79	642,25	2,40
725	3712,43	2700,12	831,91	441,77	4,30
745	3712,43	2327,42	1107,36	499,57	0,71
766	4525,96	1989,63	920,65	379,61	1,48
785	8170,29	901,82	806,53	305,82	2,07
805	2129,21	2413,49	574,61	300,74	2,24
825	1965,43	1802,46	546,58	314,45	2,81
845	1867,15	1187,71	855,23	398,38	0,79
865	2305,13	1954,83	456,41	350,11	1,91
885	2191,31	1545,80	545,62	297,78	2,44
905	1820,48	2486,56	507,69	345,97	1,83
925	1921,61	2047,15	439,22	339,68	1,87
945	2136,54	1714,72	489,52	494,67	2,55
965	1825,09	2129,89	515,62	550,53	1,44
985	2318,71	1890,27	754,37	583,87	2,49
1005	2597,02	3554,69	526,46	613,06	2,31

1026	3229,61	1315,32	894,48	550,53	2,38
1045	3157,34	2068,81	1241,91	473,97	1,92
1065	2999,73	2445,40	765,84	309,09	1,37
1085	3130,42	957,64	614,70	536,94	3,21
1105	2391,27	2188,82	785,77	537,42	1,75
1125	3198,79	2467,70	448,95	564,29	1,85
1145	2140,87	2240,08	372,90	620,72	2,31
1165	2576,35	1886,13	975,85	377,30	2,08
1185	3979,57	1084,89	1361,56	402,72	1,06
1205	1314,18	2492,04	466,00	591,16	5,40
1225	3140,91	1507,35	733,54	339,54	1,93
1245	4276,24	1839,56	815,39	432,84	0,74
1265	2909,52	1960,31	432,67	387,92	1,76
1285	3400,42	1483,68	679,22	326,08	2,20
1305	2712,61	1383,34	820,45	269,77	1,67
1325	1703,10	2190,26	577,31	304,88	2,23
1345	2910,52	798,54	540,64	263,58	1,77
1366	4902,15	924,29	671,93	293,82	1,36
1385	738,73	1417,78	495,65	545,35	25,42
1405	2576,35	1505,56	1069,85	468,40	2,56
1425	2396,12	1302,34	573,48	383,36	2,53
1445	2916,98	836,43	657,20	313,45	2,79
1465	2450,96	1000,86	526,69	237,93	2,38
1485	2802,55	993,60	586,02	543,73	2,32
1505	3101,16	1725,46	623,45	331,89	2,42
1525	1712,43	3106,76	588,56	576,75	1,32
1545	2869,40	2954,16	571,62	430,27	2,13
1565	2845,84	1104,76	656,75	298,81	2,38
1585	2605,72	4310,65	1095,60	504,63	1,01
1605	4513,81	1899,20	739,47	474,23	2,26
1625	2874,58	1180,77	729,28	292,15	2,10
1646	1729,45	4139,73	372,26	501,59	1,60
1665	2497,22	2425,92	459,10	418,57	1,38
1685	5773,22	1069,01	932,10	336,27	2,70
1705	2305,13	2078,22	503,52	347,27	1,74
1726	3052,16	2414,51	445,27	376,84	1,72
1746	3434,77	1515,47	715,69	319,63	1,53
1766	7241,85	1648,45	491,67	291,69	2,53
1785	2497,22	1769,54	499,60	375,43	1,29
1805	1634,29	2040,40	369,10	620,72	2,95
1825	6159,19	1003,43	715,59	394,20	1,14
1845	8448,82	756,77	703,24	301,04	1,64
1865	5671,05	1278,45	756,49	340,81	2,20
1885	5143,94	1413,47	564,17	491,41	0,93
1906	5160,16	804,25	763,90	312,85	1,94
1925	4304,33	1025,06	1033,60	359,25	1,97
1945	5401,46	979,25	752,80	266,53	2,83
1965	7122,98	640,29	750,18	291,31	1,80
1985	6771,06	765,25	737,42	284,72	2,20
2005	3295,18	1568,03	661,03	332,69	1,34
2025	6286,05	1244,59	994,48	324,38	0,78
2045	2189,53	3319,33	311,98	564,29	3,01
2066	5293,97	1454,49	755,84	373,03	0,97
2085	5509,80	1567,67	1299,52	300,27	1,38
2105	6146,89	1680,46	1129,06	347,35	1,08
2125	4711,62	1013,37	689,37	282,71	1,27
2146	6077,07	860,26	908,28	262,06	3,41
2165	5379,59	684,46	886,57	408,21	3,18

2185	5179,54	636,17	733,86	302,30	1,84
2205	4474,94	691,57	1206,18	314,82	2,72
2225	5182,78	770,14	732,88	281,03	3,86
2246	2150,72	991,44	609,47	293,63	2,99
2265	1742,08	1226,12	463,30	350,58	2,84
2285	3961,34	721,73	774,50	390,82	2,95
2305	4347,81	690,47	894,13	331,71	1,99
2326	3328,47	830,35	623,52	333,48	3,03
2346	3070,51	832,45	597,45	381,64	1,59
2365	3697,72	589,02	1039,69	351,49	3,52
2385	5911,28	564,77	924,26	442,34	4,10
2405	4586,81	824,13	834,97	354,39	2,85
2425	4972,15	813,36	1101,52	300,34	3,29
2445	5006,54	3675,86	1422,60	399,45	0,95
2465	4629,55	2043,27	1194,12	363,76	34,00
2486	4067,66	7270,57	1180,24	682,35	0,67
2505	8387,92	2422,53	1513,33	525,08	0,90
2525	6748,44	3458,84	2102,25	361,40	1,26
2545	1491,57	208,62	390,58	350,48	36,00

**APÊNDICES AO – MÓDULOS DE ELASTICIDADE RETROANALISADOS PELOS
SOFTWARE ELMOD PARA O OFFSET -6 DA PPD B**

Módulo de elasticidade (MPa)					
Comp. (m)	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	RMSE (%)
0	8677,14	1560,92	309,45	393,92	2,68
20	1082,03	1719,53	1144,15	336,81	2,55
40	1229,15	4134,77	1933,14	341,40	2,41
60	6077,07	1018,11	462,78	367,95	2,53
80	7497,87	623,93	544,27	221,63	2,03
100	4727,21	784,53	270,77	187,62	1,28
120	2743,92	705,81	458,94	193,68	1,26
140	1542,86	1780,36	384,26	341,84	2,27
160	1587,97	1199,05	937,51	350,16	3,61
180	2635,73	1465,51	559,00	303,63	1,71
200	3337,71	1185,60	567,95	234,72	1,48
220	2076,23	530,49	604,22	235,87	1,61
240	1447,62	2296,45	493,06	239,31	2,26
262	1911,45	1370,32	548,47	403,77	3,95
280	2698,56	1547,06	333,75	418,73	3,35
300	2709,13	1713,86	679,21	235,82	0,99
320	2899,55	1500,54	506,86	265,02	1,39
340	2781,28	2022,31	448,88	355,78	1,47
360	2861,16	727,27	928,77	253,13	0,98
380	2642,41	1769,06	723,24	470,76	2,50
400	1980,26	815,60	793,20	247,89	1,27
420	7868,12	1867,10	630,84	324,14	1,13
440	1357,72	2700,26	731,18	322,29	2,15
460	4617,85	1417,08	669,60	343,03	0,99
480	2150,72	837,45	739,35	351,35	1,46
500	6481,72	1739,96	979,04	385,10	1,87
520	2107,92	1952,72	784,02	347,31	1,10
540	4829,39	626,93	700,83	250,33	1,89
560	2426,45	898,73	863,07	314,47	1,20
580	3229,38	1683,19	547,53	325,10	1,42
600	3706,03	1141,06	871,94	293,43	0,94
620	1899,54	900,19	930,64	366,55	2,61
640	5272,54	1068,31	843,40	424,63	1,51

660	3303,01	642,88	958,24	507,81	0,93
680	2342,13	1631,54	817,72	426,20	1,30
700	5715,49	1034,05	1186,21	284,99	1,83
720	3229,61	1430,47	1064,02	437,13	1,52
740	4835,93	1639,94	1313,70	495,99	1,48
760	4086,85	1086,79	902,50	399,25	0,93
780	1863,66	1392,26	642,48	355,98	1,53
800	3033,06	706,68	822,76	292,67	0,96
820	1834,22	961,10	542,43	330,63	1,26
840	2336,22	1373,92	699,13	363,04	1,01
860	2389,69	788,24	569,00	309,22	1,23
880	1697,41	1869,83	363,21	315,80	1,56
900	1173,35	1467,58	535,21	320,94	1,24
920	1638,43	2586,32	544,84	359,16	2,03
940	2347,17	1535,43	600,31	438,67	4,04
960	2402,19	1060,28	731,02	530,79	2,71
980	3749,93	1519,79	1206,18	511,04	1,29
1000	4490,05	1190,95	746,40	543,73	1,71
1020	4397,36	798,65	693,73	342,91	2,03
1040	5359,69	1148,85	894,95	465,34	1,27
1060	3588,45	1266,90	1046,47	407,45	2,83
1080	4540,94	823,61	1040,46	530,79	2,08
1100	3805,24	1609,60	1625,49	455,79	3,26
1120	3078,41	1956,19	1425,39	555,38	1,55
1140	7208,26	1197,17	1788,48	449,56	2,16
1160	4460,96	796,95	1129,09	384,04	1,19
1180	4037,01	1231,30	953,79	382,89	1,44
1200	2991,42	2206,69	637,24	331,89	4,46
1220	3105,52	1320,51	940,18	583,87	3,40
1182	3455,01	1433,87	832,01	398,00	1,99
1200	2936,01	1448,35	838,19	372,57	1,80
1220	2795,83	1312,54	932,60	493,01	1,35
1240	3054,66	1515,15	573,52	370,98	0,62
1260	2844,06	882,38	629,00	356,84	1,26
1280	1886,01	1043,38	694,64	270,37	0,98
1300	3025,88	746,59	635,37	305,49	3,02
1320	3070,51	711,00	699,84	308,84	2,19
1340	2783,87	578,33	523,28	247,77	1,25
1360	2819,57	489,16	714,29	232,99	2,28
1380	2426,45	538,58	788,41	299,96	1,01
1400	2305,13	925,20	607,27	444,66	1,40
1420	1752,78	1432,88	517,35	591,16	1,17
1440	6129,86	1300,43	975,32	283,79	3,07
1460	5606,10	746,33	903,83	322,41	1,31
1480	5671,05	889,54	640,59	328,04	1,53
1500	3221,45	1145,69	961,65	407,80	1,49
1520	2450,96	921,20	678,06	285,47	1,48
1540	3025,88	571,55	612,77	310,16	2,72
1560	1683,68	676,63	662,45	286,06	0,76
1580	1658,91	1944,94	574,24	370,27	1,81
1600	2087,35	1928,47	746,75	391,95	1,44
1620	1360,55	719,78	489,48	285,62	1,90
1640	1742,08	1521,20	702,71	330,34	2,16
1660	1759,68	736,84	999,81	375,74	1,10
1680	4430,19	837,14	1556,24	461,43	2,78
1700	2540,54	882,96	899,52	283,66	1,62
1720	1746,92	2286,32	501,65	350,82	1,80
1741	3966,42	875,14	856,89	362,12	2,62

1760	5580,42	804,65	506,72	257,26	2,49
1780	7943,40	794,09	689,78	317,40	1,95
1800	3200,58	887,97	793,62	295,86	1,65
1820	2995,62	1208,29	489,42	353,23	1,11
1840	4306,06	1277,38	643,58	265,34	1,38
1860	5580,42	845,91	449,42	256,17	2,66
1880	2116,74	1191,12	684,70	227,76	2,17
1900	3829,04	518,28	683,17	266,14	1,82
1920	2534,52	803,62	647,20	255,14	3,11
1940	3735,65	750,26	543,80	270,40	4,63
1960	1881,25	892,43	539,15	255,99	1,43
1980	3773,39	461,19	329,42	168,81	10,82
2000	2723,29	1053,40	613,00	377,98	2,17
2020	4746,14	720,93	865,34	268,59	1,84
2040	3763,27	1093,68	977,54	265,69	2,26
2040	5034,30	847,16	635,37	398,92	1,87
2060	3451,20	953,08	613,00	330,69	2,34
2080	2880,52	1484,56	641,89	300,62	3,74
2100	5245,10	971,19	784,94	312,47	1,74
2120	2475,72	1430,47	469,59	272,37	1,12
2140	5301,40	710,96	651,39	238,67	4,42
2160	2105,60	373,43	638,92	468,81	3,43
2180	1328,99	849,30	588,66	282,60	3,60
2200	4057,85	462,92	623,63	360,97	1,62
2220	2648,50	432,42	738,98	233,99	5,76
2240	3137,46	284,32	553,31	442,48	1,58
2260	3943,19	464,65	747,54	254,30	6,59
2280	2005,33	419,42	930,06	399,76	2,16
2300	3839,68	432,83	602,59	341,10	4,65
2320	3592,12	409,25	656,30	379,69	3,03
2340	3362,09	402,48	742,99	398,72	3,02
2360	2988,05	645,94	723,93	289,69	5,43
2380	3494,89	547,60	660,38	321,26	5,58
2400	5831,54	580,08	643,41	283,43	5,26
2420	2791,37	483,88	859,86	323,21	10,28
2440	5092,50	1460,62	1885,99	498,62	4,47
2460	4234,52	2185,07	1180,94	364,95	1,58
2480	4831,10	4804,37	1083,34	562,14	1,70
2500	2754,41	2725,77	1368,52	720,26	2,10
2520	4108,75	5456,59	1194,67	549,88	0,88
2540	939,08	136,49	326,39	253,89	26,70
2560	1011,98	129,31	317,10	741,80	9,36
2580	867,41	118,74	248,28	170,25	22,27

**APÊNDICE AP – MÓDULOS DE ELASTICIDADE CARACTERÍSTICOS ORIUNDOS DOS *SOFTWARES* DE RETROANÁLISE
PARA O PAVIMENTO DA PPD DA PPD A (*OFFSET* +3m E +6m)**

		Módulo de Elasticidade (MPa) - <i>Offset</i> +3m				Módulo de Elasticidade (MPa) - <i>Offset</i> +6m						
	<i>Software</i>	SH1	SH2	SH3	SH4	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7
Revestimento	BAKFAA	2134,75	3336,07	4839,91	3522,07	3015,53	2083,23	1729,89	2359,65	2875,42	4585,90	4102,52
	BackCAP	1673,61	1364,82	2624,00	2215,48	2094,23	1894,20	2139,20	1958,00	2099,00	4333,50	3861,45
	BackMedina	1735,70	1366,63	3472,75	2846,39	1963,75	1825,35	1711,62	1557,40	1993,00	4925,50	4473,81
	ELMOD	1661,60	1450,53	2456,92	2339,32	2100,64	1955,92	1826,83	1753,77	2116,86	4110,23	3781,11
Base	BAKFAA	3321,91	1933,72	1091,15	583,00	1063,68	2213,66	566,70	503,57	470,57	551,70	704,75
	BackCAP	1975,97	881,00	292,00	314,04	1030,57	1758,50	1015,29	1042,17	1032,64	428,67	235,70
	BackMedina	1980,71	902,11	405,00	456,11	854,59	1075,00	731,13	640,08	596,50	120,00	289,30
	ELMOD	1841,15	887,53	700,98	362,39	697,70	912,93	643,35	508,23	590,01	611,41	331,07
Sub-base	BAKFAA	504,74	422,17	584,12	264,88	418,47	619,95	387,83	410,57	362,40	150,58	130,84
	BackCAP	403,75	212,10	266,40	241,07	365,54	475,18	414,14	271,24	278,00	307,60	291,07
	BackMedina	497,05	206,10	235,80	241,04	292,04	421,46	338,20	220,00	224,25	175,75	206,42
	ELMOD	720,50	715,17	291,96	308,58	540,76	685,66	547,82	476,34	426,00	370,15	302,26
Subleito	BAKFAA	298,47	223,95	194,33	180,15	266,70	260,92	217,56	252,53	217,56	213,00	192,00
	BackCAP	251,55	189,71	162,61	149,18	217,38	215,94	243,55	203,69	174,64	188,20	164,30
	BackMedina	372,23	290,72	200,48	182,96	254,60	264,76	279,73	252,31	219,57	241,39	233,35
	ELMOD	265,20	218,86	171,00	161,52	206,45	241,58	251,79	213,31	153,16	224,93	167,54

