

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO  
FEDERAL**

**SUPERINTENDÊNCIA TÉCNICA – SUTEC**

**DIRETORIA DE TECNOLOGIA – DITEC**

**Projeto de Restauração da Pista de Rolamento  
da VC-341 Trecho Compreendido entre a DF-  
475 e a Capela São Francisco de Assis.**

---

**Brasília-DF**

**Março 2021**

# Sumário

<b>1.0 OBJETIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.0 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>3.0 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Estudos Preliminares.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1.1 Demarcação das Estações de Trabalho.....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Levantamentos de Campo.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2.1 Estudo do Tráfego.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2.2 Determinações das Deflexões Recuperáveis.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2.3 Estudos das Camadas do Pavimento (Sondagem).....</b>	<b>6</b>
<b>3.3.4 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos.....</b>	<b>7</b>
<b>4.0 ANÁLISES DOS DADOS COLETADOS. ....</b>	<b>7</b>
<b>4.1 Estudo do Tráfego.....</b>	<b>7</b>
<b>4.2 Análise Estatística das Deflexões Recuperáveis.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2.1 Subtrechos Homogêneos – Sentido: DF-475/DF-180.....</b>	<b>11</b>
<b>4.2.2 Subtrechos Homogêneos – Sentido DF-180/DF-475.....</b>	<b>13</b>
<b>4.3 Estudos das Camadas do Pavimento.....</b>	<b>15</b>
<b>4.4 Avaliação Objetiva da Superfície do Pavimento.....</b>	<b>16</b>
<b>4.4.1 Subtrechos Homogêneos – Sentido DF-475/DF-180.....</b>	<b>15</b>
<b>4.4.2 Subtrechos Homogêneos – Sentido DF-180/DF-475.....</b>	<b>19</b>
<b>5.0 ANÁLISE GERAL.....</b>	<b>23</b>
<b>5.1 Dimensionamento do Reforço do Pavimento – (DNER-PRO</b>	
<b>11/79).....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.1 Dimensionamento do Reforço do Pavimento –</b>	
<b>(DNER-PRO 11/79) Sentido DF-475/DF-180.....</b>	<b>24</b>
<b>5.1.2 Dimensionamento do Reforço do Pavimento –</b>	
<b>(DNER-PRO 11/79) Sentido DF-180/DF-475.....</b>	<b>29</b>

<b>6.0 Proposta de Restauração do Pavimento (Inicial).....</b>	<b>36</b>
<b>7.0 PARÂMETROS MECANÍSTICOS PARA O PAVIMENTO DA RODOVIA -341....</b>	<b>37</b>
<b>7.1 Programa de Computador Modelos de Previsão de Desempenho</b>	
<b>Utilizados.....</b>	<b>37</b>
<b>7.2 Parâmetros de Resistência dos Materiais.....</b>	<b>42</b>
<b>8.0 ANÁLISE MECANÍSTICA.....</b>	<b>50</b>
<b>8.1 Solução de Dimensionamento 01 .....</b>	<b>50</b>
<b>8.2 Solução de Dimensionamento 02 – Base em Brita Graduada</b>	
<b>Simple (BGS) .....</b>	<b>52</b>
<b>8.3 Solução de Dimensionamento 03 – Base em Brita Graduada</b>	
<b>Tratada com Cimento.....</b>	<b>54</b>
<b>8.3.1 Camada Anti-Reflexão de Trincas (CART) em Tratamento</b>	
<b>Superficial (TSD) .....</b>	<b>57</b>
<b>9.0 RESUMO DAS SOLUÇÕES DE PAVIMENTO POSSÍVEIS PARA A</b>	
<b>RODOVIA VC-341. ....</b>	<b>57</b>
<b>9.1 Solução de Dimensionamento 01 – Intervenções Necessárias .....</b>	<b>58</b>
<b>9.2 Solução de Dimensionamento 02 – Intervenções Necessárias.....</b>	<b>60</b>
<b>9.3 Solução de Dimensionamento 03 – Intervenções Necessárias.....</b>	<b>62</b>
<b>10.0 OBERVAÇÕES IMPORTANTES.....</b>	<b>63</b>
<b>11.0 CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>

**ANEXOS:**

**ANEXO A – Estudo do Tráfego**

**ANEXO B – Determinações das Deflexões Recuperáveis**

**ANEXO C – Estudos das Camadas do Pavimento (Densidade In Situ)**

**ANEXO D – Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos**

**ANEXO E – Verificação da Espessura do Revestimento Asfáltico**

**ANEXO F – Cálculo do Número N**

## 1.0 OBJETIVO

O presente relatório tem como objetivo indicar os parâmetros a serem utilizados na restauração da pavimentação asfáltica da VC-341, no trecho compreendido entre DF-475 e a Capela São Francisco de Assis, tendo sido motivado por meio do Despacho **DER-DF/DG/SUTEC (57234304)**, contido no Processo **SEI Nº 00113-00003425/2021-45**.

## 2.0 INTRODUÇÃO

De acordo com o Sistema Rodoviário do Distrito Federal – SRDF e confirmado com visita ao local, o revestimento encontrando é composto por Tratamento Superficial, em alguns trechos passou por intervenções com recapeamento em Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ), que se encontra em alguns trechos já em estado de deterioração, apresentando muitos remendos.

De acordo com essa visita, foi constatada a ocorrência de vários defeitos no pavimento, causados principalmente pelas cargas de tráfego. Os tipos e intensidades dos defeitos poderão ser mais bem visualizados em planilhas específicas que fornecem os locais e quantidade de defeitos existentes. Assim sendo, foi necessária a realização de ensaios deflectométricos através da utilização de Viga Benkelman, bem como a abertura de janelas de inspeção, para melhor conhecimento das condições estruturais do pavimento.

As Normas utilizadas para elaboração deste projeto de restauração foram:

- DNIT-PRO 006/03 – Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos;
- DNER-PRO 011/79 – Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis;
- DNER-ME 024/94 – Determinação das Deflexões pela Viga Benkelman;
- DNIT 172/2016 – ME – Determinação do Índice de Suporte Califórnia Utilizando Amostras não Trabalhadas;
- DNIT 164/2013-ME – Compactação Utilizando Amostras não Trabalhadas;

- DNER-PRO 175/94 – Aferição de Viga Benkelman;
- DNIT – IPR-719/2006 – Manual de Pavimentação;
- DNIT– IPR-720/2006 – Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos
- Método da AASHTO de Dimensionamento - (1986 e 1993);
- IP – 08/2004 – Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas de Pavimento (PMSP);

### **3.0 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

As atividades foram divididas de acordo com os seguintes estudos preliminares e de campo:

- a) Levantamento histórico da rodovia;
- b) Demarcação das estações de trabalho;
- c) Levantamentos de Campo:
  - Estudo de Tráfego;
  - Determinação das Deflexões Recuperáveis;
  - Estudos das camadas do Pavimento;
  - Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis;
- d) Análise dos dados coletados;
- e) Solução adotada.

### **3.1 Estudos Preliminares**

#### **3.1.1 Demarcação das Estações de Trabalho**

Sendo a rodovia de pista única com duas faixas de tráfego, as estações destinadas à determinação das deflexões, foram demarcadas em ambas as faixas de tráfego de acordo com o Procedimento DNER-PRO 011/79, de forma que o espaçamento longitudinal entre duas estações consecutivas localizadas em uma mesma faixa de tráfego fossem iguais a 40 m, e conseqüentemente, o afastamento longitudinal entre duas estações consecutivas, consideradas ambas as faixas de tráfego, seja igual a 20 m.

## **3.2 Levantamentos de Campo**

### **3.2.1 Estudo do Tráfego**

A contagem manual foi realizada por técnicos do Núcleo de Pesquisa e Coleta de Dados (NUPCD), DER-DF. A aferição foi feita no dia 23/09/2020, no km 1,8 da VC-341. O período contabilizado corresponde aos horários de 06 h às 20 h. Os dados entre 12 h e 13 h serão imputados conforme tráfego entre 13 h e 14 h. **Anexo A.**

### **3.2.2 Determinações das Deflexões Recuperáveis**

Anteriormente à realização dos ensaios deflectométricos foram tomados os cuidados necessários. A Viga Benkelman foi aferida em laboratório, empregando-se o método proposto pelo Eng.º Salomão Pinto (DNER-PRO 175/94), obtendo-se a constante k da viga. No início dos serviços, foi pesado o caminhão a ser usado nas medições, em balança apropriada e calibrados os pneus. Foram determinadas as deflexões recuperáveis, nas trilhas de rodas externas em todas as 313 estações, sendo 157 estações no sentido DF-475 para a DF-180 e 156 estações no sentido DF-180 para a DF-475, demarcadas ao longo do trecho em estudo, conforme **Anexo B.**

### **3.2.3 Estudos das Camadas do Pavimento (Sondagem)**

Para a caracterização da resistência dos materiais constituintes das camadas do pavimento e do subleito, foram elaborados estudos de campo e de laboratório para conhecimento das características físicas e mecânicas dos materiais, para duas situações distintas: as condições reais que prevalecem no campo (In situ) e as condições ideais de trabalho (em laboratório).

Nesta etapa dos Estudos Geotécnicos foram realizados ensaios de Densidade In Situ e prospecções da estrutura do pavimento existente (Base, Sub-base e Subleito). Também foram elaborados boletins de sondagem, nos quais constam os locais de prospecção (estacas/coordenadas), posição em relação ao eixo, profundidades sondadas e classificação expedita dos materiais das camadas.

Tais amostras foram encaminhadas para ao laboratório para execução de ensaios de granulometria por peneiramento, limites de liquidez e plasticidade, compactação, ISC e expansão, conforme **Anexo C**.

### **3.2.4 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos**

Para a avaliação objetiva do estado da superfície do pavimento foi elaborado inventário do revestimento asfáltico, sendo devidamente anotadas as degradações superficiais e geométricas existentes, dentro das áreas de observação demarcadas no pavimento (com 6 m x 3,5 m, largura de faixa de tráfego), a cada 40 m de uma mesma faixa de tráfego. Como são feitas de forma alternada, se considerarmos os dois sentidos temos distâncias entre as estações demarcadas de 20 m. Foi seguida a metodologia proposta pelo Procedimento DNIT 006/2003 – PRO. Neste inventário foram avaliados e quantificados os tipos de defeitos superficiais ocorrentes: trincas, panelas, remendos, desgastes, exsudação entre outros. Relativo às deformações em perfil, os defeitos foram avaliados por dois processos:

- a) Para irregularidade longitudinal, foram quantificados os corrugamentos, ondulações e afundamentos;
- b) A irregularidade transversal foi obtida executando-se medidas das flechas nas trilhas de roda interna e externa, utilizando-se treliça de alumínio com 1,20 m de base (utilizou-se a treliça especificada no DNIT-PRO 006/2003). Conforme **Anexo D**.

## **4.0 ANÁLISES DOS DADOS COLETADOS**

### **4.1 Estudo do Tráfego**

Conforme dados contidos no relatório fornecido pelo Núcleo de Pesquisa e coleta de Dados (NUPCD-DER), que versa sobre a classificação da região e perspectivas de crescimento da mesma, têm-se a seguinte taxa de crescimento geométrico anual de 4,55%, para a previsão dos dados de tráfego da VC-341.

Como o volume de tráfego coletado por técnicos do Núcleo de Pesquisa e Coleta de Dados (NUPCD), DER-DF foi feita no dia 23/09/2020, no km 1,8 da VC-341. O período contabilizado corresponde aos horários de 06 h às 20 h. Os dados entre 12 h e 13 h serão imputados conforme tráfego entre 13 h e 14 h. A expansão dos dados para 24 horas se dará com a utilização da proporção horária de um equipamento de fiscalização, localizado no quilômetro 63.4 da DF-001, sentido Balão do Gama, expandindo essa contagem para 24 horas, com isso chegou-se aos seguintes números de solicitações do Eixo Padrão de 8,2 toneladas, Número “N” para 2020.

$$N_{USACE} = 3,27 \times 10^5$$

$$N_{AASHTO} = 1,52 \times 10^5$$

Aplicando a taxa de crescimento anual geométrico de 4,55%, como provavelmente o ano de 2021 será utilizado para o processo licitatório e a execução da obra de restauração, tendo então, o ano de 2022 sendo considerado para a abertura ao tráfego de veículos, com isso, chegou-se ao seguinte número de solicitações “N” acumulado ao final de 10 anos (2031).

$$N_{USACE} = 4,74 \times 10^6$$

$$N_{AASHTO} = 2,20 \times 10^6$$

## 4.2 Análise Estatística das Deflexões Recuperáveis

A princípio como o trecho definido para a execução do Projeto de Restauração foi de pequena extensão em torno de 6,2 km foi determinado 5,0 (quatro) trechos de características homogêneas no sentido DF-475/DF-180 e 5,0 (quatro) trechos de características homogêneas no sentido DF-180/DF-475.

Para isso, utilizou-se o Método das Diferenças Acumuladas indicado pela AASHTO (1993), que tem como abordagem a comparação da sequência de somas cumulativas reais em uma série de medições com os valores resultantes da adição de médias. Ainda de acordo com AASHTO (1993), um limite de seção é indicado sempre que existir “Tendência” na série de diferenças de alterações cumulativas



de positiva para negativa ou vice-versa. Esse procedimento consiste na seguinte sequência de cálculo:

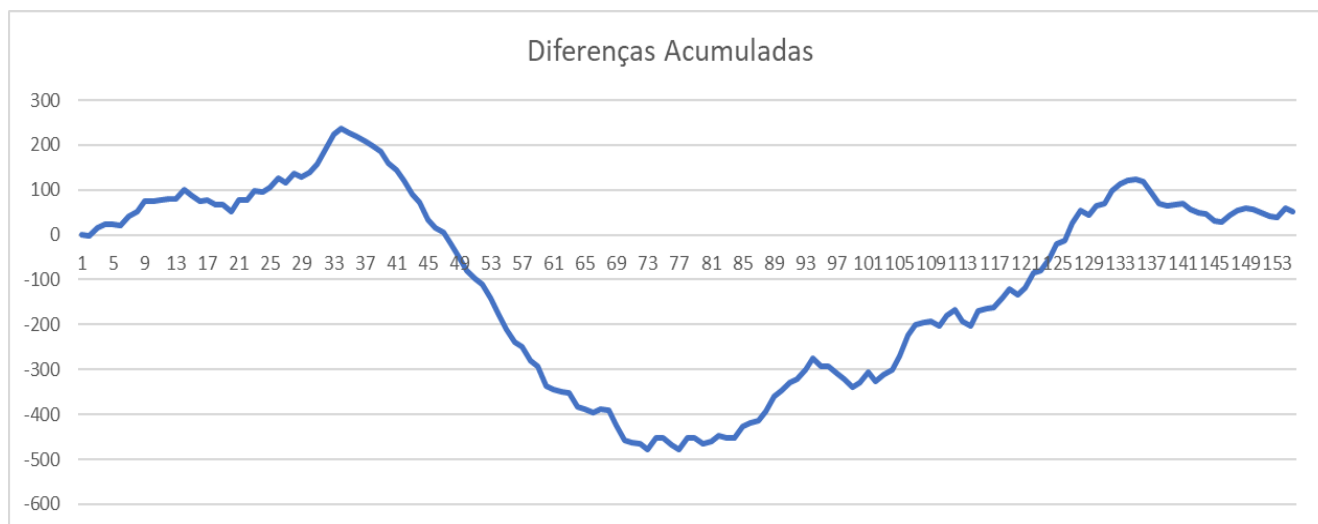
- Calcula-se o valor médio da deflexão para todo o trecho (D);
- Calcula-se a diferença entre cada valor individual e o valor médio;
- Calculam-se os valores acumulados das diferenças;
- Gera-se em um gráfico, nas abscissas as distâncias e nas ordenadas os valores acumulados das diferenças.
- Cada variação de coeficiente angular da curva obtida indica uma mudança do comportamento médio de um determinado segmento para outro, delimitando as extremidades dos segmentos homogêneos. Vide planilha 01 e 02.

## Planilha 01 - Método da Diferenças Acumuladas - Sentido DF-475/DF-180

 <b>Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal</b>											
<b>Diretoria de Tecnologia - DITEC</b>											
Relatórios: VB-165 até VB-170/2020				Data: 13/08/2020							
<b>Determinação de Segmento Homogêneo (AASHTO-1993)</b>											
Rodovia: VC-341				Trecho: DF-475/DF-180							
Estaca	Deflexão	Variação	Acumul.	Estaca	Deflexão	Variação	Acumul.	Estaca	Deflexão	Variação	Acumul.
0+000	74	1	1	2+080	42	-31	-141	4+160	102	29	-271
0+040	70	-3	-2	2+120	40	-33	-174	4+200	120	47	-224
0+080	90	17	15	2+160	36	-37	-211	4+240	96	23	-201
0+120	82	9	24	2+200	46	-27	-238	4+280	78	5	-196
0+160	74	1	25	2+240	62	-11	-249	4+320	76	3	-193
0+200	70	-3	22	2+280	42	-31	-280	4+360	64	-9	-202
0+240	92	19	41	2+320	60	-13	-293	4+400	96	23	-179
0+280	84	11	52	2+360	30	-43	-336	4+440	86	13	-166
0+320	96	23	75	2+400	66	-7	-343	4+480	48	-25	-191
0+360	74	1	76	2+440	66	-7	-350	4+520	62	-11	-202
0+400	76	3	79	2+480	70	-3	-353	4+560	106	33	-169
0+440	74	1	80	2+520	44	-29	-382	4+600	78	5	-164
0+480	72	-1	79	2+560	66	-7	-389	4+640	76	3	-161
0+520	94	21	100	2+600	66	-7	-396	4+680	94	21	-140
0+560	60	-13	87	2+640	82	9	-387	4+720	94	21	-119
0+600	62	-11	76	2+680	70	-3	-390	4+760	58	-15	-134
0+640	76	3	79	2+720	38	-35	-425	4+800	90	17	-117
0+680	60	-13	66	2+760	40	-33	-458	4+840	106	33	-84
0+720	74	1	67	2+800	68	-5	-463	4+880	78	5	-79
0+760	58	-15	52	2+840	70	-3	-466	4+920	98	25	-54
0+800	98	25	77	2+880	60	-13	-479	4+960	106	33	-21
0+840	74	1	78	2+920	100	27	-452	5+000	82	9	-12
0+880	94	21	99	2+960	72	-1	-453	5+040	112	39	27
0+920	70	-3	96	3+000	58	-15	-468	5+080	100	27	54
0+960	82	9	105	3+040	64	-9	-477	5+120	64	-9	45
1+000	94	21	126	3+080	98	25	-452	5+160	92	19	64
1+040	62	-11	115	3+120	72	-1	-453	5+200	78	5	69
1+080	96	23	138	3+160	60	-13	-466	5+240	102	29	98
1+120	64	-9	129	3+200	78	5	-461	5+280	88	15	113
1+160	84	11	140	3+240	88	15	-446	5+320	82	9	122
1+200	90	17	157	3+280	66	-7	-453	5+360	74	1	123
1+240	106	33	190	3+320	74	1	-452	5+400	68	-5	118
1+280	108	35	225	3+360	98	25	-427	5+440	48	-25	93
1+320	86	13	238	3+400	82	9	-418	5+480	50	-23	70
1+360	62	-11	227	3+440	78	5	-413	5+520	68	-5	65
1+400	66	-7	220	3+480	92	19	-394	5+560	76	3	68
1+440	62	-11	209	3+520	108	35	-359	5+600	74	1	69
1+480	64	-9	200	3+560	84	11	-348	5+640	60	-13	56
1+520	58	-15	185	3+600	92	19	-329	5+680	66	-7	49
1+560	48	-25	160	3+640	80	7	-322	5+720	70	-3	46
1+600	58	-15	145	3+680	94	21	-301	5+760	58	-15	31
1+640	50	-23	122	3+720	98	25	-276	5+800	70	-3	28
1+680	42	-31	91	3+760	56	-17	-293	5+840	88	15	43
1+720	54	-19	72	3+800	74	1	-292	5+880	84	11	54
1+760	36	-37	35	3+840	58	-15	-307	5+920	78	5	59
1+800	54	-19	16	3+880	58	-15	-322	5+960	72	-1	58
1+840	64	-9	7	3+920	56	-17	-339	6+000	64	-9	49
1+880	46	-27	-20	3+960	82	9	-330	6+040	66	-7	42
1+920	42	-31	-51	4+000	98	25	-305	6+080	70	-3	39
1+960	44	-29	-80	4+040	52	-21	-326	6+120	94	21	60
2+000	56	-17	-97	4+080	88	15	-311	6+160	64	-9	51
2+040	60	-13	-110	4+120	84	11	-300	6+200	54	-51	0
Média	73										

Analisando a Planilha 01, chegou-se ao seguinte valor médio das deflexões: 73 centésimos de milímetros (0,01 mm).

**Gráfico 01: Diferenças Acumuladas – Sentido: DF-475/DF-180**




#### **4.2.1 Subtrechos Homogêneos – Sentido: DF-475/DF-180.**

Para o sentido DF-475/DF-180, temos os seguintes subtrechos homogêneo definidos pelo critério deflectométrico:

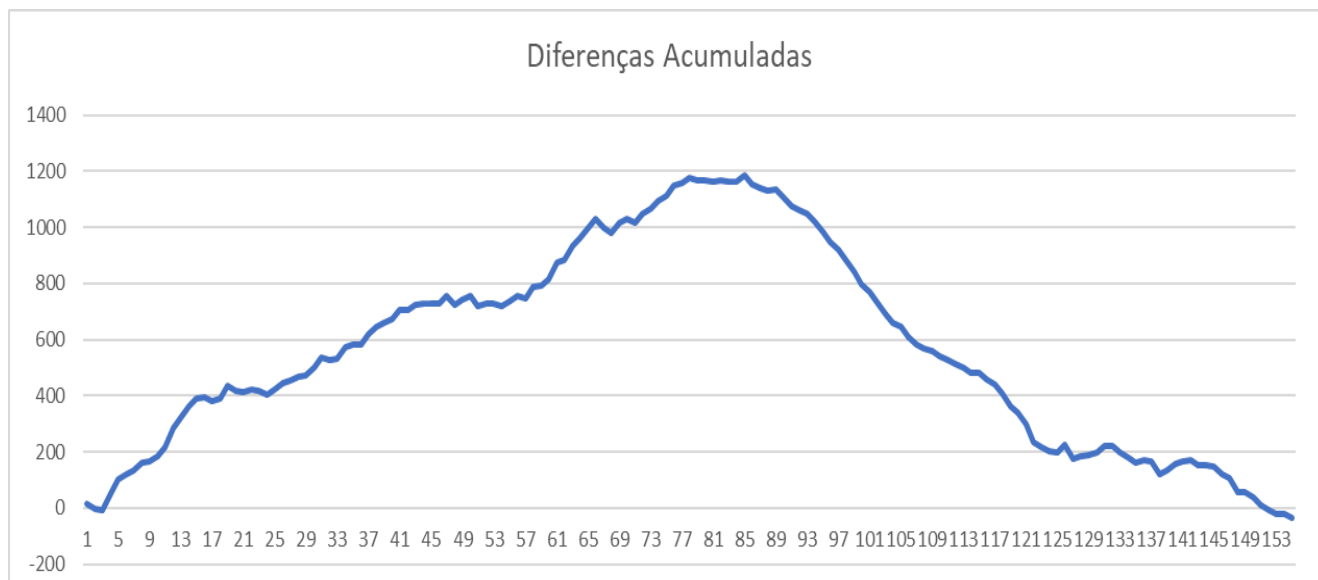
- 1º Trecho Homogêneo: Km 0+000 até 1+320;
- 2º Trecho Homogêneo: Km 1+360 até 2+880;
- 3º Trecho Homogêneo: Km 2+920 até 3+720;
- 4º Trecho Homogêneo: Km 3+760 até 5+360, e;
- 5º Trecho Homogêneo: Km 5+400 até 6+200;

## Planilha 02 - Método da Diferença Acumulada - Sentido DF-180/DF-475

 <b>Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal</b>											
<b>Diretoria de Tecnologia - DITEC</b>											
Relatórios: VB-171 até VB-176/2020				Data: 13/08/2020							
<b>Determinação de Segmento Homogêneo (AASHTO-1993)</b>											
Rodovia: VC-341						Trecho: DF-180/DF-475					
Estaca	Deflexão	Variação	Acumul.	Estaca	Deflexão	Variação	Acumul.	Estaca	Deflexão	Variação	Acumul.
6+220	110	16	16	4+140	94	0	728	2+060	80	-14	644
6+180	76	-18	-2	4+100	86	-8	720	2+020	60	-34	610
6+140	86	-8	-10	4+060	110	16	736	1+980	68	-26	584
6+100	154	60	50	4+020	112	18	754	1+940	80	-14	570
6+060	144	50	100	3+980	88	-6	748	1+900	84	-10	560
6+020	112	18	118	3+940	134	40	788	1+860	74	-20	540
5+980	108	14	132	3+900	98	4	792	1+820	80	-14	526
5+940	122	28	160	3+860	116	22	814	1+780	80	-14	512
5+900	98	4	164	3+820	156	62	876	1+740	80	-14	498
5+860	116	22	186	3+780	104	10	886	1+700	76	-18	480
5+820	126	32	218	3+740	140	46	932	1+660	96	2	482
5+780	160	66	284	3+700	122	28	960	1+620	70	-24	458
5+740	132	38	322	3+660	132	38	998	1+580	76	-18	440
5+700	136	42	364	3+620	126	32	1030	1+540	64	-30	410
5+660	118	24	388	3+580	64	-30	1000	1+500	46	-48	362
5+620	102	8	396	3+540	74	-20	980	1+460	74	-20	342
5+580	80	-14	382	3+500	128	34	1014	1+420	52	-42	300
5+540	102	8	390	3+460	110	16	1030	1+380	30	-64	236
5+500	140	46	436	3+420	80	-14	1016	1+340	74	-20	216
5+460	76	-18	418	3+380	128	34	1050	1+300	80	-14	202
5+420	90	-4	414	3+340	110	16	1066	1+260	90	-4	198
5+380	102	8	422	3+300	122	28	1094	1+220	120	26	224
5+340	88	-6	416	3+260	112	18	1112	1+180	46	-48	176
5+300	80	-14	402	3+220	132	38	1150	1+140	100	6	182
5+260	114	20	422	3+180	102	8	1158	1+100	102	8	190
5+220	118	24	446	3+140	112	18	1176	1+060	102	8	198
5+180	100	6	452	3+100	84	-10	1166	1+020	116	22	220
5+140	108	14	466	3+060	96	2	1168	0+980	96	2	222
5+100	100	6	472	3+020	88	-6	1162	0+940	68	-26	196
5+060	120	26	498	2+980	100	6	1168	0+900	76	-18	178
5+020	130	36	534	2+940	88	-6	1162	0+860	76	-18	160
4+980	86	-8	526	2+900	96	2	1164	0+820	104	10	170
4+940	98	4	530	2+860	116	22	1186	0+780	88	-6	164
4+900	138	44	574	2+820	60	-34	1152	0+740	50	-44	120
4+860	104	10	584	2+780	84	-10	1142	0+700	108	14	134
4+820	94	0	584	2+740	84	-10	1132	0+660	116	22	156
4+780	128	34	618	2+700	96	2	1134	0+620	104	10	166
4+740	120	26	644	2+660	70	-24	1110	0+580	100	6	172
4+700	108	14	658	2+620	60	-34	1076	0+540	76	-18	154
4+660	108	14	672	2+580	80	-14	1062	0+500	90	-4	150
4+620	126	32	704	2+540	80	-14	1048	0+460	90	-4	146
4+580	96	2	706	2+500	66	-28	1020	0+420	68	-26	120
4+540	110	16	722	2+460	58	-36	984	0+380	80	-14	106
4+500	102	8	730	2+420	60	-34	950	0+340	42	-52	54
4+460	92	-2	728	2+380	62	-32	918	0+300	98	4	58
4+420	96	2	730	2+340	60	-34	884	0+260	72	-22	36
4+380	118	24	754	2+300	52	-42	842	0+220	66	-28	8
4+340	62	-32	722	2+260	50	-44	798	0+180	76	-18	-10
4+300	112	18	740	2+220	64	-30	768	0+140	80	-14	-24
4+260	108	14	754	2+180	60	-34	734	0+100	98	4	-20
4+220	60	-34	720	2+140	50	-44	690	0+060	76	-18	-38
4+180	102	8	728	2+100	62	-32	658	0+020	68	38	0
Média	94										

Analisando a Planilha 02, chegou-se ao seguinte valor médio das deflexões: 94 centésimos de milímetros (0,01 mm).

**Gráfico 02: Diferenças Acumuladas – Sentido: DF-180/DF475**



#### **4.2.2 Subtrechos Homogêneos – Sentido: DF-180/DF475**

Para o sentido: DF-180/DF475, temos os seguintes subtrechos homogêneo definidos pelo critério deflectométrico:

- 6º Trecho Homogêneo: Km 5+500 até 6+220;
- 7º Trecho Homogêneo: Km 5+460 até 4+260;
- 8º Trecho Homogêneo: Km 4+220 até 2+860;
- 9º Trecho Homogêneo: Km 2+820 até 1+220, e;
- 10º Trecho Homogêneo: Km 1+180 até 0+020;

Após a definição dos trechos de características homogêneas e número de solicitações “N” de projeto, foram realizados estudos estatísticos (iterações) para cada trecho, de acordo com a norma DNER-PRO 11/79.

Para isso:

- Foram tabulados os valores individuais das deflexões recuperáveis encontradas ( $D_i$ );
- Calculou-se a média aritmética,  $D$ , dos valores individuais (média da amostra)
- Determinou-se o desvio padrão,  $\sigma$ ;
- Foi estabelecido o intervalo de aceitação para os valores individuais, definindo-o através dos limites  $D_0 \pm z \sigma$ , onde  $z$  será estimado em função de  $n$  (número de valores individuais – amostras), mediante o critério constante da tabela apresentada a seguir:

**Tabela 01 – Determinação do Z em função de N**

<b>n</b>	<b>z</b>
3	1
4	1,5
5 - 6	2
7 - 19	2,5
$\geq 20$	3

Fonte: DNER-PRO 11/79

– Segue-se a eliminação de todos os valores individuais da distribuição situados fora do intervalo anteriormente definido, procedendo-se a um novo cálculo de  $D_0$  e  $\sigma$  com os valores remanescentes bem como a fixação dos novos limites do intervalo de aceitação  $D_0 \pm z \sigma$ , para uma nova situação.

– O valor da deflexão característica é determinado, para cada uma das distribuições.