**APÊNDICE AQ – MÓDULOS DE ELASTICIDADE CARACTERÍSTICOS ORIUNDOS DOS *SOFTWARES* DE RETROANÁLISE
PARA O PAVIMENTO DA PPD DA PPD A (*OFFSET -3 E -6*)**

	Módulo de Elasticidade (MPa) - <i>Offset -3m</i>						Módulo de Elasticidade (MPa) - <i>Offset -6m</i>				
	<i>Software</i>	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5
Revestimento	BAKFAA	2213,39	2674,46	4113,40	7310,34	4098,06	3762,20	3967,45	3875,64	5432,53	5501,88
	BackCAP	1551,38	1985,15	1686,17	4068,36	3708,22	2287,75	2159,35	2187,85	2141,84	3316,99
	BackMedina	1833,87	1808,59	2055,80	4812,40	3872,17	2662,55	2517,81	2985,16	3581,47	4283,69
	ELMOD	1882,74	1930,37	2006,68	3644,41	3107,69	2382,63	2076,61	2085,94	2645,02	3683,60
Base	BAKFAA	1431,15	1772,84	529,52	691,34	372,31	1151,84	2187,03	1225,10	594,75	602,68
	BackCAP	1695,50	1990,30	594,11	285,09	263,17	951,65	1317,00	798,38	646,79	191,32
	BackMedina	1473,22	1825,72	673,89	276,00	239,55	1197,26	2102,29	966,17	687,05	245,56
	ELMOD	1142,80	1324,87	507,81	282,41	455,47	1055,04	1629,34	756,44	561,38	290,21
Sub-base	BAKFAA	499,82	680,21	220,52	523,46	257,32	482,12	693,53	595,91	244,62	312,13
	BackCAP	422,38	420,65	159,68	307,36	279,54	392,00	438,29	424,58	221,44	212,58
	BackMedina	398,33	565,69	239,53	293,50	269,20	359,17	407,82	408,11	202,32	236,56
	ELMOD	676,87	804,91	354,13	430,53	362,25	626,54	752,86	870,46	373,11	322,04
Subleito	BAKFAA	291,81	275,41	242,03	206,50	164,33	317,54	287,69	288,63	222,93	187,13
	BackCAP	244,33	245,67	191,59	175,73	163,14	229,05	235,13	237,68	195,77	165,76
	BackMedina	333,20	292,95	242,18	223,00	201,29	284,19	289,59	307,88	243,28	227,32
	ELMOD	236,00	287,12	180,68	172,61	165,39	226,65	264,74	275,65	159,95	155,87

**APÊNDICE AR – MÓDULOS DE ELASTICIDADE CARACTERÍSTICOS ORIUNDOS DOS *SOFTWARES* DE RETROANÁLISE
PARA O PAVIMENTO DA PPD DA PPD B (*OFFSET* +3m E +6m)**

		Módulo de Elasticidade (MPa) - <i>Offset</i> +3m				Módulo de Elasticidade (MPa) - <i>Offset</i> +6m							
Revestimento	<i>Software</i>	SH1	SH2	SH3	SH4	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8
		BAKFAA	4685,01	2479,65	2723,38	4158,52	5630,78	3884,44	3389,06	4119,31	3618,96	2801,20	4419,87
	BackCAP	4122,58	2218,62	2560,44	3442,88	4544,10	2970,25	3360,65	3170,25	3158,28	2632,10	3623,13	3790,15
	BackMedina	4530,58	2456,11	2698,56	3739,38	6732,18	3179,42	3056,52	3174,44	3004,56	2548,08	4202,64	3848,77
	ELMOD	3769,92	2135,62	2397,02	3385,71	5230,24	2899,42	2757,52	2682,17	2801,08	2197,36	3826,76	3456,64
Base	BAKFAA	954,83	1800,45	672,35	561,34	996,44	1146,79	736,30	1124,20	503,77	217,13	792,01	149,88
	BackCAP	993,31	890,98	970,25	716,31	967,05	990,08	963,00	991,71	846,83	351,60	789,60	372,30
	BackMedina	2280,45	1871,89	1385,50	901,12	2026,91	2078,17	1591,71	1837,13	1253,83	629,90	1274,80	188,45
	ELMOD	1542,20	1333,56	1216,25	809,41	1287,92	1512,90	1187,81	1433,85	852,93	555,57	912,96	452,29
Sub-base	BAKFAA	571,75	606,58	562,64	823,84	518,85	482,64	543,47	682,53	644,44	623,33	793,63	645,35
	BackCAP	342,53	340,74	139,73	395,44	403,50	363,92	311,41	404,75	228,40	416,50	380,07	464,70
	BackMedina	332,92	209,29	146,13	589,00	292,59	339,17	205,18	385,00	214,94	153,50	331,00	321,91
	ELMOD	581,78	670,90	711,86	929,65	695,75	697,24	693,97	801,67	675,08	715,10	799,49	1303,60
Subleito	BAKFAA	361,02	455,47	457,58	535,11	308,05	350,60	385,25	451,28	473,07	472,79	459,69	615,53
	BackCAP	334,06	395,05	471,00	459,34	280,36	317,00	358,24	378,81	427,33	412,10	400,75	460,80
	BackMedina	397,61	494,80	544,81	581,00	344,73	378,83	441,88	454,38	529,33	530,80	510,93	595,43
	ELMOD	350,37	323,68	281,55	418,75	326,23	355,63	298,90	397,57	335,93	278,81	298,55	447,96

**APÊNDICE AS – MÓDULOS DE ELASTICIDADE CARACTERÍSTICOS ORIUNDOS DOS *SOFTWARES* DE RETROANÁLISE
PARA O PAVIMENTO DA PPD DA PPD B (*OFFSET -3m E -6m*)**

	<i>Software</i>													
		SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8
Revestimento	BAKFAA	5508,93	5905,71	3027,64	5412,78	5405,82	4025,43	4597,36	2732,88	5376,27	4124,40	2497,48	4023,97	3825,41
	BackCAP	3837,38	4289,67	2983,03	4429,24	4439,42	2986,00	3508,70	2803,86	4022,00	3278,62	3053,50	2805,00	3813,17
	BackMedina	4961,14	6107,56	2780,55	5280,73	5306,89	3871,76	4110,50	2994,36	4542,56	3926,54	2474,00	3237,50	3978,38
	ELMOD	4154,85	5038,01	2504,72	4497,88	4361,85	3245,63	3559,81	2277,17	3786,12	3336,61	2354,71	2890,85	3379,04
Base	BAKFAA	913,26	1473,63	858,72	472,87	802,51	805,05	854,05	947,74	934,26	627,68	498,72	1153,88	307,80
	BackCAP	977,62	966,17	977,25	861,89	629,15	920,39	915,50	982,21	874,25	768,38	732,50	800,25	501,50
	BackMedina	2924,19	2382,78	2185,10	1156,45	2558,91	2494,72	1454,80	1903,00	1469,33	1043,69	1440,50	1233,25	596,26
	ELMOD	1715,53	2026,13	1724,53	1267,22	1412,81	1491,72	1228,55	1352,35	1386,34	907,61	1198,08	809,42	724,46
Sub-base	BAKFAA	897,39	820,94	541,13	908,16	1309,15	626,00	718,54	589,41	710,14	391,73	448,44	484,83	823,62
	BackCAP	315,86	442,39	353,65	338,39	404,38	334,92	412,30	333,79	459,88	336,23	338,50	285,38	394,17
	BackMedina	186,85	509,33	292,50	425,74	839,91	203,38	505,00	292,57	752,81	282,23	195,00	532,63	687,97
	ELMOD	522,63	969,13	618,73	673,63	935,80	656,11	829,64	751,20	914,71	660,62	705,99	708,11	637,71
Subleito	BAKFAA	322,74	440,10	436,64	518,45	576,13	315,40	381,22	452,91	454,71	430,05	504,17	556,18	544,07
	BackCAP	302,43	384,50	411,33	467,36	471,69	303,36	338,20	395,86	395,44	382,77	419,67	483,13	447,95
	BackMedina	380,90	463,00	491,05	598,78	680,09	363,32	398,90	472,57	486,44	468,38	531,33	631,00	590,10
	ELMOD	309,93	398,47	415,19	334,32	360,95	309,61	364,09	373,88	450,52	302,50	341,95	338,37	299,96

**ANEXO A - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO *OFFSET*
+3 DA PPD A**

Bacias deflectométricas (µm) obtidas na linha +3										
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Comp. (m)	Carga KN									
0	193,08	376,5	261,4	229,1	197,5	152,6	127,7	104,8	86,6	73,4
25	190,06	587,8	302,8	257,2	216,4	158,7	126,9	103,3	87,1	74,6
50	194,51	417,1	265	231,7	204,6	160,7	132,7	109,6	91,5	77,4
75	190,69	422,8	251,7	208,9	179	140,6	117,2	97,8	79,6	67,8
100	195,78	441,5	284,6	232,8	195,8	148,7	122,4	101,6	81,2	69,2
125	194,35	457,4	324,5	271,1	219,9	159,3	127,6	102	83,4	70,7
151	195,15	493,1	326,9	253,5	210,2	158,1	132,3	107,7	89,9	76,1
175	195,15	687,8	269,5	233,8	206	155,6	127	105,2	88,7	74,5
200	193,08	531,4	331,3	280,7	241,3	184,2	150,3	124,4	104,5	88,7
225	193,71	565,4	391,1	321,5	269,1	204,1	165,4	135,9	112,6	94,2
250	189,58	612,1	296,2	249,1	217,6	173,2	141,8	123	98,4	93,1
275	194,67	596,8	339,5	281,8	238,7	182,2	148,7	122	100,9	84
300	195,3	347,9	235,5	195,7	167	129,9	107,8	91,6	76,2	66,4
325	194,99	499	314,1	265	221,4	169,7	137,5	114	94,4	78,7
350	192,12	434,9	298,3	247,9	207,8	159,1	135,3	114,1	96	82,9
375	191,33	511,2	336,7	277,6	236,4	187,1	159,2	130	112	94
400	192,6	597,8	384,1	327,2	291,6	230,2	193	159	133,2	104,9
425	190,53	560	385,6	335	293,3	234,7	196,9	159,9	130,2	113,8
450	193,56	582,2	383,7	328,2	293,9	240,2	203,2	170,2	143,3	120,7
475	193,24	624,6	410,9	354,5	309,9	241,5	202,9	167,2	138,4	116,3
500	192,92	676,4	424,6	352,6	311,8	243,8	202,3	168,8	138,6	113,5
525	193,4	657,4	400	345,1	309,6	246,5	204,4	167,1	137,7	114,5
550	193,4	657,1	384,6	334,1	284	215,8	174,6	140	113,1	92,7
575	193,08	501,8	339,9	281,7	244,8	186,4	148,5	122,3	98,7	80,1
600	194,19	397,9	300,2	267,8	230,3	177,6	144,7	114,8	96,9	82,7
625	194,51	404,8	231,3	210	189,1	157,2	136,4	112,7	97,3	83,2
650	195,3	449	251,9	227,2	214,5	176,1	149	124,6	104,8	88,4
676	194,67	379,3	210,2	193,3	181	153,9	134,1	116,2	99,8	86,7
700	194,51	462,6	210,6	188,4	176	150,8	131,3	112,7	98,8	87,1
725	192,44	531,2	209,5	186	167,5	140,5	119,5	107,3	93,2	81,7
750	193,71	442,2	196	174	159,2	135,2	119,7	104,5	92,3	80,4
775	196,26	364,1	210,9	190,3	172,4	147,6	129,3	109,9	94,9	82,6
800	194,67	375,9	226	206,5	190	160,3	141	122,4	106,8	92,1
825	195,78	448,6	259,8	226,5	201,4	162	136	113,1	98,9	85,2
850	188,62	665	232,9	206,6	188	155,3	133,5	112,7	99,3	86,1
875	191,33	387,4	261,5	231,5	207,2	167,2	143	121,5	102,7	86,6
900	194,51	383,7	269,8	238,6	213,7	173,1	145,6	121,9	104	90,3
925	196,42	474,7	270,3	235	210,2	173,6	150,6	126,3	109,1	93,6
950	191,01	470,4	255,2	218,6	200,7	167,1	145,5	122,2	104,5	90,8
975	193,56	353,9	254,2	227,8	204	166,6	141,1	121,1	104,3	88,5
1000	192,28	450,8	239,7	219,1	197,1	164,5	142,4	121,6	105,6	92,6
1025	194,19	347,9	259,3	234,6	208	165,8	140,9	119,9	102,3	90
1050	198,64	432,6	291,5	247,8	214,3	170,3	144,7	121,6	104,1	89,3
1076	193,56	549,4	364,8	298,6	267,1	209,2	180,1	145,9	120,6	102,6
1100	194,35	594,9	379,3	330,1	293,7	234	195,6	164,6	137,1	116,8
1125	195,78	575,9	366,2	321,4	284,2	228,8	191,2	160,6	134,3	116,5
1150	194,67	575,3	386,9	330,7	282,8	217,7	177,2	144,1	117,3	96,3
1175	194,35	577,7	378,5	320	274,2	209,1	168,8	137,5	114,3	94,2
1200	199,44	517,9	336,2	284,2	242,1	185,6	150,3	122,9	102,4	87,5
1225	191,65	630	323,4	302	266,5	205,3	168,6	140,1	118,7	97,6
1250	194,51	512,8	344,8	300,2	254,7	199,2	163	131,7	111,2	97,6

1275	192,12	523	350,9	304,1	258,4	199,5	159,8	132,7	113,1	95,7
1300	194,03	463,7	328,9	283,1	242,8	185,9	150,1	122,6	100,6	91,4
1325	197,69	453,2	328,2	274,9	225,9	168,1	136,2	115,3	94,8	83,5
1350	197,21	431,8	294,1	264,7	233,3	180,9	149,8	125,2	106,2	90,9
1375	196,9	579,6	377,3	307,5	252,7	182,1	143,9	118,8	97,1	85,6
1400	198,49	333,1	204,1	178,4	167,5	141,3	124,4	108,7	94,7	80
1425	197,53	322,2	228,8	201,8	183,2	157,8	136,8	116,5	97,4	83,4
1451	196,9	329	190	176,2	166	148,1	128,6	112,5	98,7	84
1475	194,99	333	210,8	189,8	176,4	153,3	136,4	119,4	104,9	90,3
1500	201,19	386,7	242,2	215,7	198,6	174,1	155	134,1	115,8	98,6
1525	200,87	453,6	234,7	203,8	184,3	159,5	141,5	124,4	107,7	92,7
1551	194,51	435,7	241,3	221,2	207,3	176,4	155,3	137,7	121,8	106,7
1575	195,46	398,3	234,6	209,7	195,2	174	155,7	135,9	118,8	101,9
1600	194,51	945,2	469,9	384,9	351,3	290	239,3	197,6	154,1	126,1
1626	190,37	888	308,6	265,3	233,9	189,8	167,4	144,5	124,1	105,4
1650	191,96	1199,6	486,4	413,2	359,1	252,8	181,7	135	109	92,6
1676	191,33	1138,4	596,4	467,2	388,2	277,9	201,2	156,4	121,9	101,1
1700	192,28	1179,5	638,2	511,6	426,2	294,2	209,3	156,8	122,9	100,4
1725	196,74	845,2	624,2	518,5	422,1	290,8	221,2	170	135,1	112,7
1750	188,94	1004,3	567,8	452,7	404,6	295,4	219,5	168,6	133,7	110
1775	187,03	989,8	601,2	461	381,6	274,3	206,1	155,1	127,2	105,6
1800	194,51	1029,3	582,3	482,4	401,7	278,5	211,1	159,6	127,5	102,8
1825	188,47	959,6	554,2	446	371,2	268,1	201,5	155,2	122,5	102,7
1850	190,22	982,8	661,9	530,9	440	301,3	226,3	173,4	138,1	117,7
1875	187,51	875,8	642,6	519	412,4	284,7	241,5	183,5	150,6	127
1901	193,08	844,7	644	520,9	425,4	308,9	240,3	192,7	159,4	130,8
1925	190,37	899,3	647,1	533	429,4	301,7	228,4	183,1	154,4	127,8
1950	190,69	793,8	590,9	487,5	402,5	294,2	228,9	186	151,3	129,1
1975	189,9	701,5	545	461,4	391,2	296,5	235,1	188,8	157,7	131,4
2000	194,67	576,2	440,6	383,4	333	260,1	213,1	176,3	147,1	128,2
2025	195,62	541,2	433,9	387,4	343,7	271,1	223,9	183,4	151,4	127,7
2050	195,15	560,7	458,1	411,9	366,5	292	243,5	199,8	163,4	135
2060	194,35	502,6	410	373,1	334,1	269,6	222,8	185	153,9	130,9
2100	190,69	697,1	530,6	462,7	404	308,1	251,2	202,6	166,5	137,4
2126	191,33	806,3	648	552,1	460,1	328,4	250,6	199,1	158,5	132,9
2175	194,03	420	320,5	309,9	296,7	266,2	236,8	203	174,3	147,5
2200	193,56	360,4	271,5	264,4	251,9	218,7	197,4	170,8	146	123,8
2225	190,53	563,2	352,5	352,5	344,2	256,8	217,1	177,4	149,1	122,4
2250	192,92	482,1	423	397,3	363,1	300,3	250,5	205,7	165,9	131,9
2275	181,63	827,5	642,6	526,5	421,5	275,7	202,6	157,9	130,1	111,3
2300	179,88	996,6	699	568,5	443,3	286,9	206,9	160,5	134	114
2326	187,67	782,7	644,7	554,8	466	332,7	255,3	198	162,4	136,5
2350	186,88	1282,4	686,9	578,7	477,8	336,6	256,5	200,4	162,8	134,9
2375	185,92	890,5	700	608,3	514,1	379	295,7	233,9	189,2	158,1
2400	193,24	786	599,7	521,4	445,9	330,5	264,5	215,5	178,8	154,6
2426	186,72	725,7	566,4	504,6	440,1	336,7	270,5	216,9	178,9	151,7
2450	187,19	787,4	613,2	534,4	455,9	339,7	266,8	213,6	175,8	150,3
2476	188,94	818,6	634,4	537,3	447,1	323	252,8	204	170,6	147,5
2500	191,17	902,3	670,1	509,9	398,1	263,2	200,5	164,8	142,9	125,6
2510	186,88	844,6	649,5	558,4	470,7	339,7	263,5	212,9	175,9	147,1
2525	188,94	909	660,8	561	467,9	337,2	264,4	207,9	169,5	140,2
2550	189,42	935,2	711	597	498,3	359,9	278,1	217,4	179,4	144,8
2575	191,17	922,3	691,5	591,9	492,7	370,3	288,9	232,3	182,5	152,9
2600	184,81	763,2	579,7	477,2	385,7	276,1	215,5	175,2	148,3	129,5
2625	188,94	794,1	659,3	577	494,7	370,3	293,6	233,2	192,9	166,4
2650	187,35	805,7	634	546,6	467	352	276,1	221,9	183,3	159,1
2675	189,26	788,4	663,7	587,5	507,4	377,7	295,2	231,8	186	153,8
2700	190,69	893,3	639	547,3	459,5	336,1	260,5	200,9	164,3	132,7

2753	189,58	743,1	576,2	507,4	438,6	332,4	263	209,8	170	142,4
2775	191,17	814,1	638,6	551,8	469,4	343,1	263,6	205,1	164,8	137,5
2800	188,47	888,8	685,4	589,8	500,4	372,1	288,3	230,7	185,8	157,3
2825	191,17	997,4	737	587,4	468,6	322,7	244,5	195,4	166,6	143
2850	190,06	856,4	646,4	529,3	423,7	296,6	225,5	177,9	148,1	128,1
2875	189,42	834,5	634,2	535,5	444,4	315,8	238,5	186,2	152,8	132,3
2900	189,1	860,7	658,2	547,5	447,3	319,4	250,3	202	169,1	145,5
2925	183,22	1680,6	985,9	635,5	434,2	280,3	227,9	187	158,1	134,2
2950	184,33	1531,9	936,4	666,6	475,7	290,8	213,3	173,7	149,1	130,2

**ANEXO B - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO *OFFSET*
+6 DA PPD A**

Bacias deflectométricas (µm) obtidas na linha +3										
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Comp. (m)	Carga (kN)									
13	206,28	545,40	336,50	260,30	222,50	167,20	135,00	110,70	91,20	78,40
38	204,85	401,00	314,90	270,70	236,20	187,20	153,10	127,00	104,20	89,30
63	204,21	437,20	310,30	258,70	224,80	176,00	144,20	119,10	98,70	82,90
88	204,53	460,10	316,50	268,90	235,20	183,80	149,70	122,50	99,60	81,40
113	206,12	598,50	401,10	326,90	277,40	207,10	163,90	131,00	105,30	86,30
138	203,42	495,30	376,90	320,10	270,20	199,50	157,30	125,20	101,00	82,50
163	205,01	533,70	393,10	334,50	283,50	212,90	172,00	137,40	111,60	92,10
188	202,94	715,20	542,90	423,60	335,70	240,20	189,90	152,90	125,00	105,10
213	203,10	707,80	494,70	399,80	335,00	250,10	201,80	165,10	135,20	112,80
239	202,78	720,80	488,20	390,50	320,60	231,40	185,00	150,70	123,20	104,20
263	202,14	707,90	445,80	344,30	288,60	211,70	169,70	136,60	112,60	95,40
288	204,05	621,20	398,40	315,30	259,90	189,00	149,80	122,30	100,90	85,20
314	204,69	567,40	372,00	299,30	246,50	178,90	142,70	115,70	95,90	81,40
338	204,37	594,30	401,30	324,90	274,30	208,60	170,30	141,70	119,30	102,10
363	202,94	512,00	381,00	316,00	269,70	207,40	170,60	142,00	118,70	101,00
388	203,26	593,80	445,50	360,50	293,60	217,50	175,40	143,80	118,50	99,10
413	200,87	705,10	520,00	423,10	354,60	260,50	208,80	170,30	138,10	113,30
438	202,46	743,60	514,60	413,30	348,50	267,10	215,40	180,70	148,30	123,10
464	201,03	683,30	528,80	435,90	370,30	286,00	233,70	190,10	153,80	124,40
488	201,98	789,00	570,00	473,10	402,80	300,60	238,40	193,00	158,40	126,40
513	202,78	759,40	507,30	436,30	378,80	292,30	234,10	186,30	147,50	119,10
538	203,26	730,10	533,60	438,10	369,20	275,30	218,60	173,20	138,10	111,00
563	201,67	780,20	568,40	445,70	362,10	264,60	214,40	172,20	139,10	112,60
588	203,58	682,10	485,90	396,10	329,80	248,70	199,60	160,00	127,50	101,90
613	204,85	527,70	371,30	323,10	286,00	226,00	186,60	152,50	125,30	102,70
638	203,58	460,60	332,50	282,10	248,30	199,60	169,20	138,40	115,30	96,90
663	204,69	519,80	324,10	265,00	235,30	190,70	160,00	134,80	113,60	96,00
688	204,05	465,90	317,30	265,10	240,90	200,50	171,30	145,10	122,80	104,30
713	205,01	457,20	299,80	249,40	223,30	189,10	161,60	139,60	119,00	102,60
739	205,17	499,00	306,70	248,80	222,70	180,80	153,80	130,20	111,90	95,30
763	204,05	500,60	313,20	254,70	227,60	186,20	158,90	133,50	111,80	95,30
788	204,05	563,60	334,80	273,00	243,80	200,90	172,30	146,70	125,00	107,80
813	202,62	492,30	356,00	299,60	262,80	210,30	177,90	151,60	127,70	106,70
839	204,85	524,80	362,80	304,30	269,30	217,10	182,60	152,70	127,90	105,70
863	204,69	485,90	337,20	291,40	258,70	210,00	178,90	152,10	131,20	111,40
888	203,42	596,50	397,60	322,10	280,00	224,50	189,40	158,30	131,00	111,00
914	204,69	568,80	380,80	320,50	283,00	229,00	194,90	164,60	138,80	116,90
938	205,01	531,20	343,40	286,80	252,90	208,80	176,20	149,70	126,30	107,40
963	202,14	625,80	403,90	311,90	274,70	230,00	194,80	166,80	143,10	122,70
988	205,32	463,60	311,90	273,20	244,60	203,10	175,20	150,00	128,30	111,40
1013	204,69	546,90	373,30	312,20	269,50	211,10	176,00	148,40	121,80	104,20

1038	204,05	620,00	397,70	325,00	276,90	215,60	176,20	145,80	119,70	100,70
1064	203,73	658,10	448,30	364,40	308,50	231,70	190,80	157,40	130,20	110,40
1088	203,10	683,10	495,10	405,40	339,30	257,10	209,60	170,70	140,30	116,00
1113	202,14	782,20	546,90	445,20	373,40	281,50	227,70	184,50	151,90	124,90
1138	202,30	832,40	564,20	459,10	386,20	291,50	232,70	186,60	150,90	123,00
1163	201,98	841,50	581,80	458,90	374,90	273,60	213,40	170,30	138,20	113,40
1188	202,46	705,60	522,30	424,60	352,00	257,90	203,60	160,90	129,60	106,10
1213	203,73	814,00	554,50	440,70	369,40	269,90	209,90	167,20	136,50	114,30
1238	200,71	739,90	494,00	394,90	333,50	250,50	201,00	161,70	134,60	112,50
1263	201,51	810,70	526,80	414,20	339,30	247,40	197,40	158,60	131,60	112,00
1289	201,83	698,10	481,00	384,60	312,70	223,80	175,40	140,40	114,40	97,60
1313	203,73	590,00	389,70	306,20	250,30	183,10	143,50	115,90	97,10	85,90
1338	204,21	524,70	378,10	302,80	252,20	192,90	157,90	130,20	110,20	95,80
1364	201,67	765,40	493,60	382,50	314,00	224,80	176,90	143,10	118,40	99,80
1388	201,03	671,20	419,80	330,80	276,00	200,10	156,00	126,10	103,80	86,60
1413	205,48	325,00	241,60	216,40	200,50	172,50	145,10	122,90	103,50	87,20
1438	208,51	353,00	235,90	203,70	185,50	161,90	141,40	117,80	99,50	83,90
1463	204,85	358,50	229,80	191,00	175,00	152,20	135,40	119,10	104,00	89,70
1488	204,69	454,00	257,60	216,20	192,90	165,70	145,80	124,70	106,40	91,50
1513	205,32	430,00	281,80	233,60	204,20	172,60	151,70	130,80	111,80	95,40
1538	206,60	460,10	266,00	224,70	202,60	173,50	154,20	134,50	116,40	100,40
1563	204,53	467,20	261,80	223,10	206,40	178,90	161,20	138,70	121,30	104,70
1588	204,37	468,80	275,30	228,10	215,00	191,30	169,20	145,30	122,10	103,40
1613	201,83	549,70	323,80	232,30	204,30	175,60	149,70	124,90	103,30	83,90
1638	202,94	721,20	481,80	375,10	314,60	235,20	181,70	142,70	114,40	95,10
1663	201,51	872,10	522,80	380,70	309,60	221,40	169,00	131,80	105,60	88,10
1688	198,49	996,50	660,90	502,30	408,60	289,20	216,70	166,50	130,80	106,10
1713	198,64	912,20	641,20	515,70	437,10	308,70	229,50	173,90	137,40	112,40
1738	201,98	748,40	555,90	466,40	390,20	285,00	220,30	169,00	131,00	104,70
1763	201,51	635,60	525,40	451,10	385,40	279,60	217,50	168,20	133,80	108,70
1788	201,51	756,60	545,10	438,60	369,30	274,40	216,40	170,40	133,80	108,70
1813	200,55	1110,80	766,70	571,00	447,00	294,90	207,70	152,80	119,70	99,70
1839	200,24	793,20	572,60	454,60	374,60	275,10	211,90	163,70	129,80	106,30
1863	203,26	661,70	532,20	451,60	377,40	282,60	224,70	182,10	152,00	129,60
1889	199,44	806,50	617,40	517,00	426,40	310,20	244,60	196,40	164,00	132,10
1913	201,67	761,20	600,10	495,80	407,80	296,60	231,20	189,20	157,20	134,00
1939	200,39	751,80	593,10	484,30	406,30	291,30	230,20	183,60	151,50	129,20
1963	202,30	659,70	529,00	446,60	381,10	283,30	225,00	180,40	148,20	125,00
1988	201,51	655,10	534,40	457,00	387,00	289,50	228,80	188,40	153,00	129,00
2013	202,94	548,90	429,60	366,20	316,20	249,40	207,10	171,90	143,60	122,10
2038	202,78	539,30	440,00	392,70	347,70	275,50	225,50	184,60	153,60	129,10
2063	201,98	568,20	463,40	402,70	349,10	271,20	220,90	181,40	150,40	128,00
2100	201,19	562,60	455,20	396,30	348,20	276,40	229,80	190,00	158,10	134,00
2113	203,26	575,70	489,10	430,00	375,60	294,20	235,20	190,60	154,50	129,00
2138	204,05	459,60	400,10	360,70	328,30	277,60	236,30	188,70	149,60	127,00
2163	204,69	316,80	265,00	250,00	236,20	207,30	183,10	158,20	134,50	112,90
2189	204,85	377,70	310,00	284,30	263,50	226,30	195,80	165,10	138,20	115,30
2213	202,94	537,40	425,60	364,90	315,50	243,70	195,70	151,30	120,10	103,90
2238	201,03	806,60	642,10	534,00	434,10	293,60	211,10	159,80	129,00	109,00
2263	202,30	796,60	639,90	536,80	442,10	304,50	224,80	172,60	139,90	117,20
2288	204,37	790,50	639,30	535,70	440,50	304,20	227,10	176,50	143,20	120,80
2313	201,98	806,20	665,20	565,80	474,10	339,10	257,10	200,50	161,80	135,30
2338	202,14	871,70	701,00	595,30	497,00	357,10	271,50	213,00	172,50	144,60
2363	201,83	780,20	645,10	562,80	483,80	366,00	290,20	234,20	191,70	161,70
2388	199,92	727,30	605,50	523,70	445,20	331,80	261,00	207,70	169,70	142,50
2413	203,26	744,10	605,90	502,00	411,60	291,70	221,90	174,00	141,90	121,40
2438	201,67	723,20	619,40	539,70	459,50	340,80	268,30	215,70	176,30	149,50
2463	201,67	783,00	636,10	532,80	437,70	315,40	246,40	195,70	159,90	136,80

2488	199,12	898,80	707,40	578,30	466,40	323,60	252,50	204,60	172,60	148,40
2513	200,39	759,90	625,20	532,40	449,90	328,10	251,00	198,80	160,60	133,10
2538	201,67	781,00	644,70	559,00	476,10	352,30	273,40	214,30	171,10	141,60
2563	198,64	875,20	704,20	561,90	453,60	316,90	248,00	206,00	172,10	145,50
2588	197,21	831,70	686,60	572,60	479,40	356,40	278,80	222,10	180,50	151,30
2613	204,05	686,30	538,60	446,30	371,10	275,20	225,70	187,60	159,80	138,50
2639	199,44	712,10	602,90	519,10	447,70	339,80	269,80	217,10	181,40	154,40
2663	197,53	806,60	645,20	560,00	478,80	353,70	276,50	219,20	177,50	147,80
2688	202,30	774,70	634,70	551,60	468,90	345,20	268,80	209,90	168,60	139,50
2713	204,69	670,90	571,70	502,50	435,60	332,50	265,60	209,50	169,40	140,30
2759	203,26	619,00	519,40	461,80	405,70	314,20	255,30	206,90	168,60	140,90
2763	204,85	689,00	576,20	495,60	421,90	318,60	256,70	204,20	164,90	136,50
2788	202,14	857,90	686,20	563,10	465,40	334,60	255,90	201,80	163,70	136,80
2813	204,53	811,60	643,20	538,90	453,20	336,30	266,20	214,30	177,50	150,20
2838	205,64	663,20	568,80	499,70	435,40	339,30	273,10	221,30	182,00	153,00
2863	199,76	701,90	586,90	502,50	418,80	300,30	234,10	187,80	154,70	130,50
2888	201,83	915,80	718,50	584,00	467,50	323,60	247,00	200,30	169,20	146,40
2913	204,69	710,00	579,30	498,30	424,60	319,00	254,20	204,20	168,70	143,20
2938	192,76	2153,90	1343,00	877,80	544,30	278,00	208,20	175,00	147,70	130,00
2963	195,78	2107,20	1463,90	985,00	656,80	376,50	275,90	224,60	191,80	163,30