Tendo em vista que o solo do subleito em questão é argiloso/arenoso, e pelo fato do levantamento ter sido realizado no período seco, adotou-se o fator de correção sazonal de 1,20 (vide Tabela 02).

**Tabela 02 – Fator de Correção Sazonal**

Natureza do Subleito	Fator de Correção Sazonal	
	Estação Seca	Estação Chuvosa
Arenoso e Permeável	1,10 – 1,30	1,00
Argiloso e sensível à Umidade	1,20 – 1,40	1,00

Para evitar o aparecimento de trincas no revestimento, foi necessário manter a deflexão do pavimento abaixo de um determinado valor (Deflexão Admissível –  $D_{adm}$ ). Este valor foi obtido pela seguinte expressão (correspondente às deflexões medidas com a carga padrão de 8,2 t por eixo):

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

#### **4.3 Estudos das Camadas do Pavimento**

Os ensaios realizados para as camadas de Base, Sub-base e Subleito estão descritos na sequência:

- a) Determinação da massa específica aparente, “in situ” com emprego do frasco de areia método de ensaio DNER-ME 092/94;
- b) Ensaios de Caracterização (Granulometria por Peneiramento, Limite de Liquidez e Plasticidade) pelos métodos DNER-ME 083/98, 122/94 e 082/94 respectivamente;
- c) Compactação, de acordo com o método de ensaio 164/2013-ME, sendo 4,0 (quatro) pontos com energia do Proctor Modificado para Base, 4,0 (quatro) pontos com energia do Proctor Intermediário para Sub-base e 4,0 (quatro) pontos com energia do Proctor Normal para Subleito;

- d) Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Expansão, de acordo com a metodologia de ensaio DNIT 172/2016-ME, com energia do Proctor Modificado para Base e Proctor intermediário para Sub-base e Subleito.

#### 4.4 Avaliação Objetiva da Superfície do Pavimento

A avaliação objetiva da superfície de pavimento consisti na classificação e levantamento das ocorrências aparentes na superfície do pavimento e na medida das deformações permanentes nas trilhas de roda. A avaliação permitiu determinar os seguintes parâmetros:

- **fa: frequência absoluta**, que corresponde ao número de vezes em que as ocorrências ou defeitos são verificados;
- **fr: frequência relativa**, que é a relação entre a frequência absoluta, *fa*, e o número *n* de estações inventariadas, multiplicada por 100;
- **IGI: índice de gravidade individual**, que é o resultado da multiplicação da frequência relativa, *fr*, pelo fator de ponderação, *fp*, adotado para cada tipo de ocorrência;
- **IGG: índice de gravidade global**, que é o somatório dos índices de gravidade individuais para cada segmento definido como homogêneo.

Nas planilhas abaixo encontram-se os resultados da Avaliação Objetiva da Superfície do Pavimento para os dez subtrechos de características homogêneas (cinco em cada sentido).



#### 4.4.1 Subtrechos Homogêneos – Sentido DF-475/DF-180

- 1º Trecho Homogêneo:

#### Planilha 03 – Avaliação da Superfície do Pavimento – 1º Subtrecho Homogêneo – DF-475/DF-180 (Km 0+000 até 1+320)

DER DF		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL																													
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - GETEC																													
		NÚCLEO DE LABORATÓRIO DE ASFALTO E CONCRETO																													
INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO - DNIT 006/2003-PRO																															
PARA:		DITEC										SUBTRECHO:										FOLHA:									
RODOVIA:		VC-341										OPERADOR(ES): TOLENTINO										QUILÔMETRO									
TRECHO:		DF - 475 / DF - 180										REVESTIMENTO:		TSD / CBUQ		DATA:		12 e 13/08/2020		0+000		1+320									
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTO				OUTROS DEFEITOS						TRILHAS RODAS		OBSERVAÇÃO						
			ISOLADA						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID		O		P		E		EX			D		R		TRI mm	TRE mm
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	0	5	5	5	6	7	8								
1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8												
			fa	0	8	0	4	2	1	0	0	8	0	0	0	2	0	3	0	4	8	6	296								
			fa considerada	0	2	0	2	2	1	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	4	8	6		SOMA							
			n	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	8,7	MEDIA						
			fr	0	6	0	6	6	3	0	0	24	0	0	0	6	0	9	0	12	24	18	6,8	DESVIO							
			fp	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,3	0,6	1,3							
			IGI	0	1	0	1	1	1	0	0	19	0	0	0	5	0	9	0	6	7	11	11,6								
IGG: 61													SITUAÇÃO: REGULAR																		
Notas: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em																															

#### Planilha 04 – Avaliação da Superfície do Pavimento – 2º Subtrecho Homogêneo – DF-475/DF-180 (Km 1+360 até 2+880)

DER DF		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL																													
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - GETEC																													
		NÚCLEO DE LABORATÓRIO DE ASFALTO E CONCRETO																													
INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO - DNIT 006/2003-PRO																															
PARA:		DITEC										SUBTRECHO:										FOLHA:									
RODOVIA:		VC-341										OPERADOR(ES): TOLENTINO										QUILÔMETRO									
TRECHO:		DF - 475 / DF - 180										REVESTIMENTO:		TSD / CBUQ		DATA:		12 e 13/08/2020		1+360		2+880									
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTO				OUTROS DEFEITOS						TRILHAS RODAS		OBSERVAÇÃO						
			ISOLADA						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID		O		P		E		EX			D		R		TRI mm	TRE mm
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	0	5	5	5	6	7	8								
1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8												
			fa	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0	39	28	106									
			fa considerada	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	39	28		SOMA								
			n	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	2,7	MEDIA							
			fr	0	5	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	13	0	0	100	72	2,2	DESVIO								
			fp	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,3	0,6	1,3								
			IGI	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	13	0	0	30	43	3,6									
IGG: 89													SITUAÇÃO: RUIM																		
Notas: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em																															

**Planilha 05 – Avaliação da Superfície do Pavimento – 3º Subtrecho Homogêneo – DF-475/DF-180 (Km 2+920 até 3+720)**

Estaca ou km		Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTO				OUTROS DEFEITOS						TRILHAS RODAS		OBSERVAÇÃO
			ISOLADA						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID								TRI	TRE		
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	mm	mm		
			1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8				
			<b>fa</b>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	21	20				
			<b>fa considerada</b>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	21	20	56			
			<b>n</b>	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	2,7		
			<b>fr</b>	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	0	100	95	2,8			
			<b>fp</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,3	0,6	1,3			
			<b>IGI</b>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	0	30	57	3,6			
<b>IGG: 133</b>												<b>SITUAÇÃO: RUIM</b>														
Notas: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em																										

**Planilha 06 – Avaliação da Superfície do Pavimento – 4º Subtrecho Homogêneo – DF-475/DF-180 (Km 3+760 até 5+360)**

Estaca ou km		Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTO				OUTROS DEFEITOS						TRILHAS RODAS		OBSERVAÇÃO
			ISOLADA						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID								TRI	TRE		
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	mm	mm		
			1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8				
			<b>fa</b>	0	1	0	1	0	1	0	0	27	0	0	0	0	0	13	0	0	41	31				
			<b>fa considerada</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	27	0	0	0	0	0	13	0	0	41	31	138			
			<b>n</b>	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	3,4		
			<b>fr</b>	0	0	0	0	0	2	0	0	66	0	0	0	0	0	32	0	0	100	76	2,9			
			<b>fp</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,3	0,6	1,3			
			<b>IGI</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	32	0	0	30	45	4,5			
<b>IGG: 160</b>												<b>SITUAÇÃO: PÉSSIMO</b>														
Notas: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em																										

**Planilha 07 – Avaliação da Superfície do Pavimento – 5º Subtrecho Homogêneo – DF-475/DF-180 (Km 5+400 até 6+240)**

Estaca ou km		Seção Terrap	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTO				OUTROS DEFEITOS						TRILHAS RODAS		OBSERVAÇÕES	
				ISOLADA						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID								TRI	TRE		
				FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	mm	mm		
				1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8				
				fa	0	6	1	6	0	6	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	20	7				
				fa considerada	0	1	1	3	0	4	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	20	7	65	SOMA		
				n	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	3,0	MEDIA		
				fr	0	5	5	14	0	18	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	31	32	2,8	DESVIO		
				fp	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,3	0,6	1,3		
				IGI	0	1	1	3	0	4	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	27	19	3,9			
<b>IGG: 87</b>													<b>SITUAÇÃO: RUIM</b>														
Notas: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em																											

**4.4.2 Subtrechos Homogêneos – Sentido DF-180/DF-475**

**Planilha 08 – Avaliação da Superfície do Pavimento – 6º Subtrecho Homogêneo – DF-180/DF-475 (Km 5+500 até 6+220)**

Estaca ou km		Seção Terrap	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTO				OUTROS DEFEITOS						TRILHAS RODAS		OBSERVAÇÕES	
				ISOLADA						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID								TRI	TRE		
				FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	mm	mm		
				1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8				
				fa	0	3	0	6	4	1	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	18	8				
				fa considerada	0	1	0	4	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	18	8	142	SOMA		
				n	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	7,5	MEDIA		
				fr	0	5	0	21	0	0	0	0	37	5	0	0	0	0	0	0	0	95	42	5,3	DESVIO		
				fp	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,3	0,6	1,3		
				IGI	0	1	0	4	0	0	0	0	29	4	0	0	0	0	0	0	0	28	25	10,0			
<b>IGG: 93</b>													<b>SITUAÇÃO: RUIM</b>														
Notas: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em																											

**Planilha 09 – Avaliação da Superfície do Pavimento – 7º Subtrecho Homogêneo – DF-180/DF-475 (Km 4+260 até 5+460)**

DER DF		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL																																			
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - GETEC																																			
		NÚCLEO DE LABORATÓRIO DE ASFALTO E CONCRETO																																			
INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO - DNIT 006/2003-PRO																																					
PARA:		DITEC										SUBTRECHO:										7º Subtrecho Homogêneo								FOLHA:							
RODOVIA:		VC-341										OPERADOR(ES):										TOLENTINO								QUILÔMETRO		QUILÔMETRO					
TRECHO:		DF-180/DF-475										REVESTIMENTO:										TSD / CBUQ								DATA:		12 e 13/08/2020		4+260		5+460	
Estaca ou km	Seção Terrap	OK	TRINCAS												AFUNDAMENTO				OUTROS DEFEITOS								TRILHAS RODAS		OBSERVAÇÕES								
			ISOLADA						INTERLIGADAS						PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE											
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC																					
									J	TB	JE	TBE																									
			1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8														
fa			0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	8	0	0	31	17	294													
fa considerada			0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	8	0	0	31	17	294													
n			31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	9,5													
fr			0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	0	0	0	0	26	0	0	100	55	5,2													
fp			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,3	0,6	1,3														
IGI			0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	26	0	0	30	33	12,6													
IGG: 145															SITUAÇÃO: RUIM																						
Notas: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em																																					

**Planilha 10 – Avaliação da Superfície do Pavimento – 8º Subtrecho Homogêneo – DF-180/DF-475 (Km 2+860 até 4+220)**

DER DF		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL																																			
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - GETEC																																			
		NÚCLEO DE LABORATÓRIO DE ASFALTO E CONCRETO																																			
INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO - DNIT 006/2003-PRO																																					
PARA:		DITEC										SUBTRECHO:										8º Subtrecho Homogêneo								FOLHA:							
RODOVIA:		VC-341										OPERADOR(ES):										TOLENTINO								QUILÔMETRO		QUILÔMETRO					
TRECHO:		DF-180/DF-475										REVESTIMENTO:										TSD / CBUQ								DATA:		12 e 13/08/2020		2+860		4+220	
Estaca ou km	Seção Terrap	OK	TRINCAS												AFUNDAMENTO				OUTROS DEFEITOS								TRILHAS RODAS		OBSERVAÇÕES								
			ISOLADA						INTERLIGADAS						PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE											
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC																					
									J	TB	JE	TBE																									
			1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8														
fa			0	2	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	13	0	0	35	35	205														
fa considerada			0	1	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	13	0	0	35	35	205													
n			35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	5,9													
fr			0	3	0	14	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	37	0	0	100	100	4,2														
fp			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,3	0,6	1,3														
IGI			0	1	0	3	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	37	0	0	30	60	7,8														
IGG: 142															SITUAÇÃO: RUIM																						
Notas: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em																																					

**Planilha 11 – Avaliação da Superfície do Pavimento – 9º Subtrecho Homogêneo – DF-180/DF-475 (Km 1+220 até 2+820)**

Estaca ou km		Seção Terrap	OK	TRINCAS						AFUNDAMENTO				OUTROS DEFEITOS						TRILHAS RODAS		OBSERVAÇÕES					
				ISOLADA			INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE						
		FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC												
		1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm				
fa		0	4	0	2	1	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	7	0	0	39	35	242					
fa considerada		0	3	0	1	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	7	0	0	39	35	242					
n		41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	5,9					
fr		0	7	0	2	0	0	2	0	17	0	0	0	0	0	17	0	0	95	85	6,0						
fp		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,3	0,6	1,3					
IGI		0	1	0	0	0	0	1	0	14	0	0	0	0	0	0	17	0	0	29	51	7,9					
<b>IGG: 114</b>											<b>SITUAÇÃO: RUIM</b>																
Notas: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em																											

**Planilha 12 – Avaliação da Superfície do Pavimento – 10º Subtrecho Homogêneo – DF-180/DF-475 (Km 0+020 até 1+180)**

Estaca ou km		Seção Terrap	OK	TRINCAS						AFUNDAMENTO				OUTROS DEFEITOS						TRILHAS RODAS		OBSERVAÇÕES					
				ISOLADA			INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE						
		FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC												
		1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm				
fa		0	15	0	9	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0	11	2	72						
fa considerada		0	8	0	5	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0	11	2	72						
n		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	2,4					
fr		0	27	0	17	0	13	0	0	7	0	0	0	0	0	17	0	0	37	7	3,6						
fp		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,3	0,6	1,3					
IGI		0	5	0	3	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	17	0	0	11	4	3,2						
<b>IGG: 48</b>											<b>SITUAÇÃO: REGULAR</b>																
Notas: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em																											

A tabela 03 extraída da Norma DNIT 006/2003 – PRO, classifica o pavimento em função do IGG.

**Tabela 03 – Conceitos de Degradação**

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: DNER-PRO 006/2003

Na tabela 04 constam os critérios para o cálculo do reforço da restauração conforme especifica a norma do DNER-PRO 11/79.

**Tabela 04 – Critérios para Análise de Necessidades de Reforço**

Situação	Deflexões	Qualidade Estrutural	Realizar estudos Complementares?	Critério de Cálculo de $h_r$	Medidas Corretivas
I	$D_p \leq d_{adm}$ $R \geq 100$ m	Boa	Não	Dispensável	Apenas Superfície
II	$D_p > d_{adm}$ $R \geq 100$ m	Regular caso $D_p \leq 3 \times D_{adm}$	Não	Deflectométrico	Reforço
		Má caso $D_p > 3 \times D_{adm}$	Sim	Deflectométrico e Resistência (CBR)	Reforço ou Reconstrução
III	$D_p \leq d_{adm}$ $R < 100$ m	Regular para Má	Sim	Deflectométrico e Resistência (CBR)	Reforço ou Reconstrução
IV	$D_p > d_{adm}$ $R < 100$ m	Má	Sim	Resistência (CBR)	Reforço ou Reconstrução
V	-	Má se $IGG > 180$	Sim	Resistência (CBR)	Reconstrução

## 5. ANÁLISE GERAL

De posse dos resultados dos ensaios acima estudados e seguindo as recomendações do Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos DNIT– IPR-720 e da IS-212 – Avaliação Estrutural, o projeto de reabilitação foi estudado preliminarmente por uma abordagem empírica baseando-se na análise deflectométrica abordado pela metodologia DNER-PRO 011/79 – Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento B e fazendo uma Verificação Mecânica.