**ANEXO C - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO
OFFSET -3 DA PPD A**

Bacias deflectométricas (µm) obtidas na linha - 3										
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Comp. (m)	Carga KN									
13	191,49	457,60	251,70	212,20	187,80	149,40	125,00	104,30	90,70	77,10
38	191,17	500,50	270,10	234,30	204,00	158,10	128,00	105,50	88,80	76,30
64	189,42	458,60	299,40	239,20	200,70	147,30	119,10	97,00	80,40	66,70
88	191,96	431,00	260,50	218,40	190,90	147,80	121,80	100,50	84,30	70,10
113	191,33	418,50	284,10	228,30	192,70	148,60	115,90	95,40	82,50	68,70
138	190,22	468,20	321,10	259,10	217,50	168,90	137,40	112,90	98,50	75,90
163	190,53	501,80	335,00	254,20	205,70	152,10	122,60	106,30	90,30	73,50
189	191,96	534,70	371,00	299,70	244,40	170,70	137,10	110,20	95,60	80,30
213	188,62	640,50	422,20	331,50	276,40	211,10	167,90	139,20	117,70	100,50
239	189,74	588,60	398,80	328,80	268,40	195,40	157,30	129,90	108,50	92,40
263	190,37	742,40	446,00	339,00	275,60	192,10	154,30	127,50	104,60	88,90
288	191,65	650,80	411,10	326,20	275,20	201,10	156,50	133,60	107,90	89,10
313	189,90	624,80	372,50	297,20	246,90	184,10	149,50	120,60	99,50	85,30
338	192,76	443,20	308,70	260,30	217,20	166,30	134,80	113,40	92,90	78,50
363	194,03	549,20	368,30	294,30	245,80	187,70	151,60	126,10	106,20	90,00
388	190,85	622,00	392,60	312,60	260,40	194,00	155,80	128,00	105,40	87,20
413	191,17	840,00	456,00	360,70	316,20	237,10	190,50	156,50	127,40	106,10
438	190,22	641,90	375,80	300,30	268,10	215,20	179,00	150,50	126,70	107,40
463	193,08	665,10	396,10	323,10	288,50	232,20	192,10	161,70	136,10	113,40
488	191,33	574,00	355,30	323,30	287,00	234,00	198,40	166,00	140,40	118,60
513	192,92	569,80	398,60	348,70	307,50	239,70	198,90	165,60	137,20	115,50
538	191,17	470,30	343,30	308,10	264,70	207,10	170,80	141,00	116,10	95,80
563	191,01	613,30	349,60	284,50	250,80	193,10	160,60	135,00	111,90	92,70
589	191,49	324,00	272,50	239,00	209,90	166,60	138,30	115,00	95,20	78,50
614	197,21	364,60	197,30	185,40	169,90	145,50	127,60	110,10	94,20	82,10
639	197,53	284,90	197,80	184,00	169,20	144,20	128,70	112,50	94,80	81,60
663	194,35	442,80	270,40	237,80	216,10	177,20	152,90	132,70	112,00	97,00

688	193,56	394,80	230,20	200,40	180,80	155,30	136,50	117,90	104,10	86,70
713	195,62	392,70	226,70	195,60	179,80	152,50	132,70	114,50	97,50	81,70
738	194,19	428,90	245,30	211,00	188,90	153,60	131,90	113,40	98,80	82,70
763	196,42	340,60	208,70	181,90	166,20	138,20	120,60	103,30	90,80	75,70
789	195,94	323,80	227,60	206,20	183,80	155,00	143,50	123,40	106,80	95,30
813	196,90	429,10	244,10	221,30	200,10	165,50	147,20	127,30	111,30	96,20
838	195,46	389,50	255,30	219,80	194,80	159,80	137,60	117,20	99,30	85,30
864	195,94	452,30	268,30	235,60	207,50	167,90	145,60	122,80	104,60	90,30
888	192,92	528,10	299,60	260,00	231,10	187,70	162,30	133,30	109,60	91,00
913	192,60	504,00	285,70	246,20	211,10	166,20	139,50	119,20	103,40	86,50
938	194,35	379,40	246,50	215,50	197,40	164,80	143,50	123,30	107,30	93,10
963	194,51	414,40	239,50	207,00	185,90	152,80	133,30	114,20	98,00	84,80
988	194,67	446,70	242,10	219,50	194,20	159,80	140,00	120,20	102,40	89,80
1013	196,42	419,80	267,10	242,00	212,10	171,70	150,30	129,30	109,20	94,00
1038	195,62	468,40	275,50	229,00	206,80	168,60	142,50	125,10	105,00	94,20
1063	194,35	594,60	381,20	306,50	256,60	192,80	160,20	133,80	118,00	97,90
1088	195,15	550,70	391,30	332,30	291,00	226,40	188,50	155,80	131,70	112,80
1113	192,76	604,20	428,70	356,20	308,40	233,10	196,50	160,90	136,50	111,20
1138	198,64	643,70	494,20	417,90	353,00	262,20	209,50	170,00	137,60	116,50
1163	192,44	546,10	403,10	333,60	283,30	217,80	176,00	145,70	122,30	101,80
1188	194,99	593,70	358,50	283,00	235,80	171,60	135,40	111,50	95,30	83,80
1213	195,78	584,30	369,10	296,70	257,20	199,00	161,30	130,50	106,80	93,80
1238	193,40	505,20	346,70	281,80	240,50	181,20	147,70	123,30	105,70	90,40
1263	192,28	594,80	394,20	306,20	248,90	174,60	143,50	119,30	102,90	89,50
1288	193,56	586,90	404,40	341,00	289,30	214,70	170,70	138,70	112,60	96,20
1288	193,24	573,10	401,50	338,20	287,40	214,50	170,10	136,60	111,40	97,10
1313	197,21	478,40	292,60	249,10	216,10	172,80	141,70	118,00	100,40	86,30
1338	197,37	473,20	304,10	255,40	221,50	169,20	144,10	137,90	101,70	104,00
1363	197,21	527,10	356,90	294,70	244,80	186,30	153,60	124,90	105,00	89,60
1388	194,83	542,80	303,10	234,20	209,50	172,40	145,50	122,20	100,80	83,90
1413	196,90	332,10	200,60	171,70	156,50	131,90	120,40	102,90	90,60	78,00
1438	198,49	444,90	245,00	198,90	175,40	150,90	132,20	114,20	98,70	84,90
1463	197,05	330,00	220,90	186,20	164,90	144,70	130,40	115,20	99,50	86,20
1488	197,53	397,70	222,00	191,70	181,40	156,00	149,10	119,40	109,40	86,00
1513	196,42	349,50	236,90	191,70	170,10	148,60	134,40	117,80	103,10	86,80
1538	198,96	418,60	258,20	216,70	191,30	162,80	143,10	122,40	104,50	90,20
1563	202,78	439,10	279,30	232,90	207,90	174,70	152,70	132,00	112,80	97,90
1563	183,69	466,30	273,50	227,00	203,00	168,60	146,50	128,90	104,90	101,30
1589	200,55	401,70	261,10	219,50	202,70	175,30	156,10	135,70	117,20	101,40
1613	203,58	570,20	283,30	218,50	211,60	195,50	166,90	117,80	98,60	84,50
1638	200,39	930,40	571,60	413,20	334,60	232,50	171,20	132,20	107,40	90,70
1663	199,60	868,20	559,80	413,50	334,50	232,90	177,10	140,70	112,30	94,70
1688	198,01	1048,30	690,50	534,50	434,00	292,50	215,50	165,50	133,20	110,70
1713	198,33	1146,00	697,00	528,60	435,00	304,80	225,00	172,60	137,80	114,60
1738	198,49	981,40	608,30	502,80	411,00	289,60	214,50	164,30	128,30	107,80
1763	199,60	852,00	609,00	479,60	395,90	282,70	215,10	167,70	134,30	110,30
1788	200,39	845,40	603,70	503,80	423,50	309,50	238,30	182,20	143,40	113,70
1813	198,80	878,10	638,60	498,50	424,70	299,00	223,20	169,40	131,90	105,10
1839	199,44	756,30	554,80	456,40	380,40	281,50	215,60	169,10	134,10	109,70
1863	197,53	865,00	640,30	504,40	418,00	299,80	234,70	188,70	152,90	127,20
1888	200,55	778,60	604,00	501,70	419,80	314,70	248,10	200,30	160,40	131,70
1913	197,85	856,00	642,70	510,90	418,50	303,40	234,30	192,80	148,90	125,80
1938	200,87	758,00	598,70	494,20	413,50	302,10	238,30	187,70	152,90	130,00

1963	200,08	793,70	592,40	489,40	408,20	300,90	237,60	190,00	155,00	129,20
1988	202,62	706,20	549,10	459,40	386,60	291,60	228,80	185,00	150,40	127,10
2014	202,46	678,10	515,60	439,10	375,70	287,00	230,40	186,10	150,10	125,30
2038	202,46	562,50	434,80	386,80	345,00	275,00	229,00	189,20	156,70	133,00
2063	202,78	647,90	516,20	443,50	385,40	301,30	249,30	206,80	172,50	148,40
2097	201,35	762,40	605,20	503,90	417,20	303,40	243,20	199,20	166,00	142,20
2113	200,39	781,80	593,90	487,20	399,40	281,20	217,10	173,40	142,90	121,20
2138	204,85	346,00	285,60	266,40	253,60	228,20	205,30	179,90	153,50	130,90
2163	204,85	383,50	314,00	288,40	272,10	234,90	203,20	173,90	145,90	118,80
2189	202,30	593,00	461,10	395,60	339,10	267,40	221,80	182,70	150,20	123,20
2213	204,53	414,30	336,60	311,60	287,80	241,10	206,10	172,00	142,70	118,60
2238	202,30	847,50	647,00	535,70	435,40	296,10	218,80	165,70	133,90	114,40
2263	202,14	835,70	666,90	556,70	456,60	316,10	231,70	176,40	142,20	119,60
2288	200,71	923,80	698,70	565,50	459,80	314,30	231,80	182,50	150,20	125,70
2313	202,14	839,30	670,90	571,40	478,90	340,40	257,60	198,40	157,50	131,90
2339	201,03	822,80	665,60	561,00	472,70	348,10	273,60	218,30	178,00	147,90
2363	199,76	866,70	701,10	584,80	478,70	349,00	279,40	224,40	187,60	163,70
2388	201,35	721,50	581,00	507,90	437,90	338,40	270,50	217,80	178,00	147,60
2414	198,17	723,10	645,20	550,70	461,30	336,10	259,20	205,00	167,00	140,80
2438	200,87	731,20	605,30	515,10	436,90	328,50	256,90	204,70	169,00	145,40
2463	200,08	838,10	641,80	517,20	422,10	307,40	236,40	188,30	153,80	131,90
2488	201,83	690,20	574,60	497,20	428,10	325,20	260,20	211,80	172,80	150,30
2513	201,98	765,60	604,50	500,20	411,10	288,60	222,00	177,30	144,70	120,90
2538	200,39	803,70	672,90	587,40	500,80	370,50	289,10	224,90	178,70	145,10
2563	199,60	960,50	725,40	584,60	470,00	334,30	260,10	210,40	174,70	143,20
2589	199,92	903,90	673,00	513,90	410,40	277,90	208,20	167,50	140,90	120,80
2613	200,87	747,30	575,00	480,60	404,50	284,30	214,70	172,60	143,90	123,90
2638	201,03	695,60	552,60	459,20	380,10	278,90	215,10	170,40	138,90	118,20
2664	200,39	726,80	565,80	485,10	405,90	297,20	226,40	178,70	144,70	120,40
2689	200,24	720,90	574,00	479,20	395,50	286,10	221,30	176,60	143,80	119,60
2713	201,19	677,20	548,10	455,30	381,90	274,10	206,50	158,30	127,20	105,20
2758	198,01	915,50	660,60	552,20	459,80	335,10	257,20	201,70	162,60	137,70
2763	201,98	797,60	646,00	553,60	468,70	345,80	267,70	211,50	168,90	141,10
2788	201,19	692,50	592,00	515,50	438,10	327,40	255,00	202,80	165,20	140,10
2813	200,55	800,60	661,80	558,90	469,30	344,70	271,50	217,70	178,40	150,70
2839	200,55	843,00	706,70	601,80	495,50	353,20	270,10	217,00	180,10	158,20
2863	200,71	940,50	723,50	555,90	419,90	267,60	217,90	181,80	154,40	135,10
2888	201,35	887,10	678,80	549,70	443,50	311,70	240,90	197,30	167,00	144,10
2913	202,46	743,90	615,90	538,80	462,30	343,50	271,30	216,10	173,50	146,00
2938	195,15	950,70	695,00	536,10	419,50	299,70	237,60	195,10	163,60	139,60
2963	195,46	1663,30	1043,20	735,60	540,50	342,90	251,80	191,90	156,50	132,60

**ANEXO D - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO
OFFSET -6 DA PPD A**

Bacias deflectométricas (μm) obtidas na linha -6										
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Comp. (m)	Carga (kN)									
0	203,10	469,30	341,10	294,60	252,80	193,50	154,60	126,00	105,30	89,40
25	203,26	535,50	317,10	267,00	237,30	187,30	153,90	126,80	106,30	90,10
50	203,89	480,90	319,60	263,40	229,10	179,70	148,20	123,20	103,40	87,00
75	202,62	402,60	292,40	244,80	206,60	161,50	130,10	106,70	87,80	74,40
100	202,62	420,80	290,40	242,10	206,60	161,20	131,60	108,60	89,00	74,00