### 5.1 Dimensionamento do Reforço do Pavimento – (DNER-PRO 11/79)

O dimensionamento em si é precedido de deflectometria, inventário dos defeitos funcionais encontrados no revestimento asfáltico, sondagens através da execução de janelas de inspeção com o objetivo de conhecer a estrutura do pavimento a ser restaurado, retirada de amostras e ensaios de laboratório.

Faz-se o tratamento estatístico das deflexões do trecho homogêneo; toma-se a deflexão característica como igual à média aritmética mais um desvio padrão. Calcula-se o número previsto de repetições de carga do eixo padrão de 8,2 tf e verifica-se qual a parcela da espessura do atual revestimento pode ser incorporada à espessura de reforço calculada; leva-se em conta a natureza e extensão das trincas (MEDINA e MOTTA, 2015).


A espessura necessária de reforço do pavimento em CBUQ foi calculada por meio dos resultados do Levantamento Deflectométrico executado para a avaliação estrutural, pela expressão retirada da Norma DNER-PRO 11/79 e chegou-se aos seguintes valores:

$$h_{cb} = 40 \times \text{Log} \left( \frac{D_p}{D_{Adm}} \right) \text{ (Equação 01)}$$

### 5.1.1 Dimensionamento do Reforço do Pavimento – (DNER-PRO 11/79)


Sentido DF-475/DF-180.

### Planilha 13 – Espessura Necessária de Reforço – 1º Subtrecho Homogêneo – Sentido DF-475/DF-180


		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL									
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - DITEC									
REFORÇO ESTRUTURAL - NORMA DNER PRO 011/79											
Data: 16/10/2020											
RODOVIA: VC-341			TRECHO: DF-475/DF-180								
<b>1º Subtrecho Homogêneo (Km 0+000 até 1+320)</b>											
Dados Iniciais											
N		4,74E+06		USACE		N		2,20E+06		AASHTO	
LogN		6,68				LogN		6,34			
log(Dadm)		1,84		(0,01mm)		log(Dadm)		1,89		(0,01mm)	
Dadm		68,40		(0,01mm)		Dadm		78,29		(0,01mm)	
Dados Coletados											
Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do
0+000	74	0+480	72	0+960	82						
0+040	70	0+520	94	1+000	94						
0+080	90	0+560	60	1+040	62						
0+120	82	0+600	62	1+080	96						
0+160	74	0+640	76	1+120	64						
0+200	70	0+680	60	1+160	84						
0+240	92	0+720	74	1+200	90						
0+280	84	0+760	58	1+240	106						
0+320	96	0+800	98	1+280	108						
0+360	74	0+840	74	1+320	86						
0+400	76	0+880	94								
0+440	74	0+920	70								
Análise inicial		1ª Interação		2ª Interação		3ª Interação					
Média (Do)	80,0	Média (Do)	79,8	Média (Do)	80,5	Média (Do)					
Dc	93,6	Dc	93,4	Dc	94,2	Dc					
$\sigma$	13,6	$\sigma$	13,6	$\sigma$	13,7	$\sigma$					
Z	3	Z	3	Z	3	Z					
Dc + Z* $\sigma$	134,4	Dc + Z* $\sigma$	134,3	Dc + Z* $\sigma$	135,4	Dc + Z* $\sigma$					
Dc - Z* $\sigma$	52,8	Dc - Z* $\sigma$	52,6	Dc - Z* $\sigma$	53,0	Dc - Z* $\sigma$					
Nova interação	SIM	Nova interação	SIM	Nova interação	NÃO	Nova interação					
Resultado Final											
Média (Do)	80,5		(0,01mm)	Dc	94,2						
Desv Pad	13,7		(0,01mm)	Dp	113,0						
Fs	1,20			Dp>Dadm	Caso II						
Dp/Dadm	1,65	USACE		Dp/Dadm	1,44	AASHTO					
REFORÇO ENCONTRADO											
USACE						AASHTO					
Hr (cm)	8,73			Hr (cm)	6,38						




**Planilha 14 – Espessura Necessária de Reforço – 2º Subtrecho Homogêneo –  
Sentido DF-475/DF-180**

		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL											
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - DITEC											
REFORÇO ESTRUTURAL - NORMA DNER PRO 011/79													
Data: 16/10/2020													
RODOVIA: VC-341				TRECHO: DF-475/DF-180									
<b>2º Subtrecho Homogêneo (Km 1+360 até 2+880)</b>													
<b>Dados Iniciais</b>													
N		4,74E+06		USACE		N		2,20E+06		AASHTO			
LogN		6,68				LogN		6,34					
log(Dadm)		1,84		(0,01mm)		log(Dadm)		1,89		(0,01mm)			
Dadm		68,40		(0,01mm)		Dadm		78,29		(0,01mm)			
<b>Dados Coletados</b>													
Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do
1+360	62	1+840	64	2+320	60	2+800	68						
1+400	66	1+880	46	2+360	30	2+840	70						
1+440	62	1+920	42	2+400	66	2+880	60						
1+480	64	1+960	44	2+440	66								
1+520	58	2+000	56	2+480	70								
1+560	48	2+040	60	2+520	44								
1+600	58	2+080	42	2+560	66								
1+640	50	2+120	40	2+600	66								
1+680	42	2+160	36	2+640	82								
1+720	54	2+200	46	2+680	70								
1+760	36	2+240	62	2+720	38								
1+800	54	2+280	42	2+760	40								
Análise inicial		1ª Interação		2ª Interação		3ª Interação							
Média (Do)	54,6	Média (Do)	54,5	Média (Do)	54,6	Média (Do)							
Dc	67,0	Dc	67,0	Dc	66,8	Dc							
$\sigma$	12,4	$\sigma$	12,5	$\sigma$	12,2	$\sigma$							
Z	3	Z	3	Z	3	Z							
Dc + Z* $\sigma$	104,1	Dc + Z* $\sigma$	104,6	Dc + Z* $\sigma$	103,4	Dc + Z* $\sigma$							
Dc - Z* $\sigma$	29,9	Dc - Z* $\sigma$	29,4	Dc - Z* $\sigma$	30,2	Dc - Z* $\sigma$							
Nova interação	SIM	Nova interação	SIM	Nova interação	NÃO	Nova interação							
<b>Resultado Final</b>													
Média (Do)	54,6		(0,01mm)	Dc	66,8								
Desv Pad	12,2		(0,01mm)	Dp	80,1								
Fs	1,20			Dp>Dadm	Caso II								
Dp/Dadm	1,17		USACE	Dp/Dadm	1,02		AASHTO						
<b>REFORÇO ENCONTRADO</b>													
USACE						AASHTO							
Hr (cm)	2,75			Hr (cm)	0,40								


**Planilha 15 – Espessura Necessária de Reforço – 3º Subtrecho Homogêneo –  
Sentido DF-475/DF-180**

		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL											
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - DITEC											
REFORÇO ESTRUTURAL - NORMA DNER PRO 011/79													
Data: 16/10/2020													
RODOVIA: VC-341				TRECHO: DF-475/DF-180									
<b>3º Subtrecho Homogêneo (Km 2+920 até 3+720)</b>													
Dados Iniciais													
N		4,74E+06		USACE		N		2,20E+06		AASHTO			
LogN		6,68				LogN		6,34					
log(Dadm)		1,84		(0,01mm)		log(Dadm)		1,89		(0,01mm)			
Dadm		68,40		(0,01mm)		Dadm		78,29		(0,01mm)			
Dados Coletados													
Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do
2+920	100	3+400	82										
2+960	72	3+440	78										
3+000	58	3+480	92										
3+040	64	3+520	108										
3+080	98	3+560	84										
3+120	72	3+600	92										
3+160	60	3+640	80										
3+200	78	3+680	94										
3+240	88	3+720	98										
3+280	66												
3+320	74												
3+360	98												
Análise inicial		1ª Interação		2ª Interação		3ª Interação							
Média (Do)	82,7	Média (Do)	83,2	Média (Do)	83,7	Média (Do)							
Dc	97,0	Dc	97,6	Dc	98,4	Dc							
$\sigma$	14,3	$\sigma$	14,4	$\sigma$	14,7	$\sigma$							
Z	3	Z	3	Z	3	Z							
Dc + Z* $\sigma$	139,8	Dc + Z* $\sigma$	141,0	Dc + Z* $\sigma$	142,4	Dc + Z* $\sigma$							
Dc - Z* $\sigma$	54,1	Dc - Z* $\sigma$	54,3	Dc - Z* $\sigma$	54,3	Dc - Z* $\sigma$							
Nova interação	SIM	Nova interação	SIM	Nova interação	NÃO	Nova interação							
Resultado Final													
Média (Do)	83,7		(0,01mm)	Dc	98,4								
Desv Pad	14,7		(0,01mm)	Dp	118,0								
Fs	1,20			Dp>Dadm	Caso II								
Dp/Dadm	1,73	USACE		Dp/Dadm	1,51	AASHTO							
REFORÇO ENCONTRADO													
USACE						AASHTO							
Hr (cm)	9,48			Hr (cm)	7,13								

**Planilha 16 – Espessura Necessária de Reforço – 4º Subtrecho Homogêneo –  
Sentido DF-475/DF-180**

		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL											
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - DITEC											
REFORÇO ESTRUTURAL - NORMA DNER PRO 011/79													
Data:		16/10/2020											
RODOVIA:		VC-341		TRECHO:		DF-475/DF-180							
<b>4º Subtrecho Homogêneo (Km 3+760 até 5+360)</b>													
Dados Iniciais													
N		4,74E+06		USACE		N		2,20E+06		AASHTO			
LogN		6,68				LogN		6,34					
log(Dadm)		1,84		(0,01mm)		log(Dadm)		1,89		(0,01mm)			
Dadm		68,40		(0,01mm)		Dadm		78,29		(0,01mm)			
Dados Coletados													
Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do
3+760	56	4+240	96	4+720	94	5+200	78						
3+800	74	4+280	78	4+760	58	5+240	102						
3+840	58	4+320	76	4+800	90	5+280	88						
3+880	58	4+360	64	4+840	106	5+320	82						
3+920	56	4+400	96	4+880	78	5+360	74						
3+960	82	4+440	86	4+920	98								
4+000	98	4+480	48	4+960	106								
4+040	52	4+520	62	5+000	82								
4+080	88	4+560	106	5+040	112								
4+120	84	4+600	78	5+080	100								
4+160	102	4+640	76	5+120	64								
4+200	120	4+680	94	5+160	92								
Análise inicial		1ª Interação		2ª Interação		3ª Interação							
Média (Do)	82,7	Média (Do)	82,2	Média (Do)	81,7	Média (Do)							
Dc	100,8	Dc	100,3	Dc	100,1	Dc							
$\sigma$	18,1	$\sigma$	18,1	$\sigma$	18,3	$\sigma$							
Z	3	Z	3	Z	3	Z							
Dc + Z* $\sigma$	155,0	Dc + Z* $\sigma$	154,7	Dc + Z* $\sigma$	155,1	Dc + Z* $\sigma$							
Dc - Z* $\sigma$	46,6	Dc - Z* $\sigma$	45,9	Dc - Z* $\sigma$	45,1	Dc - Z* $\sigma$							
Nova interação	SIM	Nova interação	SIM	Nova interação	NÃO	Nova interação							
Resultado Final													
Média (Do)	81,7		(0,01mm)	Dc	100,1								
Desv Pad	18,3		(0,01mm)	Dp	120,1								
Fs	1,20			Dp>Dadm	Caso II								
Dp/Dadm	1,76	USACE		Dp/Dadm	1,53	AASHTO							
REFORÇO ENCONTRADO													
USACE						AASHTO							
Hr (cm)	9,78			Hr (cm)	7,43								


**Planilha 17 – Espessura Necessária de Reforço – 5º Subtrecho Homogêneo –  
Sentido DF-475/DF-180**

		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL											
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - DITEC											
REFORÇO ESTRUTURAL - NORMA DNER PRO 011/79													
Data:		16/10/2020											
RODOVIA:		VC-341			TRECHO:		DF-475/DF-180						
<b>5º Subtrecho Homogêneo (Km 5+400 até 6+200)</b>													
Dados Iniciais													
N		4,74E+06		USACE		N		2,20E+06		AASHTO			
LogN		6,68				LogN		6,34					
log(Dadm)		1,84		(0,01mm)		log(Dadm)		1,89		(0,01mm)			
Dadm		68,40		(0,01mm)		Dadm		78,29		(0,01mm)			
Dados Coletados													
Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do
5+400	68	5+880	84										
5+440	48	5+920	78										
5+480	50	5+960	72										
5+520	68	6+000	64										
5+560	76	6+040	66										
5+600	74	6+080	70										
5+640	60	6+120	94										
5+680	66	6+160	64										
5+720	70	6+200	54										
5+760	58												
5+800	70												
5+840	88												
Análise inicial		1ª Interação		2ª Interação		3ª Interação							
Média (Do)	68,7	Média (Do)	68,4	Média (Do)	68,3	Média (Do)							
Dc	80,2	Dc	80,2	Dc	80,4	Dc							
$\sigma$	11,6	$\sigma$	11,8	$\sigma$	12,1	$\sigma$							
Z	3	Z	3	Z	3	Z							
Dc + Z* $\sigma$	114,9	Dc + Z* $\sigma$	115,6	Dc + Z* $\sigma$	116,8	Dc + Z* $\sigma$							
Dc - Z* $\sigma$	45,5	Dc - Z* $\sigma$	44,8	Dc - Z* $\sigma$	44,1	Dc - Z* $\sigma$							
Nova interação	SIM	Nova interação	SIM	Nova interação	NÃO	Nova interação							
Resultado Final													
Média (Do)		68,3		(0,01mm)		Dc		80,4					
Desv Pad		12,1		(0,01mm)		Dp		96,5					
Fs		1,20				Dp>Dadm		Caso II					
Dp/Dadm	1,41	USACE		Dp/Dadm	1,23	AASHTO							
REFORÇO ENCONTRADO													
USACE						AASHTO							
Hr (cm)	5,98					Hr (cm)	3,63						


## 5.1.2 Dimensionamento do Reforço do Pavimento – (DNER-PRO 11/79)

Sentido DF-180/DF-475.