125	202,62	396,00	293,50	247,10	212,70	163,00	133,50	107,60	91,20	76,00
150	200,08	372,70	296,70	241,40	204,30	156,50	125,40	104,50	88,00	75,00
175	203,10	551,90	381,30	312,10	254,40	183,70	147,80	121,70	101,30	86,60
200	203,42	461,80	331,50	279,50	242,10	189,50	156,70	130,20	108,40	93,30
225	200,39	685,40	465,10	373,10	311,70	233,90	192,30	157,30	129,80	110,80
250	202,78	715,70	428,70	338,60	279,70	204,30	168,40	138,70	113,20	99,80
275	200,24	705,90	461,20	347,10	276,00	198,20	162,10	132,20	111,80	98,40
301	201,98	619,20	424,60	326,60	263,10	195,00	155,60	127,60	106,20	89,20
325	199,92	547,60	404,20	335,60	283,30	217,70	172,50	142,30	116,60	98,50
351	202,62	580,20	397,20	330,70	282,10	206,30	166,80	136,40	113,80	100,90
375	200,39	635,00	453,60	362,80	301,30	220,90	181,90	146,80	121,90	101,70
400	200,71	761,50	459,90	365,00	300,20	218,80	175,60	145,10	119,20	99,30
425	198,80	873,00	484,40	377,60	318,10	232,40	180,90	146,30	120,10	100,40
450	201,03	583,40	431,30	363,40	310,80	245,30	202,10	164,20	135,80	112,40
475	203,10	536,00	434,80	371,80	325,00	254,10	213,00	177,80	148,80	125,10
500	201,83	746,70	448,30	371,60	320,80	253,10	204,80	171,00	143,10	120,10
525	199,76	758,50	491,50	399,30	336,60	257,80	212,20	173,90	143,70	120,20
551	201,98	735,90	436,40	371,80	317,30	238,20	190,30	151,20	122,90	99,40
575	202,94	604,40	369,40	309,90	263,70	195,20	157,40	124,70	106,20	82,90
600	201,67	393,10	287,50	255,80	222,20	172,80	141,40	117,10	97,00	80,90
625	202,46	459,60	305,70	266,40	237,40	191,90	162,20	135,90	114,80	95,40
650	202,14	545,90	323,00	269,90	242,50	195,70	161,70	134,30	111,20	93,80
675	204,53	486,10	292,30	247,40	221,60	181,80	157,60	134,80	115,90	97,50
700	203,89	393,70	250,60	220,10	198,60	171,10	145,90	126,10	110,20	93,50
726	203,42	426,80	276,40	243,70	220,10	174,30	151,00	129,70	111,40	96,40
750	203,42	500,10	283,80	231,50	212,40	177,20	151,50	130,80	114,20	98,60
775	202,94	333,60	252,20	218,30	196,40	164,40	142,80	124,20	108,30	93,80
800	201,03	329,80	238,00	213,80	194,90	167,70	148,00	131,80	114,20	101,10
826	199,92	418,60	282,10	246,60	220,80	180,30	153,30	129,60	107,50	93,90
850	201,03	539,30	364,10	297,80	257,00	197,70	159,20	130,10	108,20	91,90
875	202,62	543,50	358,60	299,60	262,00	208,30	173,40	145,30	118,30	102,00
900	203,26	581,80	370,90	312,80	277,50	223,00	187,20	157,80	127,90	113,40
925	203,89	444,30	316,50	270,70	235,10	190,80	160,10	134,10	113,70	96,30
950	202,14	527,00	348,40	288,40	261,40	208,30	175,00	146,20	123,50	104,50
976	202,30	436,10	298,00	255,30	225,40	178,30	152,80	128,40	108,30	95,70
1000	204,21	330,40	264,80	239,10	211,40	173,70	149,20	129,00	107,60	93,30
1025	201,83	513,00	338,80	281,00	241,30	194,30	165,80	140,70	119,80	102,90
1050	202,62	617,40	397,30	315,80	266,70	202,10	165,10	136,20	113,40	97,20
1076	200,87	650,60	474,50	375,50	312,50	229,30	185,20	153,30	127,50	110,20
1100	202,14	695,80	491,90	384,00	324,60	240,30	192,30	157,50	130,20	112,50
1125	201,03	661,20	461,80	375,70	313,40	239,30	194,40	160,10	134,80	113,00
1150	199,76	683,00	471,20	378,90	318,60	232,80	186,20	151,40	124,40	102,50
1176	200,55	766,60	494,00	376,70	306,10	219,00	171,00	136,90	114,70	96,00
1200	201,51	718,10	444,50	350,80	284,90	203,10	162,20	132,00	110,50	93,50
1225	201,67	627,20	404,80	315,30	258,40	188,70	150,80	125,40	108,10	94,20
1250	200,08	618,40	386,50	305,20	254,10	184,80	150,40	125,80	106,60	94,50
1275	201,19	513,90	374,80	313,60	267,30	201,70	159,50	132,60	111,80	95,90
1300	201,03	496,50	378,40	316,00	264,60	200,50	157,50	127,50	107,20	89,90
1326	201,67	479,50	333,40	282,60	240,50	179,60	147,10	119,10	98,10	85,10
1350	202,30	565,70	351,60	287,10	241,90	178,10	145,10	119,50	100,70	87,60
1375	201,83	575,60	392,50	308,60	249,40	175,70	138,50	113,90	95,10	82,40
1400	203,42	333,60	226,00	194,10	174,10	142,20	122,50	105,90	90,20	80,20
1425	204,05	347,50	247,30	207,70	186,00	161,10	141,10	122,40	102,10	83,50
1451	203,73	369,60	216,30	189,00	174,30	151,40	134,40	117,20	101,30	87,70
1476	205,96	373,70	213,20	184,90	172,50	154,00	138,90	122,40	106,90	92,10
1500	203,73	423,50	273,00	218,80	193,60	167,40	147,30	128,10	109,10	95,20
1525	204,05	416,10	249,10	199,30	182,90	158,60	139,40	121,40	102,40	84,80
1550	203,58	398,20	229,30	195,10	182,00	161,60	147,30	127,20	110,30	96,80

1575	205,17	429,00	245,90	204,80	185,30	160,00	140,90	122,30	104,10	89,30
1601	201,03	538,50	320,30	242,80	213,90	183,40	157,30	133,40	112,10	92,20
1625	205,64	553,60	279,50	222,50	208,70	178,80	157,70	132,00	110,20	92,60
1650	201,67	884,40	548,70	400,50	319,40	215,60	161,00	125,20	102,30	84,80
1675	198,96	1142,70	696,80	495,60	393,50	265,10	189,60	146,60	119,30	98,70
1701	200,71	1071,70	701,60	512,00	410,90	282,10	208,90	163,30	131,70	103,00
1725	195,94	950,80	710,70	554,80	445,00	302,80	224,60	173,20	137,10	114,50
1750	200,24	715,50	535,90	449,50	380,10	280,60	213,90	169,20	137,50	113,90
1775	201,35	819,90	585,60	456,80	377,90	274,60	207,60	160,10	126,50	103,50
1800	201,51	963,00	643,60	484,70	388,20	265,50	199,10	157,50	127,90	107,30
1825	200,39	774,10	578,60	476,90	395,10	285,30	214,30	171,70	137,20	114,20
1850	198,96	862,80	574,20	457,30	385,60	279,30	215,40	168,50	135,80	112,50
1875	201,67	835,10	618,90	489,70	393,20	281,20	222,90	176,40	145,70	125,10
1900	199,28	812,50	628,80	513,90	422,40	302,60	234,00	186,80	150,70	127,10
1925	200,24	806,00	616,60	505,70	414,50	295,40	227,40	180,00	146,50	122,50
1951	199,44	732,10	585,70	486,20	404,40	298,10	233,40	187,40	152,80	127,90
1975	201,19	726,10	530,20	438,20	371,90	281,10	225,90	182,90	151,80	127,70
2000	201,19	686,30	538,20	450,40	380,00	284,00	229,30	187,00	153,40	131,00
2025	201,51	537,70	458,20	406,00	358,80	285,70	236,50	193,30	162,40	135,70
2050	200,87	479,30	395,30	351,00	312,10	252,60	213,40	177,30	149,80	127,80
2067	201,83	575,10	471,80	415,90	367,90	289,80	233,40	192,00	158,40	130,70
2090	201,83	661,20	527,20	459,90	406,00	324,40	271,00	226,50	186,20	156,20
2100	200,24	688,00	564,20	478,70	403,20	303,80	238,60	192,60	157,40	131,30
2125	198,96	791,00	641,10	536,60	448,30	325,50	251,60	199,60	158,50	131,60
2151	203,26	443,90	399,70	348,00	291,00	219,10	179,10	146,30	121,10	104,70
2176	205,01	346,60	296,50	279,40	262,70	230,30	205,10	171,80	142,90	118,70
2200	203,42	540,20	418,00	358,20	313,30	250,60	209,20	174,10	139,90	118,90
2225	203,10	507,60	449,20	414,20	380,70	322,60	265,40	194,60	154,00	128,90
2250	201,19	788,70	638,00	533,60	435,00	298,50	218,60	166,60	133,50	112,10
2275	200,24	873,70	706,60	587,80	478,20	325,60	235,90	179,70	141,70	120,20
2301	199,92	903,50	720,50	603,90	495,60	345,30	259,20	202,00	163,40	135,20
2325	201,98	798,60	648,70	547,10	454,70	322,50	244,40	191,80	155,60	129,80
2350	201,35	800,40	667,60	574,70	491,50	368,40	289,90	231,00	189,10	156,90
2375	200,87	644,60	562,40	493,30	425,80	322,70	256,10	205,60	172,10	146,40
2401	200,39	656,60	558,90	487,60	419,40	316,90	248,00	199,40	164,70	138,10
2425	200,71	712,10	576,70	491,70	415,80	307,10	240,20	191,10	157,50	133,50
2450	201,19	654,70	549,00	474,30	405,20	304,50	237,20	190,60	157,60	129,50
2475	200,87	691,70	576,60	496,70	427,60	322,80	254,40	203,40	165,90	138,80
2500	200,08	781,90	655,00	547,60	452,80	318,80	240,80	191,30	157,10	131,80
2525	200,08	809,00	653,90	551,20	460,60	336,90	264,00	207,30	168,80	140,20
2550	198,80	873,10	698,20	578,20	481,50	349,80	271,70	217,20	177,90	148,00
2575	199,76	813,00	679,60	583,00	494,40	367,40	286,70	227,80	184,60	154,20
2600	199,44	946,40	667,00	531,90	421,70	295,90	231,10	190,10	162,00	137,80
2625	200,24	697,30	525,80	430,60	357,30	262,60	204,70	164,10	136,30	116,50
2651	199,92	670,50	565,60	477,10	395,60	286,80	218,30	168,40	132,60	109,40
2675	200,87	663,70	532,00	449,80	374,30	271,50	204,90	162,20	130,90	110,00
2700	199,92	760,80	588,40	485,00	399,20	281,30	213,20	165,90	134,40	113,80
2726	201,19	717,80	607,20	537,80	470,90	362,30	285,30	226,80	183,30	151,10
2750	201,35	764,00	622,40	530,80	447,60	329,00	256,00	204,50	168,20	142,00
2776	202,14	695,90	587,40	510,80	440,70	331,10	259,70	203,60	163,20	133,90
2800	199,44	807,30	681,20	587,40	500,10	367,00	283,10	223,80	184,30	152,80
2825	202,14	764,10	622,70	527,10	439,50	318,70	242,50	191,90	159,80	135,50
2851	199,60	859,40	695,30	580,40	484,10	347,60	263,60	205,50	166,10	139,70
2875	200,39	767,10	627,60	536,40	453,10	328,30	254,00	200,10	163,30	138,50
2900	201,83	827,00	626,60	515,90	421,00	298,50	230,80	184,10	153,60	130,20
2925	193,24	1754,70	1193,00	877,30	629,00	365,20	254,40	200,80	169,30	147,80
2950	198,33	860,10	608,40	449,90	357,70	278,90	231,80	197,60	169,20	145,60

ANEXO E- BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO *OFFSET* +3 DA PPD B

		Bacias deflectométricas (µm) obtidas na linha + 3								
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
Comp. (m)	Carga (kN)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
5	190,53	408,60	334,80	303,40	276,90	218,70	185,70	151,00	124,60	100,90
25	198,17	260,80	198,00	185,60	175,50	152,40	139,20	122,90	99,40	75,00
45	197,53	279,80	222,30	200,30	178,30	150,70	132,20	112,50	96,90	84,10
65	192,12	342,20	270,80	236,70	204,70	152,70	122,40	96,20	79,00	66,10
85	193,24	357,20	283,60	256,90	232,50	185,00	154,70	125,50	102,40	83,20
105	191,33	482,90	377,70	336,20	294,60	223,30	175,70	141,20	111,30	88,90
126	191,01	374,80	317,30	285,90	256,40	198,30	163,00	128,50	104,80	83,40
145	192,12	389,70	301,80	266,50	236,70	177,60	142,50	113,80	91,90	74,80
165	187,67	435,80	329,50	286,30	246,90	183,40	147,80	116,10	93,30	74,40
185	187,19	448,60	268,80	239,30	212,00	162,00	133,70	106,70	86,80	69,50
205	190,85	374,90	290,10	263,70	232,60	176,80	142,90	115,60	91,60	76,60
207	189,74	463,20	318,90	271,10	233,30	175,40	139,20	111,40	87,20	75,20
225	188,94	366,70	276,50	248,30	223,10	167,70	141,30	112,60	91,60	75,70
245	191,81	380,40	298,30	267,70	233,50	171,90	138,20	107,60	85,80	69,80
266	192,12	379,90	278,30	249,90	220,40	167,20	139,70	109,20	87,90	71,40
286	188,62	380,90	288,90	255,60	223,80	169,60	136,80	108,20	88,20	71,40
305	191,33	396,30	287,00	245,70	212,10	158,30	128,40	101,70	83,60	70,00
306	203,10	471,80	288,80	260,10	230,70	176,90	143,70	112,40	91,00	71,60
326	202,46	374,50	262,40	229,40	205,30	158,10	128,90	103,30	85,10	69,50
345	202,14	398,40	254,90	221,50	195,90	152,30	125,00	101,60	84,90	67,40
368	202,14	404,20	279,60	243,70	212,40	159,00	127,30	100,00	81,50	64,90
385	202,30	362,70	257,80	219,80	193,50	147,80	124,50	99,20	77,20	68,30
426	202,78	538,10	341,40	286,30	242,20	169,60	133,00	102,70	82,60	67,20
446	201,98	286,70	226,30	203,00	179,80	137,30	112,50	90,50	72,90	60,30
465	201,83	483,70	249,80	214,00	192,00	143,10	117,30	92,50	74,50	65,60
485	204,37	286,50	221,10	199,80	177,00	138,10	114,60	94,90	77,50	66,20
506	202,46	409,00	303,20	261,50	224,00	164,50	131,30	103,00	84,50	68,80
525	203,26	349,50	264,00	233,20	205,10	154,90	126,20	101,00	83,30	67,70
545	204,21	422,90	310,30	262,20	227,80	173,60	139,60	112,20	92,20	76,70
565	203,73	636,90	416,80	339,00	287,20	203,20	156,90	121,20	97,30	80,00
585	202,30	353,40	264,20	232,80	203,00	156,30	128,90	106,10	88,90	75,00
605	202,94	402,60	278,40	242,80	209,30	154,80	126,80	102,20	84,50	71,50
625	204,21	381,00	264,40	233,30	204,20	156,90	130,10	104,50	87,50	71,00
645	201,19	335,10	258,00	226,90	195,80	144,70	118,00	94,30	78,10	63,20
665	201,51	559,90	267,40	229,40	197,40	142,00	110,10	85,90	70,20	56,00
685	201,98	300,40	217,90	186,90	159,20	114,40	90,50	71,00	58,50	49,20
705	202,46	334,70	228,80	194,80	166,40	117,30	93,30	74,30	61,20	51,40
725	201,35	499,30	273,70	228,20	191,20	130,20	98,50	76,80	62,70	51,10
746	203,89	341,80	257,20	220,50	186,40	133,60	105,30	81,80	65,00	54,60
765	201,67	415,90	302,00	252,30	211,00	143,50	109,70	82,60	65,80	52,60
785	201,83	553,70	360,80	301,10	251,40	175,00	134,60	101,50	79,20	61,20
806	200,71	450,70	320,40	264,00	218,40	153,80	121,30	92,90	75,80	57,70
825	203,26	467,20	306,20	262,10	226,20	164,50	131,80	100,90	76,90	64,70
845	202,14	530,50	270,50	240,90	208,50	147,00	117,70	92,40	74,50	61,00
868	201,51	460,80	297,00	252,00	222,20	162,00	127,60	97,50	76,20	61,10
885	202,14	437,30	281,30	245,40	216,60	159,90	128,70	98,00	78,20	64,50
905	201,67	571,20	327,30	275,30	236,90	168,90	130,90	99,60	79,00	64,20
926	202,30	454,20	250,20	209,80	187,60	134,90	110,80	85,40	65,80	51,30
945	200,71	483,90	310,00	251,60	213,20	151,80	115,30	91,00	75,70	57,30
965	201,03	512,10	305,00	253,50	212,50	145,50	111,50	83,30	66,80	56,50
987	200,87	499,40	256,50	227,10	198,10	146,10	115,30	89,80	73,00	65,40

1005	201,67	484,40	293,80	254,20	214,80	148,90	115,20	88,00	71,30	59,90
1025	200,55	420,90	270,40	224,90	196,40	147,10	115,10	89,80	73,00	59,20
1045	201,03	641,30	342,10	284,70	248,30	175,20	137,90	105,50	86,40	70,80
1065	202,46	416,40	255,00	210,00	174,30	124,70	100,90	82,50	68,10	58,50
1086	202,14	387,30	259,90	218,50	186,50	134,50	105,40	83,10	68,80	58,30
1108	202,14	350,50	281,30	231,30	194,70	138,50	107,70	84,00	67,20	58,10
1125	201,51	445,50	299,10	251,60	211,00	149,10	114,70	88,00	68,80	56,80
1148	203,10	512,30	282,10	240,10	207,40	147,00	116,90	88,80	77,30	57,90
1165	202,94	449,30	271,10	228,20	193,50	134,90	105,10	81,00	65,10	54,00
1186	203,42	467,30	296,20	244,20	207,70	143,00	108,50	82,60	66,70	54,10
1205	200,55	484,50	304,50	247,10	207,70	142,50	113,30	87,90	71,20	58,80
1225	202,78	474,40	309,00	257,60	212,70	145,70	111,60	85,80	70,80	57,10
1245	201,67	469,20	255,80	214,50	185,10	135,30	101,60	78,70	64,30	51,30
1265	201,51	424,70	285,50	243,00	205,30	144,90	109,80	81,50	67,00	52,50
1285	203,10	423,30	284,40	241,00	202,50	141,40	105,20	78,70	61,20	51,30
1305	202,94	421,20	295,40	254,20	215,40	154,80	118,90	88,90	68,70	55,90
1325	201,35	483,10	306,80	251,80	214,60	147,90	115,80	86,10	66,20	51,10
1345	202,46	413,50	271,30	231,10	195,80	138,70	105,20	80,00	62,30	50,50
1365	201,83	447,70	298,10	251,00	211,30	145,90	110,10	81,10	63,70	53,70
1385	202,78	438,50	274,50	234,30	197,80	140,00	110,10	83,20	65,00	54,20
1407	200,08	504,40	352,10	282,10	232,50	153,70	117,10	89,50	72,70	57,00
1426	201,51	563,10	373,30	303,40	250,80	170,40	127,20	97,50	76,20	62,60
1445	201,51	453,00	326,60	270,90	228,30	160,10	122,70	94,70	77,50	64,60
1465	201,19	517,00	329,80	275,00	231,50	157,50	125,10	96,90	79,60	63,80
1486	200,87	515,50	321,40	265,90	224,40	153,00	116,70	89,80	73,70	59,00
1505	202,46	535,30	334,90	274,00	231,90	163,40	123,70	94,40	74,50	60,40
1525	200,87	692,00	381,90	310,60	252,70	164,90	122,70	90,70	69,50	56,30
1546	201,67	457,20	262,30	213,40	178,70	132,70	98,70	76,80	59,30	49,60
1565	201,83	423,80	262,70	213,80	180,20	122,60	90,30	68,90	52,50	41,30
1585	200,71	467,40	289,70	245,80	205,70	138,30	103,80	76,80	58,00	46,70
1607	274,83	594,10	327,00	284,50	249,00	172,50	133,40	96,60	74,20	56,50
1625	201,51	382,80	253,20	213,70	181,80	122,80	90,00	67,60	50,60	39,60
1645	201,83	480,60	282,60	235,30	200,90	139,60	105,00	80,30	57,30	53,00
1666	200,39	484,10	309,50	268,10	228,30	160,80	120,50	89,30	68,00	55,00
1686	202,14	489,70	332,70	272,90	228,10	154,70	114,30	78,60	62,80	47,20
1705	202,62	353,70	237,70	202,40	175,80	126,50	91,70	76,40	62,10	42,80
1725	201,19	466,00	303,60	252,10	215,90	153,80	114,10	84,50	69,30	53,90
1745	201,35	535,30	330,80	279,40	231,80	157,90	114,40	84,60	63,90	49,00
1765	201,35	386,00	269,00	236,70	203,20	142,90	109,90	80,30	62,40	48,80
1785	201,83	361,80	260,10	230,30	202,60	147,90	114,80	87,40	67,10	53,50
1807	201,83	412,50	277,60	238,30	206,00	145,20	113,40	86,60	64,80	56,40
1826	200,08	550,60	342,40	281,60	231,20	159,70	123,30	94,30	71,90	56,20
1847	201,03	425,80	264,20	233,60	201,30	148,40	119,10	91,20	72,70	56,10
1867	201,83	419,60	248,30	220,40	188,90	142,10	111,10	87,20	70,50	59,30
1885	201,19	326,60	225,10	199,80	173,50	130,90	103,90	84,00	60,10	54,30
1906	200,87	425,50	280,70	244,70	210,30	151,80	119,10	92,30	72,60	57,90
1926	200,39	453,80	277,40	246,00	206,90	153,00	118,40	91,80	72,50	56,50
1945	199,92	326,20	242,20	214,50	187,60	141,90	109,10	82,40	68,50	53,80
1965	201,83	394,70	316,30	270,90	229,50	153,40	121,10	90,30	70,70	55,30
1986	273,24	381,30	288,70	255,60	227,60	175,70	146,40	116,20	95,50	80,40
2007	203,26	488,10	261,20	230,50	203,00	152,00	120,80	93,50	77,30	61,50
2025	200,08	338,10	227,60	203,50	182,40	139,00	112,80	88,80	73,50	57,80
2046	198,96	272,60	211,80	186,90	165,70	127,60	106,10	84,60	69,80	58,50
2065	201,19	476,90	242,70	203,30	178,60	140,60	112,40	92,20	79,10	65,30
2085	199,44	299,50	203,40	179,60	159,10	122,00	100,40	81,10	65,60	55,40
2105	202,94	346,30	251,70	219,00	185,00	132,00	102,10	77,90	61,00	53,90
2125	202,62	390,50	242,10	188,40	157,60	110,70	85,00	65,30	54,50	45,30
2147	201,19	323,30	227,60	194,30	166,70	112,60	88,40	67,80	53,90	45,10

2165	198,49	441,90	253,00	205,60	166,90	110,00	81,70	61,50	49,20	39,70
2185	166,04	324,70	192,90	161,30	133,00	89,10	67,40	51,00	41,00	32,70
2206	167,31	273,10	193,80	167,10	137,90	91,20	71,70	51,50	42,20	33,30
2225	202,62	427,90	282,00	227,70	179,70	110,70	81,60	59,40	48,70	39,10
2246	199,44	420,20	253,40	207,50	168,50	112,40	84,20	66,30	51,50	43,00
2266	200,55	345,40	245,40	200,80	165,20	109,00	82,10	60,30	49,80	38,20
2285	203,10	317,70	239,20	200,50	164,20	106,80	78,60	61,80	45,10	38,80
2305	200,39	354,30	242,90	196,70	156,90	96,90	67,70	47,60	36,80	29,30
2326	202,14	346,50	252,20	212,30	175,10	113,90	85,00	64,90	51,50	43,60
2346	201,67	274,70	202,30	170,80	142,90	97,80	73,70	56,70	44,60	39,40
2365	201,35	375,20	238,30	195,00	158,70	106,40	80,60	61,40	50,40	43,10
2386	279,12	398,90	284,40	247,70	207,70	144,00	111,70	86,40	68,40	53,40
2406	202,30	245,50	171,70	148,50	126,90	93,00	73,10	60,30	47,50	41,80
2425	201,83	256,20	180,40	155,50	134,00	106,60	89,20	72,30	60,30	51,20
2445	200,24	216,40	147,90	135,40	125,50	101,50	88,20	73,00	62,80	51,30
2465	201,67	259,40	162,70	144,20	134,80	107,20	93,60	76,90	62,10	51,20
2485	201,98	286,90	207,80	193,00	176,40	110,90	93,40	75,70	62,30	52,20
2506	278,48	360,50	247,20	220,80	207,50	167,20	143,20	117,50	97,60	80,70
2525	201,83	782,70	467,50	330,80	233,60	130,30	96,60	75,00	63,80	55,50
2546	187,35	811,50	520,30	376,20	263,10	140,30	96,90	74,50	62,90	56,60

**ANEXO F - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO *OFFSET*
+6 DA PPD B**

Bacias deflectométricas (μm) obtidas na linha +6										
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
Comp. (m)	Carga (kN)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
0	200,39	280,70	221,00	207,40	195,50	164,10	144,90	121,80	102,60	88,50
20	198,01	349,10	274,60	247,70	225,40	184,20	154,70	126,00	105,20	87,10
40	195,46	247,50	211,10	198,30	183,70	156,90	136,90	117,40	101,20	87,90
60	193,87	345,30	262,70	233,00	209,30	163,50	136,50	112,20	90,90	76,80
81	196,90	318,80	267,70	243,70	222,20	180,30	153,60	121,90	103,80	86,70
100	190,85	448,30	354,80	309,30	275,20	216,80	181,40	143,60	117,10	93,70
120	188,62	380,40	329,90	303,20	267,70	206,90	173,30	139,20	109,70	88,90
140	197,21	329,70	275,60	248,40	221,10	175,50	146,40	121,80	102,70	83,80
160	193,24	365,00	292,90	254,20	227,30	177,30	147,00	118,00	95,80	79,10
181	194,99	392,40	289,80	256,10	225,80	174,10	144,00	116,80	95,90	79,30
201	195,46	350,00	283,00	253,90	225,10	175,10	146,60	118,00	97,00	79,70
220	198,17	288,80	244,20	221,70	201,60	161,50	137,30	112,00	93,20	78,10
241	195,78	331,40	275,30	247,40	220,70	172,20	143,10	117,20	96,00	78,50
260	191,96	362,50	267,60	248,70	221,70	173,40	145,50	123,80	94,90	79,30
280	193,87	437,70	316,40	271,30	239,40	183,20	149,50	119,80	98,50	78,40
300	190,22	436,90	327,10	274,40	241,00	183,10	151,40	117,10	94,00	75,10
320	191,01	360,80	290,90	250,40	219,40	169,20	139,60	112,40	86,70	76,50
341	190,53	412,10	319,90	269,20	234,90	179,40	144,90	113,60	92,10	73,10
360	192,44	418,20	295,80	261,50	230,20	172,40	139,50	110,20	89,10	72,80
380	194,03	383,90	279,20	244,00	213,80	164,50	128,90	105,40	84,70	70,70
400	193,87	417,70	302,90	258,00	224,80	169,60	137,80	110,40	89,00	71,10
420	193,40	411,00	283,40	238,40	212,10	159,80	130,60	101,30	85,70	70,10
441	194,51	461,50	332,30	283,70	247,00	180,40	142,90	111,50	86,20	69,70
460	191,33	355,30	270,10	235,70	203,90	147,30	121,60	93,00	74,30	61,80
480	197,37	330,00	242,70	217,90	191,70	147,30	120,50	96,00	77,40	64,20
500	193,08	328,40	224,60	190,80	170,80	130,50	108,30	90,80	73,70	62,90
520	195,62	432,00	297,70	252,20	218,20	162,00	132,90	107,30	85,40	68,20
540	194,19	371,70	265,30	228,50	203,00	154,00	125,30	99,20	82,50	69,80
560	193,71	409,70	271,40	237,10	207,20	158,10	130,90	108,70	86,40	73,90

580	194,19	471,10	299,60	252,00	229,00	176,80	146,20	118,40	99,10	79,00
600	190,53	567,40	360,90	312,40	262,60	199,10	156,80	126,40	105,20	85,40
620	192,76	426,90	307,80	255,00	221,90	171,70	140,30	113,80	94,40	79,80
641	189,90	470,30	285,00	239,90	212,00	162,60	134,10	109,30	90,70	76,00
660	195,78	373,50	274,40	243,50	211,70	163,70	133,00	105,80	84,60	70,30
680	190,06	434,60	323,90	272,30	233,20	168,30	133,00	101,30	82,30	65,10
700	192,12	381,30	268,40	227,50	202,20	147,10	115,80	89,90	74,20	57,70
720	191,49	315,00	253,00	205,70	185,40	139,70	110,60	86,20	67,20	55,40
741	192,92	272,90	219,80	197,30	175,50	131,30	108,40	86,90	71,90	58,10
760	193,40	452,60	291,00	243,90	213,60	153,30	120,50	92,70	72,10	58,40
780	195,30	332,30	247,20	218,00	186,80	140,50	112,80	84,50	67,20	54,70
800	193,56	513,60	353,90	294,90	246,40	173,80	133,10	100,10	77,60	63,10
820	192,44	490,40	324,80	264,70	222,90	163,00	130,50	100,70	79,20	65,00
840	192,44	443,20	325,20	270,60	230,00	162,90	126,30	95,70	74,00	61,20
860	189,90	444,40	320,10	266,30	225,70	168,90	134,90	105,60	83,30	69,10
880	192,92	420,80	294,50	246,60	211,90	155,10	121,60	94,70	75,50	61,00
900	191,49	415,40	281,70	229,40	194,60	143,00	113,10	90,80	72,60	61,10
920	193,71	427,80	294,80	253,40	221,50	164,70	129,00	100,60	81,10	65,10
940	192,60	430,60	310,60	254,20	219,10	159,90	125,40	98,10	77,40	61,50
960	194,35	380,50	254,20	214,10	184,50	136,70	109,00	83,70	65,80	55,30
980	192,12	383,70	294,60	249,00	213,40	154,90	122,20	94,90	76,30	61,20
1000	194,03	381,40	275,80	229,20	198,20	143,40	114,10	89,20	71,00	58,70
1020	192,60	423,90	291,90	249,10	211,70	155,80	125,60	98,50	79,70	65,00
1040	194,67	425,20	292,80	245,20	210,90	156,80	124,80	99,40	80,50	64,90
1060	194,83	385,10	255,60	219,20	193,50	146,40	123,20	99,50	83,30	69,10
1080	194,99	478,40	288,20	244,50	210,80	157,70	126,60	101,40	83,00	70,70
1100	194,03	334,20	237,90	193,90	165,90	127,30	105,40	84,90	71,30	59,40
1120	192,92	382,40	233,00	190,90	165,70	127,60	105,30	86,60	69,40	60,60
1140	195,30	377,70	244,60	201,50	175,10	130,00	105,60	86,10	73,30	61,80
1160	192,12	344,30	265,60	223,60	191,30	143,20	113,30	88,30	71,20	59,50
1180	194,99	351,90	244,10	206,40	182,10	138,80	111,00	89,20	72,10	59,00
1200	193,40	378,60	271,60	218,80	185,70	137,80	108,30	85,40	67,70	56,50
1220	194,51	345,80	245,50	211,10	184,20	137,70	109,10	86,30	70,10	58,40
1240	194,51	384,90	261,00	220,70	191,00	143,90	113,70	91,00	72,50	60,00
1260	194,51	433,50	290,50	244,70	209,90	149,00	115,50	88,70	70,10	56,90
1280	195,46	375,70	245,50	207,20	178,50	131,40	104,20	82,40	64,20	55,90
1300	196,42	428,50	262,90	215,30	187,50	135,60	104,60	77,70	58,50	49,40
1320	193,71	347,70	258,00	220,50	190,20	131,70	100,50	76,80	60,10	46,90
1340	195,46	448,70	297,50	251,20	212,40	148,20	113,70	86,40	67,30	51,00
1360	197,05	479,90	300,20	256,20	214,30	148,60	111,70	83,30	61,70	50,60
1380	191,01	443,90	309,20	249,30	209,00	148,90	112,80	85,60	64,70	52,10
1401	196,10	427,00	279,00	239,80	201,70	140,40	106,00	80,20	62,40	49,60
1421	195,15	412,60	301,50	250,90	213,20	152,30	120,30	88,90	69,90	58,80
1440	194,19	427,40	311,90	261,90	222,60	153,50	120,70	92,20	74,30	61,70
1461	194,03	466,00	301,80	252,20	212,60	151,90	123,50	98,10	73,80	60,00
1480	194,51	386,20	297,50	250,00	215,10	153,00	120,30	94,20	72,10	61,20
1500	193,87	449,10	289,10	242,90	205,00	146,10	115,50	94,20	75,90	63,20
1520	194,83	453,00	296,30	238,30	199,20	145,10	117,30	87,70	70,00	60,50
1540	193,56	380,70	279,80	238,80	206,10	151,80	119,80	95,10	68,00	62,20
1560	194,35	414,60	279,60	237,90	209,50	150,20	116,20	87,20	68,70	54,30
1580	193,08	407,90	311,30	256,70	220,60	154,10	114,70	85,30	61,00	48,90
1600	193,08	352,90	249,10	202,80	170,30	119,70	91,40	66,30	53,10	42,10
1620	194,83	352,00	238,70	195,80	162,40	113,60	86,40	63,90	47,90	39,90
1640	198,49	522,40	327,90	256,30	208,60	130,90	91,70	64,70	49,50	38,60
1660	196,26	491,00	308,10	228,90	182,30	114,40	78,40	56,10	45,80	36,30
1680	194,51	452,80	286,60	211,40	173,00	117,60	86,80	66,80	51,90	40,20
1700	194,51	555,30	325,50	256,90	208,30	132,30	93,70	66,80	51,00	42,80
1720	193,56	558,40	333,60	269,50	223,30	148,10	110,50	82,80	61,00	48,90