### Planilha 18 – Espessura Necessária de Reforço – 6º Subtrecho Homogêneo – Sentido DF-180/DF-475

		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL DIRETORIA DE TECNOLOGIA - DITEC											
REFORÇO ESTRUTURAL - NORMA DNER PRO 011/79													
Data: 16/10/2020													
RODOVIA: VC-341				TRECHO: DF-180/DF-475									
<b>6º Subtrecho Homogêneo (Km 6+220 até 5+500)</b>													
Dados Iniciais													
N		4,74E+06		USACE				N		2,20E+06		AASHTO	
LogN		6,68						LogN		6,34			
log(Dadm)		1,84		(0,01mm)				log(Dadm)		1,89		(0,01mm)	
Dadm		68,40		(0,01mm)				Dadm		78,29		(0,01mm)	
Dados Coletados													
Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do
6+220	110	5+740	132										
6+180	76	5+700	136										
6+140	86	5+660	118										
6+100	154	5+620	102										
6+060	144	5+580	80										
6+020	112	5+540	102										
5+980	108	5+500	140										
5+940	122												
5+900	98												
5+860	116												
5+820	126												
5+780	160												
Análise inicial		1ª Interação		2ª Interação		3ª Interação							
Média (Do)	116,9	Média (Do)	117,2	Média (Do)	116,7	Média (Do)							
Dc	140,7	Dc	141,6	Dc	141,8	Dc							
$\sigma$	23,7	$\sigma$	24,4	$\sigma$	25,0	$\sigma$							
Z	3	Z	3	Z	3	Z							
Dc + Z* $\sigma$	211,9	Dc + Z* $\sigma$	214,8	Dc + Z* $\sigma$	216,9	Dc + Z* $\sigma$							
Dc - Z* $\sigma$	69,5	Dc - Z* $\sigma$	68,4	Dc - Z* $\sigma$	66,6	Dc - Z* $\sigma$							
Nova interação	SIM	Nova interação	SIM	Nova interação	NÃO	Nova interação							
Resultado Final													
Média (Do)	116,7			(0,01mm)	Dc	141,8							
Desv Pad	25,0			(0,01mm)	Dp	170,1							
Fs	1,20				Dp>Dadm	Caso II							
Dp/Dadm	2,49	USACE		Dp/Dadm	2,17	AASHTO							
REFORÇO ENCONTRADO													
USACE						AASHTO							
Hr (cm)	15,83			Hr (cm)	13,48								


**Planilha 19 – Espessura Necessária de Reforço – 7º Subtrecho Homogêneo –  
Sentido DF-180/DF-475**

		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL											
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - DITEC											
REFORÇO ESTRUTURAL - NORMA DNER PRO 011/79													
Data: 16/10/2020													
RODOVIA: VC-341				TRECHO: DF-180/DF-475									
<b>7º Subtrecho Homogêneo (Km 5+460 até 4+260)</b>													
Dados Iniciais													
N		4,74E+06		USACE		N		2,20E+06		AASHTO			
LogN		6,68				LogN		6,34					
log(Dadm)		1,84		(0,01mm)		log(Dadm)		1,89		(0,01mm)			
Dadm		68,40		(0,01mm)		Dadm		78,29		(0,01mm)			
Dados Coletados													
Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do
5+460	76	4+980	86	4+500	102								
5+420	90	4+940	98	4+460	92								
5+380	102	4+900	138	4+420	96								
5+340	88	4+860	104	4+380	118								
5+300	80	4+820	94	4+340	62								
5+260	114	4+780	128	4+300	112								
5+220	118	4+740	120	4+260	108								
5+180	100	4+700	108										
5+140	108	4+660	108										
5+100	100	4+620	126										
5+060	120	4+580	96										
5+020	130	4+540	110										
Análise inicial		1ª Interação		2ª Interação		3ª Interação							
Média (Do)	104,3	Média (Do)	103,4	Média (Do)	104,4	Média (Do)							
Dc	121,0	Dc	120,5	Dc	119,7	Dc							
$\sigma$	16,7	$\sigma$	17,0	$\sigma$	15,3	$\sigma$							
Z	3	Z	3	Z	3	Z							
Dc + Z* $\sigma$	171,2	Dc + Z* $\sigma$	171,5	Dc + Z* $\sigma$	165,6	Dc + Z* $\sigma$							
Dc - Z* $\sigma$	70,8	Dc - Z* $\sigma$	69,4	Dc - Z* $\sigma$	73,8	Dc - Z* $\sigma$							
Nova interação	SIM	Nova interação	SIM	Nova interação	NÃO	Nova interação							
Resultado Final													
Média (Do)	104,4		(0,01mm)	Dc	119,7								
Desv Pad	15,3		(0,01mm)	Dp	143,6								
Fs	1,20			Dp>Dadm	Caso II								
Dp/Dadm	2,10	USACE		Dp/Dadm	1,83	AASHTO							
REFORÇO ENCONTRADO													
USACE						AASHTO							
Hr (cm)	12,88			Hr (cm)	10,54								

**Planilha 20 – Espessura Necessária de Reforço – 8º Subtrecho Homogêneo –  
Sentido DF-180/DF-475**


		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL									
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - DITEC									
REFORÇO ESTRUTURAL - NORMA DNER PRO 011/79											
Data: 16/10/2020											
RODOVIA: VC-341				TRECHO: DF-180/DF-475							
<b>8º Subtrecho Homogêneo (Km 4+220 até 2+860)</b>											
Dados Iniciais											
N		4,74E+06		USACE		N		2,20E+06		AASHTO	
LogN		6,68				LogN		6,34			
log(Dadm)		1,84		(0,01mm)		log(Dadm)		1,89		(0,01mm)	
Dadm		68,40		(0,01mm)		Dadm		78,29		(0,01mm)	
Dados Coletados											
Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do
4+220	60	3+740	140	3+260	112						
4+180	102	3+700	122	3+220	132						
4+140	94	3+660	132	3+180	102						
4+100	86	3+620	126	3+140	112						
4+060	110	3+580	64	3+100	84						
4+020	112	3+540	74	3+060	96						
3+980	88	3+500	128	3+020	88						
3+940	134	3+460	110	2+980	100						
3+900	98	3+420	80	2+940	88						
3+860	116	3+380	128	2+900	96						
3+820	156	3+340	110	2+860	116						
3+780	104	3+300	122								
Análise inicial		1ª Interação		2ª Interação		3ª Interação					
Média (Do)	106,3	Média (Do)	106,0	Média (Do)	105,1	Média (Do)					
Dc	128,0	Dc	128,3	Dc	125,8	Dc					
$\sigma$	21,7	$\sigma$	22,3	$\sigma$	20,7	$\sigma$					
Z	3	Z	3	Z	3	Z					
Dc + Z* $\sigma$	193,0	Dc + Z* $\sigma$	195,1	Dc + Z* $\sigma$	187,9	Dc + Z* $\sigma$					
Dc - Z* $\sigma$	63,0	Dc - Z* $\sigma$	61,5	Dc - Z* $\sigma$	63,7	Dc - Z* $\sigma$					
Nova interação	SIM	Nova interação	SIM	Nova interação	NÃO	Nova interação					
Resultado Final											
Média (Do)	105,1		(0,01mm)	Dc	125,8						
Desv Pad	20,7		(0,01mm)	Dp	151,0						
Fs	1,20			Dp>Dadm	Caso II						
Dp/Dadm	2,21	USACE		Dp/Dadm	1,93	AASHTO					
REFORÇO ENCONTRADO											
USACE						AASHTO					
Hr (cm)	13,75			Hr (cm)	11,41						

**Planilha 21 – Espessura Necessária de Reforço – 9º Subtrecho Homogêneo –  
Sentido DF-180/DF-475**

		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL											
		DIRETORIA DE TECNOLOGIA - DITEC											
REFORÇO ESTRUTURAL - NORMA DNER PRO 011/79													
Data: 16/10/2020													
RODOVIA: VC-341				TRECHO: DF-180/DF-475									
<b>9º Subtrecho Homogêneo (Km 2+820 até 1+220)</b>													
Dados Iniciais													
N		4,74E+06		USACE		N		2,20E+06		AASHTO			
LogN		6,68				LogN		6,34					
log(Dadm)		1,84		(0,01mm)		log(Dadm)		1,89		(0,01mm)			
Dadm		68,40		(0,01mm)		Dadm		78,29		(0,01mm)			
Dados Coletados													
Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do
2+820	60	2+340	60	1+860	74	1+380	30						
2+780	84	2+300	52	1+820	80	1+340	74						
2+740	84	2+260	50	1+780	80	1+300	80						
2+700	96	2+220	64	1+740	80	1+260	90						
2+660	70	2+180	60	1+700	76	1+220	120						
2+620	60	2+140	50	1+660	96								
2+580	80	2+100	62	1+620	70								
2+540	80	2+060	80	1+580	76								
2+500	66	2+020	60	1+540	64								
2+460	58	1+980	68	1+500	46								
2+420	60	1+940	80	1+460	74								
2+380	62	1+900	84	1+420	52								
Análise inicial		1ª Interação		2ª Interação		3ª Interação							
Média (Do)	71,7	Média (Do)	70,6	Média (Do)	70,7	Média (Do)							
Dc	87,7	Dc	86,9	Dc	87,4	Dc							
$\sigma$	16,1	$\sigma$	16,3	$\sigma$	16,7	$\sigma$							
Z	3	Z	3	Z	3	Z							
Dc + Z* $\sigma$	136,0	Dc + Z* $\sigma$	135,9	Dc + Z* $\sigma$	137,3	Dc + Z* $\sigma$							
Dc - Z* $\sigma$	39,5	Dc - Z* $\sigma$	37,9	Dc - Z* $\sigma$	37,4	Dc - Z* $\sigma$							
Nova interação	SIM	Nova interação	SIM	Nova interação	NÃO	Nova interação							
Resultado Final													
Média (Do)	70,7		(0,01mm)	Dc	87,4								
Desv Pad	16,7		(0,01mm)	Dp	104,8								
Fs	1,20			Dp>Dadm	Caso II								
Dp/Dadm	1,53	USACE		Dp/Dadm	1,34	AASHTO							
REFORÇO ENCONTRADO													
USACE						AASHTO							
Hr (cm)	7,42			Hr (cm)	5,07								



**Planilha 22 – Espessura Necessária de Reforço – 10º Subtrecho Homogêneo  
– Sentido DF-180/DF-475**

	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL												
	DIRETORIA DE TECNOLOGIA - DITEC												
	REFORÇO ESTRUTURAL - NORMA DNER PRO 011/79												
Data: 16/10/2020													
RODOVIA: VC-341				TRECHO: DF-180/DF-475									
<b>10º Subtrecho Homogêneo (Km 1+180 até 0+020)</b>													
Dados Iniciais													
N		4,74E+06		USACE				N		2,20E+06		AASHTO	
LogN		6,68						LogN		6,34			
log(Dadm)		1,84		(0,01mm)				log(Dadm)		1,89		(0,01mm)	
Dadm		68,40		(0,01mm)				Dadm		78,29		(0,01mm)	
Dados Coletados													
Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do	Estaca	Do
1+180	46	0+700	108	0+220	66								
1+140	100	0+660	116	0+180	76								
1+100	102	0+620	104	0+140	80								
1+060	102	0+580	100	0+100	98								
1+020	116	0+540	76	0+060	76								
0+980	96	0+500	90	0+020	68								
0+940	68	0+460	90										
0+900	76	0+420	68										
0+860	76	0+380	80										
0+820	104	0+340	42										
0+780	88	0+300	98										
0+740	50	0+260	72										
Análise inicial		1ª Interação		2ª Interação		3ª Interação							
Média (Do)	84,4	Média (Do)	83,5	Média (Do)	83,6	Média (Do)							
Dc	104,0	Dc	103,5	Dc	104,3	Dc							
$\sigma$	19,6	$\sigma$	20,0	$\sigma$	20,7	$\sigma$							
Z	3	Z	3	Z	3	Z							
Dc + Z* $\sigma$	162,9	Dc + Z* $\sigma$	163,5	Dc + Z* $\sigma$	166,5	Dc + Z* $\sigma$							
Dc - Z* $\sigma$	45,2	Dc - Z* $\sigma$	43,5	Dc - Z* $\sigma$	42,2	Dc - Z* $\sigma$							
Nova interação	SIM	Nova interação	SIM	Nova interação	NÃO	Nova interação							
Resultado Final													
Média (Do)		83,6		(0,01mm)		Dc		104,3					
Desv Pad		20,7		(0,01mm)		Dp		125,2					
Fs		1,20				Dp>Dadm		Caso II					
Dp/Dadm		1,83		USACE		Dp/Dadm		1,60		AASHTO			
REFORÇO ENCONTRADO													
USACE						AASHTO							
Hr (cm)	10,50						Hr (cm)	8,16					

Com base na tabela 04, extraída da Norma DNER-PRO 11/79, a VC-341 foi enquadrada na hipótese II ( $D_p \leq 3 \times D_{adm}$ ) - **critério de cálculo** é o defletoométrico e as **medidas corretivas** auferidas através da aplicação da especificação citada acima seria a aplicação de reforço do revestimento. Mas, como obtivemos através dos ensaios realizados nas camadas do pavimento, com Janelas Inspeção nos quilômetros: Km 0+440, Índice de Suporte Califórnia (ISC) da camada de base igual a 50,0% e ISC de Subleito igual a 6,5%. Km 1+440, Índice de Suporte Califórnia (ISC) da camada de base igual a 38,4% e ISC de Subleito igual a 6,5%. Km 2+400, Índice de Suporte Califórnia (ISC) da camada de base igual a 41,0% e ISC de Subleito igual a 6,0%. Km 3+440, Índice de Suporte Califórnia (ISC) da camada de base igual a 38,8% e ISC de Subleito igual a 5,8%. Km 4+800, Índice de Suporte Califórnia (ISC) da camada de base igual a 59,0%, ISC da camada de Sub-base igual a 23,7% e ISC de Subleito igual a 8,9%. Km 6+000, Índice de Suporte Califórnia (ISC) da camada de base igual a 41,5%, ISC da camada de Sub-base igual a 16,3% e ISC de Subleito igual a 11,7%.

Foram identificados através dos estudos funcionais realizados no revestimento asfáltico, que conta em sua grande maioria composto por Tratamento Superficial Duplo (TSD), em vários pontos foram executados recapeamentos utilizando camada sem uniformidade de Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ), que se encontra em estado bastante oxidado e degradado, em condições ruins a péssimas na maior parte do trecho estudado, somado a isto, foram detectados diversos defeitos funcionais, tais como trincas, remendos executados utilizando Concreto Asfáltico Usinado a Quente em desacordo com as especificações proporcionando imperfeições no revestimento e conseqüentemente a ocorrências de abertura de diversas “painéis”, ocasionando bastante desconforto aos usuários ao percorrer a referida via com os seus respectivos veículos automotores de passeio e para os proprietários de veículos comerciais de carga e, conseqüentemente para os usuários do transporte coletivo. Como se trata de uma via rural com características urbanas, com propriedades e edificações com acesso diretos à via, apresentando muros e cercas praticamente ocupando o local onde deveria ser das faixas de acostamento, atualmente a rodovia é dotada de pista simples, bidirecional com duas faixas de rolamento de aproximadamente 3,50 m de largura cada uma, as mesmas não possuem faixas de acostamento.

Após análise dos resultados chegou-se às seguintes espessuras, levando em conta os números de repetições (N de projeto) USACE e AASHTO, conforme tabela 05.