1740	195,94	342,40	243,80	204,40	172,20	123,40	94,90	73,30	57,10	44,40
1760	194,19	507,40	344,20	278,90	231,40	155,50	113,30	81,90	59,80	48,00
1780	191,96	557,80	359,30	281,70	227,90	148,40	113,40	85,60	66,30	52,20
1800	194,99	484,60	350,90	292,50	242,50	162,50	121,20	89,10	68,30	50,90
1820	194,19	442,40	321,30	267,40	220,20	155,30	115,90	87,60	63,20	53,20
1841	191,65	423,00	291,30	250,50	212,40	145,70	111,20	84,30	63,60	50,70
1860	192,92	530,30	374,00	293,70	238,80	158,10	115,70	85,10	65,80	51,30
1880	194,99	353,00	283,20	248,90	216,30	158,70	124,80	94,00	73,70	55,60
1900	196,74	307,20	241,20	214,50	187,40	140,80	112,70	88,00	69,50	55,80
1920	195,62	315,30	237,40	210,10	180,70	133,80	105,30	80,60	65,70	51,10
1942	194,99	416,00	322,50	271,10	224,10	155,80	119,70	89,70	70,30	55,90
1961	195,62	357,70	271,80	233,90	202,90	149,00	116,90	89,40	69,40	55,20
1981	195,62	292,30	237,20	207,80	179,40	134,70	108,70	83,10	68,40	53,80
2000	194,19	316,30	231,10	204,20	178,20	135,90	110,20	87,50	69,80	56,40
2020	195,78	272,70	217,10	194,10	173,40	131,50	106,50	85,00	68,60	56,20
2040	196,90	290,20	221,40	194,80	169,80	129,10	105,40	82,30	67,70	54,80
2060	195,62	286,00	219,80	194,20	172,40	133,20	108,30	87,00	70,70	57,70
2080	192,76	385,70	219,80	171,90	153,30	119,80	102,20	82,90	70,90	56,70
2100	195,62	502,50	256,00	208,90	183,70	139,10	111,30	88,80	71,10	60,40
2120	196,10	534,10	260,60	202,30	168,50	123,40	100,50	81,50	64,80	56,60
2140	193,56	345,30	225,30	186,50	156,00	108,00	82,90	63,50	50,40	41,40
2160	194,83	530,00	273,10	209,20	175,80	119,90	91,20	69,90	56,50	47,20
2180	192,28	341,30	249,20	211,30	175,00	118,10	89,90	66,30	52,60	41,80
2201	190,53	333,20	247,90	197,70	158,50	101,30	75,40	56,50	45,50	40,10
2220	193,40	436,50	304,50	241,90	186,40	114,60	82,10	61,10	49,10	39,10
2241	188,78	348,50	270,60	226,30	183,20	118,80	85,90	63,20	49,30	41,10
2260	195,78	372,90	251,80	210,40	169,90	106,10	80,80	57,20	47,60	39,50
2280	192,60	356,80	262,90	213,80	168,10	109,20	80,10	63,50	50,20	40,50
2300	193,56	331,00	244,30	201,90	164,00	107,00	80,00	57,30	46,20	37,90
2321	192,92	318,70	253,70	209,50	166,30	101,00	69,30	49,20	37,10	31,40
2340	189,74	327,80	253,00	209,80	165,40	100,10	69,70	49,80	38,20	29,30
2361	190,69	322,80	242,10	199,40	160,10	107,40	82,40	58,20	52,50	39,50
2380	194,51	323,00	242,60	193,00	151,70	97,20	71,70	54,30	42,90	37,60
2400	193,71	279,30	223,60	184,70	151,70	101,00	73,90	55,40	43,50	35,50
2420	193,24	265,60	204,10	173,30	144,00	97,70	73,60	54,50	44,50	35,10
2440	196,58	218,80	161,90	136,60	117,00	86,80	71,00	59,30	49,70	41,60
2460	190,69	249,90	205,50	150,80	122,10	94,20	79,80	65,60	55,60	45,60
2480	192,76	153,40	137,30	128,30	118,90	99,30	85,10	71,80	61,60	50,90
2500	195,46	238,90	148,80	135,00	125,20	103,10	88,50	73,50	61,40	49,80
2520	196,74	354,50	146,50	134,20	123,30	95,30	80,40	64,60	53,90	45,10
2540	192,12	819,00	555,70	385,30	261,30	131,00	88,60	67,40	56,40	47,90
2560	186,40	953,40	609,90	432,70	297,20	150,70	97,40	70,70	59,40	50,20
2581	193,56	908,60	644,80	486,80	350,70	180,10	109,90	74,40	60,10	51,90

**ANEXO G - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO *OFFSET* -
3 DA PPD B**

		Bacias deflectométricas (µm) obtidas na linha -3								
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
Comp. (m)	Carga (kN)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
6	203,89	407,70	290,20	271,20	248,50	200,30	170,70	138,90	115,70	92,50
25	205,48	292,40	235,30	222,60	209,10	177,20	154,90	130,40	108,90	89,70
45	197,05	321,20	224,70	213,70	200,80	171,50	152,60	130,20	112,00	95,50
65	195,30	310,10	257,40	234,40	206,90	158,10	132,20	105,10	86,20	71,50
85	193,40	374,60	308,50	281,80	248,30	199,80	165,20	130,40	101,20	83,40
105	193,71	523,40	401,90	348,40	301,50	222,90	177,10	136,30	109,70	88,10

127	192,44	400,60	320,50	294,80	265,60	204,20	166,80	136,50	110,40	90,80
145	201,51	385,70	293,00	254,50	230,90	180,50	150,70	121,90	101,00	81,30
165	193,08	388,20	290,50	264,90	234,80	183,40	151,20	116,70	91,70	75,10
185	193,56	409,10	301,10	268,80	227,70	171,10	138,00	108,30	87,80	71,80
205	193,87	370,40	304,90	276,40	241,90	179,10	144,90	113,70	89,50	73,30
225	194,67	434,40	306,50	271,80	239,50	182,40	145,70	114,80	91,50	74,40
245	191,96	395,70	288,30	258,30	226,20	171,70	140,60	110,40	87,90	72,20
265	198,01	398,10	261,80	233,30	210,40	160,70	135,00	105,10	87,10	73,60
285	189,10	345,00	261,10	230,80	205,80	159,70	132,10	106,70	85,40	69,90
306	197,53	380,70	274,80	237,00	210,00	161,50	132,60	106,50	85,90	71,20
325	195,78	399,10	291,70	250,70	222,00	167,60	138,60	107,40	100,70	67,10
345	199,12	387,80	260,50	230,70	202,10	154,30	126,10	99,20	83,10	66,70
365	199,60	405,70	279,30	245,30	213,70	160,80	130,10	102,40	81,20	66,00
385	196,58	279,30	221,90	199,20	177,10	138,90	114,70	92,70	76,90	63,50
405	196,26	372,20	246,80	211,90	186,60	141,80	116,00	91,60	73,90	61,10
425	199,44	248,30	199,90	178,50	162,10	127,70	108,00	86,50	71,80	59,40
446	196,26	317,30	221,20	195,90	170,30	133,10	111,40	87,80	70,80	60,30
465	194,67	252,30	207,70	189,70	165,40	126,80	106,40	88,00	69,20	58,50
485	195,62	279,60	209,80	186,70	166,80	129,00	108,30	87,90	71,50	59,70
505	194,99	313,60	225,70	188,00	169,20	131,00	110,60	84,70	77,10	60,20
525	202,62	253,70	196,90	180,80	160,40	127,50	107,30	89,30	72,10	64,90
545	198,64	301,20	219,10	193,80	170,70	133,20	112,90	92,70	76,00	66,40
565	203,10	305,10	235,80	210,30	190,80	148,20	125,10	101,00	83,10	68,40
585	202,30	449,60	321,10	258,50	217,80	160,80	130,50	105,20	85,50	73,10
605	193,87	264,30	219,80	199,30	177,70	141,40	121,00	99,20	84,00	72,70
625	195,30	519,80	313,10	256,80	221,80	162,30	128,90	101,70	83,70	72,30
645	204,37	296,90	219,60	195,50	171,70	132,90	110,30	89,00	76,40	65,70
666	200,71	314,40	229,30	206,30	184,00	143,80	120,10	92,00	78,80	67,60
685	197,37	256,80	202,30	178,90	157,40	118,20	96,40	78,80	63,10	53,20
705	201,67	412,30	224,50	191,00	168,40	120,30	95,50	75,60	61,50	50,80
726	196,90	291,50	197,10	174,10	153,70	112,60	90,50	75,40	61,30	43,80
745	193,24	283,20	194,20	163,40	146,00	112,80	91,20	74,20	60,70	51,70
766	198,80	295,90	214,00	187,10	161,90	119,70	96,20	76,60	60,30	51,20
785	188,62	282,60	234,90	204,70	178,70	132,40	104,30	81,80	69,40	53,70
805	194,03	416,90	266,30	234,30	201,60	148,80	115,10	90,60	74,60	56,10
825	192,76	449,70	285,00	244,30	213,50	147,60	121,30	89,30	71,20	62,10
845	199,76	463,60	278,60	226,60	188,00	135,00	104,60	82,00	66,70	54,80
865	192,12	410,50	268,60	232,10	199,40	142,00	110,70	87,00	69,50	54,00
885	195,94	453,50	296,20	251,80	218,70	153,20	117,90	92,10	70,10	61,80
905	191,96	437,60	271,10	235,20	205,00	154,00	123,10	98,00	77,80	62,00
925	192,92	441,90	277,00	235,30	206,50	146,00	108,30	87,10	68,80	55,60
945	188,15	407,40	259,30	218,60	193,00	142,50	112,70	88,20	77,40	61,10
965	196,90	420,60	249,20	210,20	180,70	134,70	107,90	86,10	70,10	59,10
985	194,99	365,10	223,10	189,20	162,80	120,10	99,50	77,60	65,10	53,70
1005	194,83	317,70	197,10	176,80	155,90	117,70	93,70	77,20	62,80	51,60
1026	194,83	342,20	231,60	195,70	167,90	125,60	103,30	83,30	71,10	56,60
1045	194,19	306,00	200,40	168,20	147,30	112,40	93,40	72,40	59,20	48,20
1065	196,10	356,80	243,70	214,10	188,90	142,20	116,30	90,50	70,40	58,60
1085	190,69	375,50	262,60	213,50	182,60	132,90	107,60	86,30	67,50	56,10
1105	193,71	357,10	221,10	192,90	170,10	125,50	103,40	84,10	70,70	60,10
1125	200,55	335,90	226,80	202,90	176,60	133,40	107,00	84,90	68,80	59,90
1145	197,37	389,50	238,00	205,00	178,10	126,90	100,50	78,80	60,90	54,30
1165	202,78	375,40	239,20	205,10	175,70	129,00	101,30	76,80	66,10	53,70
1185	193,24	318,00	227,60	185,80	159,00	118,40	92,50	74,40	60,00	48,00
1206	189,10	450,90	235,60	197,90	172,00	125,00	98,00	78,80	61,80	47,20
1225	194,19	368,30	253,20	218,20	188,60	132,90	106,40	81,80	64,30	54,90
1245	191,96	297,90	216,70	184,70	162,80	123,40	99,60	79,60	64,90	53,90
1265	198,96	389,00	269,50	233,10	204,90	150,60	120,80	95,40	76,10	60,70

1285	192,76	359,00	252,50	217,70	186,30	132,50	102,60	80,00	61,00	53,40
1305	190,22	396,50	266,50	228,10	195,10	137,50	104,70	80,20	61,10	51,00
1325	193,87	449,30	265,60	224,90	193,80	135,50	101,50	75,90	59,30	50,10
1345	191,01	448,50	320,00	263,60	221,20	148,10	109,40	81,40	63,50	50,80
1366	190,22	344,50	265,00	226,90	192,70	136,30	105,40	79,80	63,20	50,80
1385	194,83	693,80	293,80	247,60	208,00	143,00	107,10	79,00	61,80	50,00
1405	193,24	354,80	221,80	187,60	159,90	112,00	89,80	73,80	59,60	52,20
1425	196,26	420,60	275,10	227,10	192,60	132,90	105,40	78,80	59,90	53,60
1445	187,67	424,70	298,70	251,50	211,10	144,50	111,20	93,40	70,20	56,20
1465	193,56	485,00	331,00	282,20	241,00	162,00	121,50	91,90	71,10	58,80
1485	199,44	408,00	274,30	229,30	192,30	135,00	111,90	86,30	71,40	59,90
1505	195,62	381,80	264,30	234,90	204,30	150,90	119,00	90,70	77,40	66,10
1525	197,53	396,20	222,90	190,10	167,20	127,00	102,30	81,00	67,10	56,80
1545	195,78	335,30	223,30	196,10	171,40	129,60	104,90	82,80	70,00	53,90
1565	194,35	413,90	281,50	236,80	201,40	136,50	106,70	75,60	62,80	48,20
1585	194,19	286,60	174,20	148,10	132,40	103,80	82,90	66,50	53,30	44,30
1605	194,35	254,90	178,10	159,90	139,70	103,80	85,10	67,40	51,60	45,40
1625	194,35	361,40	243,00	208,50	178,00	123,80	97,60	73,40	57,30	43,00
1646	193,08	363,30	190,40	166,80	143,20	104,50	80,50	61,00	48,40	38,50
1665	195,78	335,50	206,80	177,70	151,80	110,10	83,50	64,80	49,90	39,20
1685	194,19	254,80	199,50	168,10	145,80	104,80	84,40	67,90	51,80	40,50
1705	193,71	368,50	228,10	199,10	170,00	123,50	97,80	72,40	54,90	44,90
1726	194,67	322,90	215,60	189,80	167,70	125,70	102,00	78,50	61,00	48,70
1746	192,44	317,00	219,00	189,80	166,40	121,80	94,30	73,10	56,10	47,30
1766	191,49	245,40	197,70	178,50	157,80	121,30	101,50	77,50	58,90	50,80
1785	192,92	361,80	232,60	197,80	174,90	126,00	99,10	77,20	59,50	49,00
1805	192,60	417,90	227,40	196,90	170,60	122,50	98,60	73,50	60,00	52,00
1825	192,44	250,70	195,20	172,30	148,30	110,90	88,60	68,10	53,40	44,00
1845	192,44	245,20	207,80	184,70	160,30	122,30	97,90	76,10	60,40	49,20
1866	194,51	265,70	204,30	182,10	159,30	120,50	96,60	77,40	65,60	49,90
1885	194,67	262,50	194,70	174,50	150,30	118,00	95,00	75,00	61,10	51,30
1906	193,24	291,60	227,80	195,00	168,70	122,50	96,70	73,80	58,30	47,90
1925	192,12	285,80	204,70	180,20	154,60	111,50	89,10	68,60	54,30	46,10
1945	191,65	285,30	220,60	196,80	167,00	118,60	96,80	76,30	55,80	44,50
1965	191,96	266,70	220,00	196,50	168,20	126,30	99,20	75,60	60,50	48,50
1985	193,87	272,20	222,10	196,20	171,00	128,00	100,70	79,30	60,10	51,40
2005	188,62	318,30	220,30	190,10	166,30	122,40	99,00	76,50	60,60	48,10
2025	196,10	254,00	197,10	176,90	154,60	120,80	96,90	75,80	62,40	50,50
2045	195,30	356,40	216,50	187,00	170,10	136,30	108,30	84,50	68,60	56,20
2066	194,99	269,20	205,20	181,00	161,50	124,50	102,70	81,90	66,20	55,80
2085	195,62	256,90	194,90	171,60	152,60	117,60	98,10	78,30	62,60	52,00
2105	195,62	249,90	191,70	175,50	156,60	124,90	105,40	88,00	71,80	61,00
2125	192,12	316,00	239,70	215,40	190,90	144,20	115,20	91,90	74,20	61,50
2146	193,24	272,20	216,60	189,90	162,60	118,00	92,20	71,90	56,50	46,40
2165	193,87	267,00	205,10	175,60	148,60	103,70	81,20	61,40	47,00	41,80
2185	195,62	301,40	233,60	202,80	172,90	122,30	92,00	68,70	53,40	42,60
2205	198,80	303,10	225,90	189,90	161,30	113,60	86,30	66,50	50,80	42,80
2225	195,94	296,60	231,10	199,60	170,50	119,70	90,80	68,10	52,20	44,70
2246	195,94	426,80	268,20	224,30	185,10	125,20	91,90	67,30	48,60	42,40
2265	196,42	450,40	256,70	219,50	172,50	111,70	81,90	58,10	43,60	35,70
2285	195,78	316,70	229,50	194,90	164,60	112,50	88,40	64,30	55,10	42,60
2305	196,26	305,80	224,30	193,00	159,20	109,60	82,70	62,50	47,50	37,40
2326	188,62	334,80	235,40	196,40	167,60	110,80	85,00	60,90	45,80	39,30
2346	195,30	350,40	234,20	198,30	164,30	108,70	79,60	57,60	44,80	35,60
2365	193,56	324,50	235,10	194,20	160,70	107,70	83,00	62,10	47,30	40,80
2385	194,99	255,10	197,60	171,10	142,20	97,80	72,30	53,20	45,60	36,90
2405	198,17	286,60	207,90	177,50	148,50	99,00	77,90	53,60	42,30	32,40
2425	196,42	281,90	211,30	181,40	152,80	106,60	80,70	62,40	47,60	39,10

2445	197,85	230,50	163,20	148,90	135,20	110,60	94,80	78,60	65,80	56,40
2465	194,83	269,60	196,60	174,50	159,50	132,10	113,90	99,30	71,50	53,80
2486	199,12	208,00	132,80	118,60	108,60	90,70	78,30	66,70	56,60	49,50
2505	198,96	188,80	147,50	133,60	121,40	99,30	86,30	72,90	62,10	53,00
2525	199,28	206,10	153,90	141,90	131,70	108,30	94,20	78,70	67,00	55,50
2545	193,87	646,40	441,30	336,90	243,90	134,20	91,10	76,30	59,20	52,30

**ANEXO H - BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS MEDIDAS PELO HWD NO *OFFSET*
-6 DA PPD B**

		Bacias deflectométricas (μm) obtidas na linha +6								
Distância dos sensores (cm)		0	30	45	60	90	120	150	180	210
Comp. (m)	Carga (kN)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
0	195,78	303,50	252,20	235,50	216,90	173,60	145,10	121,40	98,40	80,50
20	193,87	583,70	314,60	261,90	239,10	191,60	162,00	132,20	110,10	92,10
40	194,19	460,80	238,50	217,30	203,60	173,00	153,80	128,50	109,20	91,70
60	190,69	328,60	267,50	233,50	202,20	151,90	123,60	100,70	81,90	63,40
80	192,12	385,90	331,40	298,50	259,00	201,90	166,20	132,90	107,70	84,70
100	191,65	481,00	396,30	352,60	308,50	229,50	184,60	139,30	108,90	87,70
120	189,74	555,40	425,10	354,90	312,00	231,10	185,70	143,30	114,40	92,30
140	182,10	515,40	326,30	281,50	250,10	193,50	157,70	127,80	104,50	85,70
160	189,26	515,50	316,30	262,90	237,10	188,90	155,50	122,50	102,90	84,70
180	187,83	429,40	306,50	257,90	232,00	177,70	145,50	116,70	93,00	77,10
201	185,92	421,70	315,40	272,70	240,90	180,20	141,60	110,50	92,70	72,80
221	183,54	566,30	406,70	314,50	272,10	194,30	148,80	115,90	90,10	73,70
240	191,81	536,70	328,80	293,10	254,40	192,40	157,10	121,40	96,70	75,50
262	189,74	472,10	301,20	257,40	227,20	169,00	139,20	111,00	89,30	72,60
280	191,33	424,10	301,80	255,80	229,00	174,50	140,10	110,50	87,90	72,20
301	188,78	424,20	299,60	263,10	232,60	176,90	144,00	113,50	91,00	75,00
321	186,88	418,50	299,90	263,60	228,60	170,80	137,90	107,20	86,50	68,80
340	192,76	391,10	272,80	236,40	207,00	155,90	126,90	100,80	79,60	65,60
361	189,74	454,20	328,90	271,00	231,00	168,90	134,40	104,70	82,30	68,70
380	191,65	371,30	248,70	208,30	185,50	144,60	118,90	96,20	79,70	65,00
400	192,60	531,30	352,90	290,40	246,10	178,40	140,80	107,40	83,50	67,80
420	194,19	275,40	223,20	204,40	183,20	141,90	115,50	93,70	78,20	64,00
442	190,37	476,20	266,60	228,00	204,10	154,00	123,80	100,30	77,30	63,20
461	194,67	337,70	256,50	223,20	196,30	147,80	120,10	95,10	76,30	63,60
482	188,31	468,90	314,20	246,50	214,10	155,30	122,20	94,00	75,60	64,00
500	195,78	275,30	214,30	191,50	170,50	132,40	112,80	89,60	75,00	60,90
521	193,08	415,30	264,40	224,10	197,40	148,40	121,60	96,20	77,80	65,70
540	191,17	394,50	314,90	268,60	225,80	162,30	126,10	97,50	78,90	63,90
560	192,76	460,50	313,20	262,80	223,20	164,80	133,60	105,40	84,70	70,10
580	192,76	389,10	280,30	247,60	216,40	162,60	133,70	107,20	89,00	72,40
600	191,81	381,80	282,60	244,90	211,80	159,70	129,50	104,40	85,70	70,90
621	188,47	484,50	310,80	249,90	217,60	159,10	130,60	101,90	93,40	73,70
640	191,01	310,70	239,20	207,80	179,10	133,60	107,70	90,40	76,30	63,50
660	191,17	384,90	276,00	222,10	185,60	137,30	109,20	89,40	74,40	62,60
681	191,65	381,40	242,10	202,60	172,10	126,80	101,60	81,10	63,50	54,50
700	184,81	292,50	233,20	193,10	166,70	122,80	99,00	77,20	60,20	49,00
720	189,42	321,90	216,20	178,40	153,10	111,50	85,80	68,40	56,50	47,50
740	186,56	257,80	187,10	158,50	137,00	105,40	85,50	70,40	56,20	50,10
761	191,01	328,30	237,80	200,10	170,60	124,10	97,60	77,80	61,50	51,00
781	191,81	458,00	283,60	232,40	199,30	141,90	112,30	86,30	68,80	54,90
800	192,28	432,70	309,00	253,30	211,90	149,30	113,60	87,20	69,80	56,50
820	190,85	513,50	329,90	265,80	226,50	160,50	124,80	95,20	74,10	62,90

840	193,71	409,40	262,90	218,00	182,70	129,90	100,20	75,70	60,00	47,90
861	188,94	474,00	323,90	267,30	223,20	153,90	116,10	90,80	70,80	56,90
880	192,28	493,30	310,40	262,40	226,00	162,90	126,40	94,80	72,30	61,70
900	191,96	583,40	327,50	263,30	228,80	166,80	126,80	98,20	76,30	64,60
920	193,87	444,30	261,20	224,10	193,50	143,20	114,80	85,80	71,80	55,50
941	184,01	399,90	262,40	227,20	196,30	150,20	123,20	100,40	79,20	64,70
963	192,60	406,40	266,10	213,40	182,20	134,30	108,60	85,70	70,80	57,40
980	193,40	301,10	208,20	174,90	150,80	113,10	92,20	76,60	61,80	52,00
1002	192,12	310,90	229,90	193,10	169,20	127,20	103,20	82,50	68,30	57,90
1020	186,88	363,40	276,90	241,10	203,30	148,60	116,80	92,30	79,40	65,90
1040	194,19	293,20	220,60	190,50	163,20	119,80	96,70	78,60	63,00	54,30
1060	193,08	341,50	243,50	205,00	176,30	130,70	108,10	93,10	73,20	58,40
1081	188,31	315,20	234,00	195,90	167,80	125,70	103,20	83,30	69,60	57,00
1100	193,71	298,30	207,80	175,70	152,00	116,10	101,20	79,50	63,70	60,80
1120	194,35	308,20	201,50	170,00	149,00	115,50	96,40	83,90	70,00	60,10
1142	188,94	238,80	190,20	162,20	141,30	107,30	89,80	74,20	62,50	54,90
1160	191,81	333,40	249,40	207,60	174,90	126,60	100,80	79,20	64,10	54,60
1182	194,51	326,80	236,10	198,20	168,20	121,80	97,50	75,60	61,90	48,90
1201	192,76	354,30	241,00	210,00	181,40	135,50	107,40	84,70	67,00	47,00
1220	194,35	337,50	223,90	186,80	161,00	119,40	97,50	78,10	64,40	51,70
1182	192,28	338,00	235,20	197,40	172,70	124,40	101,50	77,30	60,30	50,40
1200	189,26	363,30	247,10	209,80	181,40	132,70	106,20	86,40	69,30	54,90
1221	193,87	357,30	233,60	192,50	161,90	120,40	93,30	74,80	61,50	54,20
1241	189,42	370,00	258,10	220,10	189,20	139,70	109,20	84,90	68,30	57,30
1260	191,81	422,00	292,20	244,10	204,00	142,10	111,20	86,40	68,10	56,50
1282	188,78	488,10	308,30	253,40	210,10	147,00	111,10	82,50	64,40	52,20
1301	187,83	429,00	308,50	253,00	214,70	151,00	115,80	89,70	70,80	52,30
1320	191,65	433,00	312,20	257,60	212,00	149,10	115,30	91,80	68,20	55,10
1341	187,83	486,90	350,60	287,40	233,90	158,00	115,60	83,70	66,20	50,70
1360	194,35	498,80	358,00	291,50	234,30	152,80	112,50	80,00	64,20	48,40
1380	191,49	489,80	335,80	268,20	219,90	148,00	110,80	83,90	65,20	51,60
1400	192,76	440,90	290,10	232,10	194,60	137,00	107,20	83,20	67,60	55,00
1420	191,17	437,30	255,40	208,30	175,90	124,50	96,80	77,80	63,70	53,60
1440	193,87	298,20	231,40	205,90	175,50	129,70	102,70	78,10	65,40	54,50
1460	193,24	338,10	265,60	231,50	196,30	142,30	113,10	89,00	73,20	60,10
1481	188,78	331,50	262,30	228,30	197,20	144,00	114,90	88,70	74,10	58,40
1501	186,88	344,70	237,50	196,00	167,70	122,60	93,10	74,10	60,90	52,40
1520	191,65	467,50	322,60	268,60	227,70	163,20	128,80	98,50	79,80	63,00
1541	189,74	456,00	331,20	273,30	225,70	155,20	120,80	88,70	72,80	54,50
1560	190,69	550,70	343,40	265,10	216,40	144,00	104,10	76,40	59,20	46,30
1580	192,44	448,30	263,30	213,60	187,10	134,20	101,80	76,30	59,90	47,20
1600	191,17	383,90	232,00	190,10	162,10	117,50	90,00	65,80	51,80	41,50
1620	189,42	566,70	328,20	265,00	216,70	140,80	104,90	74,20	59,80	45,60
1642	189,10	411,80	233,60	189,20	156,70	109,10	78,60	58,60	43,00	36,70
1662	190,06	441,30	259,60	203,50	164,90	114,10	85,80	63,60	49,50	39,20
1680	195,30	261,50	184,60	154,90	131,70	92,70	69,10	55,60	44,80	38,00
1701	192,76	388,80	260,40	209,40	179,70	128,30	94,50	70,60	54,20	44,80
1720	190,53	410,20	231,50	201,30	171,40	123,10	94,80	72,40	57,80	45,60
1741	188,47	301,50	219,40	186,30	160,20	113,00	90,10	71,30	55,70	41,80
1760	188,78	304,70	246,90	217,10	188,30	139,20	110,40	83,50	69,60	50,80
1781	187,51	241,70	204,40	178,20	156,60	118,00	95,10	73,70	59,50	48,80
1801	186,72	346,90	245,30	208,00	178,40	127,50	99,50	75,80	61,00	48,90
1820	192,28	352,80	240,50	205,80	175,10	125,90	97,70	72,40	57,00	45,10
1840	190,85	315,80	236,40	209,70	184,70	140,10	111,40	87,70	67,90	53,00
1860	190,85	310,30	255,90	216,80	193,30	143,80	113,30	89,90	64,40	54,80
1880	189,58	431,80	279,40	233,60	199,60	145,10	111,40	79,30	63,40	46,10
1902	190,22	357,50	269,30	229,50	193,30	130,80	98,00	72,30	55,80	43,10
1921	186,08	403,40	274,20	232,20	193,80	132,80	100,30	73,40	56,60	48,20

1942	186,08	348,50	261,40	222,90	188,50	131,20	99,50	87,60	56,80	45,80
1960	191,65	480,40	302,60	255,60	211,60	146,30	109,30	79,30	61,70	49,10
1980	190,69	413,60	382,20	269,70	224,60	151,00	114,10	84,50	63,20	51,00
2000	190,37	364,80	240,40	207,70	177,90	123,30	100,00	76,60	59,00	50,00
2020	193,08	312,20	241,50	208,50	178,00	128,20	102,40	75,10	60,10	47,00
2040	189,58	288,10	222,00	193,40	169,10	126,10	103,90	82,80	63,30	55,00
2042	187,67	321,20	240,00	200,30	175,50	132,00	106,80	84,90	69,30	53,50
2060	191,17	353,10	256,70	222,20	193,00	143,80	118,50	91,30	74,40	57,40
2080	190,37	359,00	243,70	213,10	185,00	141,40	111,70	91,40	69,80	51,40
2101	192,60	299,20	232,80	206,50	185,10	143,40	115,20	95,60	73,60	64,90
2120	192,60	410,40	277,90	242,50	209,20	156,60	123,10	95,70	76,70	60,40
2140	193,87	306,70	245,30	212,80	176,70	124,10	94,30	71,00	55,00	44,00
2160	192,92	456,50	305,20	232,10	186,60	121,40	89,20	60,30	53,90	41,60
2180	191,01	546,10	300,10	240,80	195,20	125,10	88,90	65,30	46,60	41,40
2200	193,40	338,10	253,30	214,70	178,40	119,60	89,20	64,20	49,70	39,60
2220	192,28	432,90	310,70	251,20	199,70	125,10	92,50	66,30	51,20	40,20
2240	192,44	396,70	291,80	238,10	193,20	125,10	88,60	64,90	47,80	39,60
2261	191,65	345,80	264,90	220,80	177,80	113,40	81,60	60,10	46,60	36,50
2280	189,90	444,00	276,60	223,30	175,80	111,40	78,90	59,50	45,90	38,60
2301	193,08	349,70	265,20	221,00	177,70	116,80	84,50	62,00	49,20	39,90
2320	194,03	355,50	263,40	216,70	177,50	115,50	83,70	61,70	46,80	38,90
2340	193,24	360,70	261,10	215,80	173,80	115,40	83,30	61,20	47,10	40,30
2361	189,10	364,40	254,60	210,70	172,60	106,00	81,10	59,20	44,60	37,40
2380	194,99	352,90	258,70	212,10	171,30	111,10	79,40	57,70	45,30	38,10
2400	193,71	276,60	223,60	188,70	155,10	103,10	72,60	52,30	39,90	31,10
2420	193,24	388,00	273,90	217,80	170,80	112,70	79,70	54,50	45,50	48,20
2440	194,51	224,70	161,90	138,80	118,80	86,00	71,40	60,70	52,50	44,60
2461	194,51	268,10	190,90	166,80	149,30	118,90	100,70	80,10	65,40	53,20
2481	191,96	204,20	139,50	124,30	113,50	93,40	80,40	65,00	53,70	45,30
2500	193,40	267,80	158,90	128,80	111,30	92,80	76,80	61,80	51,10	44,60
2520	193,56	215,00	139,80	124,30	113,70	92,30	78,80	64,80	54,50	46,10
2540	187,35	892,30	572,70	403,40	270,60	133,10	85,40	64,90	54,50	45,90
2560	189,10	790,70	497,70	352,60	244,20	129,20	91,00	70,10	55,10	50,90
2580	186,24	1038,40	682,60	507,50	351,40	172,40	111,00	79,50	62,70	53,40