**Tabela 05 – Resumo das Espessuras Necessárias de Reforço**

Espessuras do Reforço (cm)				
	SUBTRECHO HOMOGÊNEOS			
		DF-475/DF-180	DF-180/DF-475	
<b>USACE</b>	1	8,73 cm	6	15,83 cm
<b>AASHTO</b>	1	6,38 cm	6	13,48 cm
<b>USACE</b>	2	2,75 cm	7	12,88 cm
<b>AASHTO</b>	2	0,40 cm	7	10,54 cm
<b>USACE</b>	3	9,48 cm	8	13,75 cm
<b>AASHTO</b>	3	7,13 cm	8	11,41 cm
<b>USACE</b>	4	9,78 cm	9	7,42 cm
<b>AASHTO</b>	4	7,43 cm	9	5,07 cm
<b>USACE</b>	5	5,98 cm	10	10,50 cm
<b>AASHTO</b>	5	3,63 cm	10	8,16 cm

Diante das constatações através dos resultados dos ensaios de laboratório, não será aplicado o reforço encontrado através da Norma DNER PRO 011/79 em revestimento asfáltico sobre o pavimento existente. Com o intuito de proceder as devidas correções das anomalias funcionais e estruturais presentes no pavimento da referida via, a proposição inicial visando a apresentação de uma solução para a restauração do pavimento da via em estudo, por parte do projetista será a execução de fresagem de toda a espessura de revestimento asfáltico existente, reservando em local adequado este material fresado para posterior utilização, incorporando-o à camada de base atualmente existente. Após a realização da fresagem do revestimento asfáltico, será promovida a escarificação da camada de base numa espessura de 20,0 cm, composta por material granular terroso (cascalho), em seguida será incorporada a esta o material fresado com teor de 15,0%, com a adição de 3,0% de Cimento Portland, tipo CP-II 32 F, estes serviços citados anteriormente serão executados em toda a extensão da rodovia para proporcionar

uniformidade no pavimento. Como apresentado acima, para proporcionar a devida correção da camada de base com relação à capacidade de suporte e granulometria, para que o ISC esteja enquadrado dentro dos parâmetros preconizados nas especificações vigentes, será feita uma composição granulométrica com a incorporação de material de granulometria grossa e a adição de aglomerante, conforme descrito acima, propiciando um aumento no valor do Índice de Suporte Califórnia (ISC), com o objetivo de alcançar valor de  $ISC \geq 80,0$ , caso o material proveniente da fresagem do revestimento tiver quantidade insuficiente para compor a mistura com material granular terroso (cascalho) deverá ser utilizado para compor a mesma, material pétreo – Brita N° 01. Os ensaios completos de laboratório serão apresentados no **Anexo C**.

Conforme detectado através de ensaios de sondagem, através de aberturas de janelas de Inspeção executadas em ambas faixas de rolamento espaçadas com distância em torno de 2,0 quilômetros uma da outra, que em 80% da extensão da via, a mesma não possui em sua estrutura de pavimento a camada de sub-base, diante do exposto, em uma das soluções que serão apresentadas mais adiante, a estrutura do pavimento restaurado terá a seguinte configuração, será composto por subleito, camada de base devidamente corrigida no quesito granulometria com a incorporação de material proveniente de fresagem de revestimento asfáltico e também em sua capacidade de suporte com a adição de Cimento Portland, sobre esta estrutura será colocado um revestimento asfáltico devidamente calculado e refinado com o trato mecanístico.

## **6.0 Proposta de Restauração do Pavimento (Inicial)**

Como detalhado anteriormente, a primeira proposição de restauração de pavimento proposta pelo Projetista e testada posteriormente levando em consideração para a aprovação, os devidos critérios mecanísticos, será a estrutura de pavimento, apresentada logo a seguir:

- Revestimento em CAUQ com espessura de 5,0 cm;
- Base em Material Granular Terroso + 15% de Material Fresado + 3,0% de Cimento CP-II 32 F com espessura de 20,0 cm;
- Subleito – ISC = 6,0%

## **7.0 PARÂMETROS MECANÍSTICOS PARA O PAVIMENTO DA RODOVIA DF-341**

### **7.1 Programa de Computador Modelos de Previsão de Desempenho Utilizados**

Tendo sido o pavimento estudado com propostas de restauração pelo método do DNER, faz-se então a verificação mecanicista empírica da estrutura do pavimento.

Diante dos dados expostos e dos ensaios executados para uma avaliação mecanicista empírica da solução com base granular, foram obtidos os módulos de resiliência das camadas de subleito, sub-base, pela metodologia descrita na IP-08/2004 da PMSP e/ou descrita na IP-DE-P00/001 do DER-SP.

A análise mecanística de pavimentos consiste na avaliação das tensões e deformações em pontos específicos da estrutura, provocadas pelo carregamento do tráfego, e na aplicação de modelos de previsão de desempenho.

De acordo com Medina e Motta (2005), no dimensionamento mecanístico, parte-se de espessuras admitidas para as camadas do pavimento e calcula-se o estado de tensões e deformações com o objetivo de comparar com valores limites estabelecidos.

Para o cálculo das tensões, deformações e deslocamentos na estrutura de pavimento admitida são utilizados programas computacionais. Os valores obtidos são então comparados com valores admissíveis calculados por meio dos modelos de fadiga e deformações permanentes disponíveis na literatura, até se chegar a uma estrutura compatível com o tráfego previsto para o período de projeto.

De forma geral, adota-se um modelo estrutural para as camadas do pavimento e para o carregamento do tráfego e, com o auxílio do software específico AEMC – Módulo de Cálculo de Tensões e Deformações – v. 2.4.2 (Jun/2020), programa desenvolvido por Filipe Augusto Cinque de Proença Franco, D. Sc., feito download a partir do site do DNIT – IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias, são calculadas as tensões e deformações em determinados pontos da estrutura. Os valores calculados são então comparados com valores admissíveis obtidos mediante a aplicação de modelos de previsão de desempenho.

Para pavimentos flexíveis normalmente são verificados os seguintes critérios:

- **Deflexão:** verifica-se o deslocamento vertical recuperável na superfície do revestimento;
- **Fadiga do revestimento asfáltico:** verifica-se a deformação específica horizontal de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico;
- **Subleito:** verifica-se a deformação específica vertical no topo do solo de fundação (subleito).

No caso de pavimentos semirrígidos, além dos critérios listados anteriormente, verifica-se também o problema do trincamento por fadiga na camada de base cimentada, que costuma ser o problema mais crítico neste tipo de pavimento.

De acordo com a instrução de Projeto de Pavimentação do DER/SP (IP-DE-P00/001), as cargas a serem inseridas na análise mecanicista devem simular o eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN (8,2 toneladas), utilizando quatro pontos de aplicação de carga de 20 kN (2,05 toneladas) cada e pressão de contato pneu pavimento de 0,560 MPa (5,60 kgf/cm<sup>2</sup>).

Para verificação das tensões e deformações na estrutura do pavimento foram tomados dois pontos de análise.

- No centro de cada pneumático (X=0 cm; Y=0 cm);
- No eixo central da simetria do semi-eixo (X=17 cm; Y=0 cm);

Na tabela 06 é apresentada a relação entre o ponto analisado e o tipo de defeito que se quer avaliar na estrutura do pavimento.

**Tabela 06 – Pontos Analisados/Defeitos**

<b>Localização do Ponto</b>	<b>Resultado de Interesse</b>	<b>Defeito Avaliado</b>
<b>Topo da superfície da camada de revestimento</b>	<b>Deslocamento/Deflexão (D)</b>	<b>Trincamento do revestimento por fadiga</b>
<b>Fibra inferior da camada de revestimento</b>	<b>Tensão ou deformação de tração (<math>\sigma_t</math> e <math>\epsilon_t</math>)</b>	<b>Trincamento do revestimento por fadiga</b>
<b>Fibra inferior da camada de base cimentada</b>	<b>Tensão de deformação de tração (Base cimentada.) - (<math>\sigma_t</math> e <math>\epsilon_t</math>)</b>	<b>Trincamento da camada de base cimentada por fadiga</b>
<b>Topo da superfície da camada de subleito</b>	<b>Tensão ou deformação de compressão (<math>\sigma_v</math> e <math>\epsilon_v</math>)</b>	<b>Deformação permanente</b>

Nesta análise será utilizado o programa AEMC para o cálculo das tensões e deformações solicitantes na estrutura do pavimento. A rotina de análise original do AEMC, foi desenvolvida por Filipe Augusto Cinque de Proença Franco, D. Sc., e disponibilizado pelo site do DNIT – IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Trata-se de um programa desenvolvido com base teoria das camadas elásticas e no método das diferenças finitas, considerando modelagem do tipo elástico linear. Neste tipo de modelagem os valores dos módulos de resiliência dos materiais são constantes, isto é, não variam com o estado de tensões aplicado.

Para a seleção dos modelos de avaliação de desempenho considerados nas análises, recorreu-se às orientações da instrução de Projeto de Pavimentação do DER/SP (IP-DE-P00/001 – Jan/2016). Assim, foram selecionados os seguintes modelos:

**a) Deslocamento vertical recuperável (Deflexão).**

O deslocamento vertical recuperável máximo da superfície do pavimento que também é denominado deflexão. Para a verificação deste critério foi considerada a equação do método **DNER-PRO 011/79**.

– **DNER-PRO 011/79**

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 \cdot \log N^{(USACE)} \text{ (Equação 01)}$$

Sendo:

$N$  = número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto, segundo a metodologia do USACE;

$D_{adm}$  = deflexão admissível, em 0,01 mm.

**b) Deformação Específica de Tração ( $\epsilon t$ ) da Fibra Inferior da Camada de Concreto Asfáltico.**

Dentre as inúmeras equações de fadiga desenvolvida por pesquisadores em estudos nacionais e internacionais, recomenda-se para a camada de revestimento de concreto asfáltico o emprego de umas das expressões matemáticas cujos parâmetros são indicados nas seguintes equações:

$$N = K \times (1 / \epsilon t)^n \text{ (Equação 02)}$$

Onde:



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

$\epsilon_t$ : deformação específica horizontal na tração;

$K$  e  $n$ : coeficientes determinados por regressões lineares.

– FHWA (1976):

$$N = 1,092 \times 10^{-6} \times (1/\epsilon_t)^{3,512} \text{ (Equação 03)}$$

Obs: Deve-se considerar que o número  $N$  resultante é o obtido pela metodologia da AASHTO.

c) Para a base ou sub-base de Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), as deformações horizontais de tração,  $\epsilon_t$ , ou tensões horizontais de tração,  $\sigma_t$ , na fibra inferior da camada de BGTC, causadas pelos carregamentos na superfície dos pavimentos, podem causar sua ruptura por fadiga se forem excessivas. Para a análise mecânica recomenda-se utilização de equação de fadiga quanto à flexão de misturas de BGTC desenvolvida por Balbo (1993), apresentada a seguir:

$$N = 10^{(17,137 - 19,608 \times SR)} \text{ (Equação 04)}$$

Onde:

$N$ : número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto (Utilizar o  $N_{USACE}$ );

$SR$ : relação entre tensões de tração na fibra inferior da camada cimentada e a resistência a tração na flexão do material aos 28 dias. Com:  $SR = \frac{\sigma_t}{f_{ctk}}$  com

$$f_{ctk} = 10 \text{ kgf/cm}^2.$$

Deve-se considerar que o número “ $N$ ” resultante é o obtido pela metodologia da USACE.

d) Deformação vertical no topo do subleito.

Para análise da deformação específica vertical de compressão atuante no topo do subleito foi utilizada a equação desenvolvida por *Dormon & Metcalf* (1965), constante da Instrução de Pavimentação do DER-SP, expressos pelas seguintes equações:

$$N = K \times (1/\varepsilon_v)^n \text{ (Equação 05)}$$

– *Dormon & Metcalf* (1965):

$$N = 6,069 \times 10^{-10} \times (1/\varepsilon_v)^{4,762} \text{ (Equação 06)}$$

Sendo:

N = número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 KN. Acumulado para o período de projeto, segundo metodologia do *USACE*;

$\varepsilon_v$  = deformação específica de compressão no topo do subleito.

## 7.2 Parâmetros de Resistência dos Materiais

O cálculo das tensões e deformações atuantes na estrutura do pavimento, resultantes da aplicação das cargas solicitantes, exige o conhecimento das características elásticas dos materiais, como Módulo de Resiliência e Coeficiente de Poisson.

Estes parâmetros podem ser obtidos por meio da realização de ensaios de laboratório específicos para os materiais constituintes das camadas do pavimento. Entretanto, como não se dispõe dos referidos ensaios para os materiais indicados para a estrutura do pavimento, os valores dos Módulos de Resiliência e Coeficientes de Poisson foram obtidos mediante consulta à valores típicos disponíveis em fontes bibliográficas.

A Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 - DER/SP – Jan/2006 – apresenta alguns valores típicos de Coeficientes de Poisson, também são apresentados valores típicos de Módulo de Resiliência ou Elasticidade para os materiais das camadas de pavimentos, conforme Tabelas 07 e 08.

**Tabela 07 – Valores Usuais de Coeficiente de Poisson**

<b>Material</b>	<b>Intervalo de Valores de Coeficiente de Poisson</b>	<b>Valor Recomendado de Coeficiente de Poisson</b>
Concreto de cimento <i>Portland</i>	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:** Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 - DER/SP – Jan/2006

**Tabela 08 – Valores Típicos de Módulo de Resiliência**

<b>Materiais</b>	<b>Intervalo de Valores de Módulos de Resiliência (Mpa)</b>
<b>Concretos Asfálticos:</b>	
Revestimento (CAP 50/70)	2000 – 5000
Revestimento (CAP 30 /45)	2500 – 4500
Binder (CAP 50/70)	2000 – 3000
Binder (CAP 30 /45)	2500 – 4000
<b>Materiais Granulares:</b>	
Brita Graduada	150 – 300
Macadame Hidráulico	250 – 450
<b>Materiais Estab. Quimicamente</b>	
Solo Cimento	5000 – 10000
Brita Graduada Tratada com Cimento	7000 – 18000
Concreto Compactado com Rolo	7000 – 22000
Concreto de Cimento Portland	30000 – 35000
Solos Finos em Base e Sub-base	150 – 300
<b>Solos Finos em Subleito e Reforço do Subleito</b>	
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 Portland	28000 – 45000

**Fonte:** Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 - DER/SP – Jan/2006

Na IP-08/2004 PMSP Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas de Pavimento, também são apresentados valores típicos de Módulo de Resiliência ou Elasticidade para os materiais das camadas de pavimentos, conforme Tabela 09.

**Tabela 09 – Estimativas dos módulos de resiliência**

CAMADAS	TIPOS	ESTIMATIVAS EM MPa
SUBLEITO	LATERÍTICO (LA' e LG')	$E_{SL} = 22,0 (CBR)^{0,8}$
	NÃO LATERÍTICO (NS' e NG')	$E_{SL} = 18,0 (CBR)^{0,64}$
	ARENOSO <i>POUCO</i> OU NÃO COESIVO (LA, NA e NA')	$E_{SL} = 14,0 (CBR)^{0,7}$
REFORÇO	LATERÍTICO (LA' e LG')	$E_{REF} = 22,0 (CBR)^{0,8}$
	NÃO LATERÍTICO (NA' e NG')	$E_{REF} = 18,0 (CBR_{REF})^{0,64} \times \sqrt[3]{\frac{3CBR_{SL}}{CBR_{REF}}}$
SUB-BASE	GRANULAR	$E_{REF} = 18,0 (CBR_{SB})^{0,64} \times \sqrt[3]{\frac{3CBR_{SL}}{CBR_{SB}}}$
BASE	GRANULAR	$100 \leq E_B \leq 500$
	BETUMINOSA	$800 \leq E_B \leq 1.000$
	CIMENTADA (BGTC)	$5.000 \leq E_B \leq 15.000$
MISTURAS BETUMINOSAS	CONCRETO ASFÁLTICO (C.A.)	$3.000 \leq E_{CA} \leq 5.000$
	PRÉ-MISTURADO A QUENTE (PMQ)	$2.000 \leq E_{PMQ} \leq 2.500$
	BINDER	$1.400 \leq E_{BD} \leq 1.800$
	PRÉ-MISTURADO A FRIO (PMF) OU MACADAME BETUMINOSO SELADO	$1.000 \leq E_{PMF} \leq 1.400$

**Fonte:** Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 - DER/SP – Jan/2006

Para os solos do subleito a IP-08/2004-PMSP – Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas de Pavimento recomenda as seguintes correlações entre módulo de resiliência e capacidade de suporte ISC:

– Solos lateríticos arenosos (LA') e lateríticos argilosos (LG'):

$$MR = 22 \times ISC^{0,8} \text{ (MPa) (Equação 07)}$$

Para a análise em questão será considerada a expressão (Equação 07), referente a solos de comportamento laterítico, para a determinação do Módulo de Resiliência do subleito a partir do valor de ISC. Tal consideração foi baseada nos boletins de sondagem e ensaios geotécnicos do solo do subleito, que nos mostra a existência de plasticidade e os baixos resultados de expansão, que são indicativos de solos lateríticos argilosos de Brasília.

Assim, considerando a correlação aplicável a solos lateríticos, tem-se o seguinte valor de módulo de resiliência em questão:

$$ISC = 6,0\%$$

$$MR_{\text{Subleito}} = 22 \times 6^{0,8} = 92,0 \text{ MPa}$$

Massa Específica Média Aparente Seca igual a 1,47 g/cm<sup>3</sup>.

Coefficiente de Poisson adotado igual a 0,40.

Caso a camada de base atual da rodovia, em alguma das soluções para a restauração seja transformada em camada de sub-base sendo criada uma nova camada de base com outro tipo de material, para o cálculo do Módulo de Resiliência da mesma foi levado em conta a ocorrência com o menor valor de Índice de Suporte Califórnia (ISC) auferido dos ensaios de laboratório, sendo encontrado na Janela de Inspeção realizada no km 1+440, obtendo o, valor de ISC igual a 38,4%, com isso, foi calculado o Módulo de Resiliência, através das equações abaixo propostas por Heukelon e Klomp (1962) e Nazaal (2003):

$$MR \text{ (psi)} = 1500 \times CBR \text{ ou } MR \text{ (Mpa)} = 10,34 \times CBR \quad \text{(Equação 11)}$$

$$MR_{\text{sub-base}} = 10,34 \times 38,4 = 397 \text{ MPa}$$

Como o material granular terroso presente na base atual da via em questão já suportou por vários anos os rigores do tráfego, bem como as intempéries, o mesmo será escarificado e recompactado, por este motivo sofrendo perda de alguns grãos graúdos, portanto apresentando em sua composição granulométrica, grãos mais finos, a critério do projetista será adotado o Módulo de Resiliência igual a 350 MPa.

Módulo de Resiliência adotado:

$$MR_{Sub-base} = 350 \text{ MPa}$$

Massa Específica Média Aparente Seca igual a 1,78 g/cm<sup>3</sup>.

Coefficiente de Poisson adotado igual a 0,36.

Para o material da camada de base, constituída por material granular terroso (cascalho), com incorporação de 15% de material proveniente de fresagem do revestimento asfáltico com adição de 3,0% de Cimento Portland CP-II 32 F, com ensaios de laboratório apresentados no Anexo C, compactado na Energia Modificada, foram adotadas as correlações contidas no guia da AASHTO (1993) para dimensionamento de pavimentos que nos fornece as equações abaixo propostas por Heukelon e Klomp (1962) e Nazaal (2003):

$$MR \text{ (psi)} = 1500 \times \text{CBR} \text{ ou } MR \text{ (Mpa)} = 10,34 \times \text{CBR} \quad (\text{Equação 11})$$

***Obs.: Para uma maior segurança, utilizou-se a pior ocorrência dos estudos da camada de base referente às janelas de inspeção feitas ao longo da rodovia.***

Para o material da camada de base, constituída por material granular terroso (cascalho), compactada na Energia Modificada, será feita a adição de 15% de material proveniente da fresagem do revestimento, caso seja insuficiente este material poderá ser colocado material pétreo britado – Brita N° 01, com o intuito de agregar grãos mais graúdos e por conseguinte a aquisição de “esqueleto” e também para a melhoria da capacidade de suporte será adicionado Cimento

Portland CP – II 32 F, com teor de 3,0% em massa. Tendo como ponto de partida, a pior ocorrência dos estudos da camada de base com adição de material fresado e de cimento referente à janela de inspeção localizada no Km 3+440, com valor do ISC igual a 84,9%, adotando as correlações acima citadas chegou-se ao seguinte módulo de resiliência:

$$MR_{base} 10,34 \times 84,9 = \mathbf{877,8 MPa}$$

***Obs: Por se tratar de um material de camada de base em material granular terroso (cascalho), que já está sendo solicitado desde a implantação da Rodovia em questão e que os furos de sondagens foram feitos com espaçamento longitudinal de aproximadamente 1.000 m, podendo haver neste intervalo, material que não corresponda com a capacidade de suporte esperado para este dimensionamento. Diante do exposto, visando à melhoria constante dos critérios técnicos de dimensionamento dos pavimentos e trabalhando a favor da segurança e levando em conta também as particularidades que poderão ocorrer durante a execução da obra, se faz necessário, a critério do projetista, utilizar um Módulo de Resiliência de 800 Mpa para a camada de base com a incorporação de 15% de material fresado e adição de 3,0% de cimento CP- II F 32 em massa.***

Módulo de Resiliência adotado para a camada de base:

$$MR_{Base} = \mathbf{800 MPa}$$

Massa Específica Média Aparente Seca igual a 1,88 g/cm<sup>3</sup>.

Coeficiente de Poisson adotado igual a 0,20.

Para o material da camada de base, constituída por Brita Graduada Simples compactada na energia do Proctor Modificado, adotou-se o Módulo de Resiliência igual a **220 Mpa**, valor este compreendido entre os limites informados pela Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001DER/SP (150 a 300 Mpa).

Será adotada a Massa Específica Média Aparente Seca igual a  $2,2 \text{ g/cm}^3$  e Coeficiente de Poisson igual a 0,35.

Para o material da camada de base constituída por Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) adotou-se módulo de resiliência igual a **7500 MPa**, valor este compreendido entre os limites informados pela Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 DER/SP – (5000 a 15000 MPa). Será adotada a Massa Específica Média Aparente Seca igual a  $2,2 \text{ g/cm}^3$  e Coeficiente de Poisson igual a 0,25.

Para a camada de revestimento em Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) faixa “B” DNIT, adotou-se o módulo de resiliência igual a **2500 Mpa**, valor este também compreendido entre os limites informados pela instrução de Projeto de Pavimentos do DER-SP (2000 a 3000 Mpa – CAP 50/70). Será adotada a Densidade igual a  $2,4 \text{ g/cm}^3$  e Coeficiente de Poisson igual a 0,30.

Para a camada de revestimento em Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) faixa “C” DNIT, adotou-se o módulo de resiliência igual a **3500 Mpa**, valor este também compreendido entre os limites informados pela instrução de Projeto de Pavimentos do DER-SP (2000 a 5000 Mpa – CAP 50/70). Será adotada a Densidade igual a  $2,4 \text{ g/cm}^3$  e Coeficiente de Poisson igual a 0,30.



**Tabela 11 – Resumo dos Módulos Utilizados Para Esta Análise**

<b>Camada</b>	<b>Material</b>	<b>Módulo de Resiliência (Mpa)</b>	<b>Coefficiente de Poisson</b>
Revestimento	CAUQ Faixa C	<b>3500</b>	<b>0,30</b>
Camada de Ligação	CAUQ Faixa B	<b>2500</b>	<b>0,30</b>
Base	Material Granular Terroso (Cascalho) + 15% mat. Fresado + 3,0% cimento	<b>800</b>	<b>0,20</b>
Base	BGS	<b>220</b>	<b>0,35</b>
Base	BGTC	<b>7500</b>	<b>0,25</b>
Sub-base	Material Granular Terroso (Cascalho)	<b>350</b>	<b>0,36</b>
Subleito	Argila	<b>92</b>	<b>0,40</b>

A seguir são apresentados os resultados da análise mecânica para a estrutura de pavimento da Rodovia VC-341.

## 8.0 ANÁLISE MECANÍSTICA

### 8.1 Solução de Dimensionamento 01

De acordo com os preceitos contidos na Especificação DNER-PRO 11/79, a VC-341 foi enquadrada na hipótese II ( $D_p \leq 3.D_{adm}$ ) - critério de cálculo é o deflectométrico e medidas corretivas é reforço do revestimento – mas, conforme justificativas já descritas anteriormente, para a rodovia em questão foi adotada a proposição de acordo o item 6.0 Proposta de Restauração do Pavimento (Inicial), conforme detalhado anteriormente, a primeira proposição de restauração de pavimento proposta pelo Projetista, será a estrutura de pavimento, apresentada abaixo:

- **Camada de Revestimento:** CBUQ Faixa C - CAP 50/70, camada de rolamento com  $e = 5,0$  cm;
- **Camada de Base:** Material Granular Terroso (Cascalho) + 15% de Material Fresado + 3,0% de Cimento Portland – CP-II 32 F com  $e = 20,0$  cm;
- **Subleito – ISC = 6,0%**

#### Planilha 23 – Verificação Mecanística

VERIFICAÇÃO MECANÍSTICA									
N USACE	4,74E+06								
N AASHTO	2,20E+06								
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA Estrutura 20' Base com cimento									
CAMADA	MATERIAL	ESP. (cm)	MR (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Poisson					
Revestimento	CAUQ (FAIXA C)	5,00	35000	0,30					
Base	Mat. Gran. Terr + 15% Mat Fres + 3% Cimento	20,00	8000	0,20					
Subleito	Argila	Infinita	920	0,40					
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO									
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação		
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	2,20E+06	3,14E-04	3,40E-04	Reprovado		
2 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO									
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Ev	Solicitante AEMC Ev	Verificação		
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	4,74E+06	4,60E-04	2,94E-04	Aprovado		
3 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO									
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm	Solicitante AEMC Daemc	Verificação		
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	4,74E+06	68,40	56,78	Aprovado		
					4 – PREVISÃO DE DESEMPENHO				
					1,37E+07	USACE			
					1,66E+06	AASHTO	3,57E+06	USACE	
					3,99E+07	USACE			

Diante dos resultados apresentados acima, verificou-se que a primeira estrutura proposta, não atendeu, quando avaliado pelo Método Mecanicista Empírico, ao critério de deformação específica na fibra inferior do revestimento asfáltico.

Com isso, prosseguimos com a verificação mecânica, por tentativa com a seguinte estrutura de pavimento:

- **Camada de Revestimento:** CBUQ Faixa C - CAP 50/70, camada de rolamento com  $e = 6,0$  cm;
- **Camada de Base:** Material Granular Terroso (Cascalho) + 15% de Material Fresado + 3,0% de Cimento Portland – CP-II 32 F com  $e = 20,0$  cm;
- **Subleito – ISC = 6,0%**

### Planilha 24 – Verificação Mecânica

VERIFICAÇÃO MECANÍSTICA								
N USACE	4,74E+06							
N AASHTO	2,20E+06							
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA Estrutura 21' Base com cimento								
<b>CAMADA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESP. (cm)</b>	<b>MR (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson</b>				
Revestimento	CAUQ (FAIXA C)	6,00	35000	0,30				
Base	Mat. Gran. Terr + 15% Mat Fres + 3% Cimento	20,00	8000	0,20				
Subleito	Argila	Infinita	920	0,40				
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO								
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação	
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	2,20E+06	3,14E-04	3,06E-04	Aprovado	
2 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO								
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Ev	Solicitante AEMC Ev	Verificação	
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	4,74E+06	4,60E-04	2,67E-04	Aprovado	
3 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO								
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm	Solicitante AEMC Daemc	Verificação	
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	4,74E+06	68,40	54,68	Aprovado	
					4 – PREVISÃO DE DESEMPENHO			
					1,69E+07	USACE		
					2,40E+06	AASHTO	5,17E+06	USACE
					6,31E+07	USACE		

Pelo resultado exposto acima, demonstra-se que a estrutura de pavimento testada, atende aos critérios mecanicistas empíricos.

## 8.2 Solução de Dimensionamento 02 – Base em Brita Graduada Simples (BGS)

Com o intuito de disponibilizar mais uma alternativa de pavimento, a atual camada de base existente será transformada em camada de sub-base e será criada uma nova da camada de base por Brita Graduada Simples (BGS).

Com isso, prosseguiremos com a verificação mecânica, por tentativa com a seguinte estrutura de pavimento:

- **Camada de Revestimento:** CBUQ Faixa C - CAP 50/70, camada de rolamento com  $e = 5,0$  cm;
- **Camada de Base:** Brita Graduada Simples (BGS) com  $e = 15,0$  cm;
- **Camada de Sub-base:** Material Granular Terroso (Cascalho) com  $e = 10,0$  cm;
- **Subleito – ISC = 6,0%**

### Planilha 25 – Avaliação pelo Método Mecânico (Base em BGS)

VERIFICAÇÃO MECÂNICA							
N USACE	4,74E+06						
N AASHTO	2,20E+06						
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA Estrutura 22' - Base em BGS							
<b>CAMADA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESP. (cm)</b>	<b>MR (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson</b>			
Revestimento	CBUQ (FAIXA C)	5,00	35000	0,30			
Base	BGS	15,00	2200	0,35			
Sub-base	Mat. Granular Terroso	10,00	3500	0,36			
Subleito	Argila	Infinita	920	0,40			
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO							
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	2,20E+06	3,14E-04	3,27E-04	Reprovado
2 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO							
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Ev	Solicitante AEMC Ev	Verificação
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	4,74E+06	4,60E-04	2,23E-04	Aprovado
3 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO							
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm	Solicitante AEMC Daemc	Verificação
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	4,74E+06	68,40	59,39	Aprovado
4 – PREVISÃO DE DESEMPENHO							
					1,06E+07	USACE	
					1,90E+06	AASHTO	4,10E+06 USACE
					1,49E+08	USACE	

Diante dos resultados obtidos, podemos constatar que a estrutura verificada foi reprovada na deformação de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico.

Diante do exposto, prosseguiremos com a verificação mecânica da estrutura de pavimento a seguir:

- **Camada de Revestimento:** CBUQ Faixa C - CAP 50/70, camada de rolamento com  $e = 5,0$  cm;
- **Camada de Base:** Brita Graduada Simples (BGS) com  $e = 15,0$  cm;
- **Camada de Sub-base:** Material Granular Terroso (Cascalho) com  $e = 20,0$  cm;
- **Subleito – ISC = 6,0%**

### Planilha 26 – Avaliação pelo Método Mecânico (Base em BGS)

VERIFICAÇÃO MECÂNICA							
N USACE	4,74E+06						
N AASHTO	2,20E+06						
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA Estrutura 24' - Base em BGS							
<b>CAMADA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESP. (cm)</b>	<b>MR (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson</b>			
Revestimento	CBUQ (FAIXA C)	5,00	35000	0,30			
Base	BGS	15,00	2200	0,35			
Sub-base	Mat. Granular Terroso	20,00	3500	0,36			
Subleito	Argila	Infinita	920	0,40			
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO							
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	2,20E+06	3,14E-04	3,10E-04	Aprovado
2 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO							
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Ev	Solicitante AEMC Ev	Verificação
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	4,74E+06	4,60E-04	1,50E-04	Aprovado
3 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO							
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm	Solicitante AEMC Daemc	Verificação
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	4,74E+06	68,40	53,09	Aprovado
					4 – PREVISÃO DE DESEMPENHO		
					2,00E+07	USACE	
					2,29E+06	AASHTO	4,94E+06 USACE
					9,83E+08	USACE	

Pelo resultado exposto acima, demonstra-se que a estrutura de pavimento testada, atende aos critérios mecânicos empíricos.

### 8.3 Solução de Dimensionamento 03 – Base em BGTC

Com o intuito de propiciar uma análise técnica aliada a uma análise econômica, das soluções de pavimento para a restauração da rodovia em questão, logo a seguir, apresentaremos uma continuidade da avaliação mecanística, mantendo a camada de atual da base constituída por Material Granular Terroso transformando-a em camada de sub-base e propiciando a criação de uma nova camada de base em Brita Graduada Tratada com Cimento, com adição de 4,0 a 5,0% de cimento Portland CP-II 32 F, em massa, para a tal mistura será utilizada para os serviços de execução da referida camada a Especificação Técnica do DER-SP – ET-DE-P00/009 – Jul/2005 – Rev. A.

Para o material da camada de base, constituída por Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), compactada na Energia Modificada, prosseguiremos com a verificação mecanística, por tentativa com a seguinte estrutura de pavimento:

- **Camada de Revestimento:** CBUQ Faixa C - CAP 50/70, camada de rolamento com  $e = 5,0$  cm;
- **Camada de Base:** Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) com  $e = 17,0$  cm;
- **Camada de Sub-base:** Material Granular Terroso (Cascalho) com  $e = 14,0$  cm;
- **Subleito – ISC = 6,0%**

## Planilha 27 – Avaliação pelo Método Mecânico (Base em BGTC)

VERIFICAÇÃO MECANÍSTICA							
N USACE	4,74E+06						
N AASHTO	2,20E+06						
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA 28' - Base com BGTC							
<b>CAMADA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESP. (cm)</b>	<b>MR (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson</b>			
Revestimento	CBUQ FAIXA C	5,00	35000	0,30			
Base	BGTC	17,00	75000	0,25			
Sub-base	Mat. Granular Terroso	14,00	3500	0,36			
Subleito	Argila	Infinita	920	0,40			
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO							
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	2,20E+06	3,14E-04	4,75E-05	Aprovado
2 - TENSÃO DE TRAÇÃO NA FIBRA INFERIOR DA CAMADA CIMENTADA (BGTC)							
Autor	Ano	N Projeto (USACE)	σ <sub>t</sub> Tensão na Flexão de Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>t</sub> Tensão Admissível (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>t</sub> Tensão Atuante/AEMC (kgf/cm <sup>2</sup> )	Verificação	
Balbo	1993	4,74E+06	10	5,34	5,65	Reprovado	
3 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO							
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Ev	Solicitante AEMC Ev	Verificação
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	4,74E+06	4,60E-04	2,34E-04	Aprovado
4 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO							
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm	Solicitante AEMC Daemc	Verificação
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	4,74E+06	68,40	25,82	Aprovado
5 - PREVISÃO DE DESEMPENHO							
				1,20E+09	USACE		
				1,67E+09	AASHTO	3,59E+09	USACE
				1,18E+08	USACE		

Diante dos resultados obtidos, podemos constatar que a estrutura verificada foi reprovada na deformação de tração na fibra inferior da camada cimentada.

Diante do exposto, prosseguiremos com a verificação mecânica da estrutura de pavimento a seguir:

- **Camada de Revestimento:** CBUQ Faixa C - CAP 50/70, camada de rolamento com e = 5,0 cm;
- **Camada de Base:** Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) com e = 18,0 cm;
- **Camada de Sub-base:** Material Granular Terroso (Cascalho) com e = 14,0 cm;
- **Subleito – ISC = 6,0%**

## Planilha 28 – Avaliação pelo Método Mecânico (Base em BGTC)

VERIFICAÇÃO MECÂNICA							
N USACE	4,74E+06						
N AASHTO	2,20E+06						
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA 27' - Base com BGTC							
CAMADA	MATERIAL	ESP. (cm)	MR (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Poisson			
Revestimento	CBUQ FAIXA C	5,00	35000	0,30			
Base	BGTC	18,00	75000	0,25			
Sub-base	Mat. Granular Terroso	14,00	3500	0,36			
Subleito	Argila	Infinita	920	0,40			
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO							
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	2,20E+06	3,14E-04	4,53E-05	Aprovado
2 - TENSÃO DE TRAÇÃO NA FIBRA INFERIOR DA CAMADA CIMENTADA (BGTC)							
Autor	Ano	N Projeto (USACE)	σt Tensão na Flexão de Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	σt Tensão Admissível (kgf/cm <sup>2</sup> )	σt Tensão Atuante/AEMC (kgf/cm <sup>2</sup> )	Verificação	
Balbo	1993	4,74E+06	10	5,34	5,33	Aprovado	
3 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO							
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Ev	Solicitante AEMC Ev	Verificação
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	4,74E+06	4,60E-04	2,18E-04	Aprovado
4 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO							
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm	Solicitante AEMC Daemc	Verificação
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	4,74E+06	68,40	24,98	Aprovado
5 – PREVISÃO DE DESEMPENHO							
1,45E+09					USACE		
1,97E+09					AASHTO		4,24E+09   USACE
1,66E+08					USACE		

Pelo resultado exposto acima, demonstra-se que a estrutura de pavimento testada, atende aos critérios mecanicistas empíricos.

### 8.3.1 Camada Anti-Reflexão de Trincas (CART) em Tratamento Superficial Duplo (TSD)

A Camada Anti-Reflexão de Trincas tem a função de conter e postergar as trincas advindas da camada cimentada (BGTC) subjacente. Será executada em Tratamento Superficial Duplo – TSD, formado por duas aplicações de ligante asfáltico e duas aplicações de agregado mineral, sucessivas e alternadas.



A referida camada será executada conforme Especificação do DNIT, DNER – ES 392/99, utilizando como ligante betuminoso, a emulsão asfáltica modificada por polímero – SBS, tipo RR-1C-E.

Deverá ser executada duas camadas de Tratamento Superficial, a primeira camada de tratamento superficial constituída de uma aplicação de ligante betuminoso, taxa de 1,2 a 1,8 l/m<sup>2</sup>, coberta por camada de agregado, com taxa variando de 20 a 25 kg/m<sup>2</sup>, sendo enquadrado na Faixa Granulométrica “A” e submetida a compressão. A segunda camada de tratamento superficial será constituída de uma aplicação de ligante betuminoso, taxa de 0,8 a 1,2 l/m<sup>2</sup>, coberta por camada de agregado, com taxa variando de 10 a 12 kg/m<sup>2</sup>, sendo enquadrado na Faixa Granulométrica “B” e submetida a compressão.

## **9.0 RESUMO DAS SOLUÇÕES DE PAVIMENTO POSSÍVEIS PARA A RODOVIA VC-341.**

Por meio das análises mecanicistas, verificou-se que a espessura do pavimento dada pelo método defletoométrico é insuficiente ou não condiz com a realidade ali encontrada para o atendimento dos critérios mecanísticos escolhidos, considerando o tráfego de projeto. A partir daí, por tentativas, foram simuladas outras espessuras das camadas de: revestimento asfáltico, base e sub-base, de forma racional, até encontrar as espessuras adequadas que atendessem aos critérios mecanísticos selecionados.

## 9.1 Solução de Dimensionamento 01 – Intervenções Necessárias

Tabela 12 – Solução de Dimensionamento 01

<b>Rodovia – VC-341</b>
<b>Número N (USACE) = <math>4,74 \times 10^6</math></b>
<b>Número N (AASHTO) = <math>2,20 \times 10^6</math></b>
<b><u>Estrutura Aprovada</u></b>
CAUQ Faixa C – e = 6,0 cm
Base (Material Granular Terroso) (Existente) + 15% Material Fresado + 3,0% de Cimento CP-II 32 F – e = 20,0 cm.
Subleito – ISC de Projeto = 6,0 %.
<b>Intervenções Necessárias</b>
<p>- Fresagem do revestimento asfáltico em toda a plataforma: Trecho 01: km 0+000 ao km 1+800 , com e = 2,0 cm; Trecho 02: km 1+800 ao km 3+000, com e = 4,0 cm e Trecho 03: km 3+000 ao km 6+220, com e = 2,0 cm.</p> <p>- Após o procedimento de fresagem do revestimento asfáltico, executar a escarificação da camada de base existente em Material Granular Terroso (Cascalho), na espessura igual a 20,0 cm, logo após proceder a incorporação de 15,0% de material fresado e adição de 3,0% de Cimento Portland CP-II 32 F, em massa. Caso o Material Fresado seja insuficiente para concluir o serviço, para substituí-lo, poderá ser acrescentado Brita Nº 01, para concluir a execução da camada. Para o cálculo do percentual de Material Fresado e Cimento Portland a ser acrescentado à mistura utilizar a Massa Específica Aparente Seca (MEAS) do solo granular da base igual <math>1,88 \text{ g/cm}^3</math>. Compactação da camada na Energia Modificada com Grau de Compactação <math>\geq 100\%</math>, com ISC <math>\geq 80,0\%</math>.</p> <p>- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de 60 centésimos de milímetros.</p> <p>- Execução de Imprimação com Emulsão Asfáltica Imprimante (EAI), taxa de aplicação de 0,9 a <math>1,3 \text{ l/m}^2</math>, conforme Especificação DNIT 144/2014 – ES.</p>

- Executar Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES.
  
- Executar 6,0 cm de CAUQ Faixa C – CAP 50/70, em toda a plataforma, conforme Especificações: DNIT 031/2006 – ES e ET-DE P00/027 – Jul/2005 – Rev. A - DER-SP.
  
- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de 50 centésimos de milímetros.

## 9.2 Solução de Dimensionamento 02 – Intervenções Necessárias

Tabela 13 – Solução de Dimensionamento 02 - Base em BGS

<b>Rodovia – VC-341</b>
<b>Número N (USACE) = <math>4,74 \times 10^6</math></b>
<b>Número N (AASHTO) = <math>2,20 \times 10^6</math></b>
<b><u>Estrutura Aprovada</u></b>
CAUQ Faixa C – e = 5,0 cm
Base (Brita Graduada Simples – BGS) – e = 15,0 cm.
Sub-base – Material Granular Terroso – Antiga Base – e = 20,0 cm.
Subleito – ISC de Projeto = 6,0 %.
<b>Intervenções Necessárias</b>
<p>- Fresagem do revestimento asfáltico em toda a plataforma: Trecho 01: km 0+000 ao km 1+800 , com e = 2,0 cm; Trecho 02: km 1+800 ao km 3+000 , com e = 4,0 cm e Trecho 03: km 3+000 ao km 6+220, com e = 2,0 cm. O material proveniente do processo de fresagem deverá ser depositado em local determinado em Edital (Bota-fora)</p> <p>- Escarificação e recompactação da camada de base existente em Material Granular Terroso (Cascalho), com espessura de 20,0 cm, será transformada em camada de sub-base na Energia Intermediária com Grau de Compactação não inferior a 100%;</p> <p>- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de 80 centésimos de milímetros.</p> <p>- Executar uma nova camada de base em Brita Graduada Simples (BGS), com ISC <math>\geq</math> 100%, com espessura de 15,0 cm, sendo compactada na Energia Modificada com Grau de Compactação <math>\geq</math> 100%, de acordo com a Especificação Técnica do DER-SP – ET-DE-P00/008 – Jul/2005 – Rev. A.</p> <p>- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de 70 centésimos de milímetros.</p>

- Execução de Imprimação com Emulsão Asfáltica Imprimante (EAI), taxa de aplicação de 0,9 a 1,3 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 144/2014 – ES.
- Executar Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES.
- Executar 5,0 cm de CAUQ Faixa C – CAP 50/70, em toda a plataforma, conforme Especificações: DNIT 031/2006 – ES e ET-DE P00/027 – Jul/2005 – Rev. A - DER-SP.
- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de 60 centésimos de milímetros.

### 9.3 Solução de Dimensionamento 03 – Intervenções Necessárias.

Tabela 14 – Solução de Dimensionamento 03 – Base em BGTC

<b>Rodovia – VC-341</b>
<b>Número N (USACE) = <math>4,74 \times 10^6</math></b>
<b>Número N (AASHTO) = <math>2,20 \times 10^6</math></b>
<b><u>Estrutura Aprovada</u></b>
CAUQ Faixa C – e = 5,0 cm
Base (Brita Graduada Tratada com Cimento – BGTC) – e = 18,0 cm.
Sub-base – Material Granular Terroso – Antiga Base – e = 14,0 cm.
Subleito – ISC de Projeto = 6,0 %.
<b>Intervenções Necessárias</b>
<p>- Fresagem do revestimento asfáltico em toda a plataforma: Trecho 01: km 0+000 ao km 1+800 , com e = 2,0 cm; Trecho 02: km 1+800 ao km 3+000 , com e = 4,0 cm e Trecho 03: km 3+000 ao km 6+220, com e = 2,0 cm. O material proveniente do processo de fresagem deverá ser depositado em local determinado em Edital (Bota-fora)</p> <p>- Escarificação e recompactação da camada de base existente em Material Granular Terroso (Cascalho), com espessura de 14,0 cm, será transformada em camada de sub-base na Energia Intermediária com Grau de Compactação não inferior a 100%;</p> <p>- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de 85 centésimos de milímetros.</p> <p>- Executar uma nova camada de base em Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), com teor de cimento variando de 4,0 a 5,0%, em massa, com espessura de 18,0 cm, sendo compactada na Energia Intermediária com Grau de Compactação <math>\geq 100\%</math>, tendo como base a Especificação Técnica do DER-SP – ET-DE-P00/009 – Jul/2005 – Rev. A.. Deverá apresentar Resistência a Compressão Simples Axial aos 07 dias 3,5 MPa, aos 28 dias 5,0 MPa. Resistência a Tração na Compressão Diametral de 1,0 MPa, aos 28 dias.</p>

- A cura deverá ser realizada com banho de emulsão asfáltica tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,6 a 0,8 l/m<sup>2</sup>, com taxa residual  $\geq 0,3\%$ , conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES;
- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de 40 centésimos de milímetros.
- Executar Tratamento Superficial Duplo (TSD), com emulsão asfáltica modificada por polímero - SBS, tipo RR-1C-E, conforme Especificação DNIT DNER 392/99 – ES;
- Executar Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,6 a 0,8 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,3 e 0,4 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES;
- Executar 5,0 cm de CAUQ Faixa C – CAP 50/70, camada de ligação em toda a plataforma, conforme Especificação DNIT 031/2006 – ES.
- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de 30 centésimos de milímetros.

## **10.0 OBSERVAÇÕES IMPORTANTES**

### **Camada de Base com adição de Material Fresado e Cimento Portland**

Teremos a seguir o cálculo do volume e massa do material granular terroso (Cascalho) presente na camada de base da rodovia: Densidade do material granular terroso (cascalho) igual a  $1,88 \text{ g/cm}^3 = 1,88 \text{ t/m}^3$ .

$$V = 6.220 \times 7 \times 0,20 = 8.708 \text{ m}^3$$

$$D = M/V \therefore M = 8.708 \times 1,88 \therefore M = 16.371 \text{ ton.}$$

**Quantidade necessária para a execução da mistura (15% de material fresado) em relação à massa do material no seu estado natural.**

**Massa de material fresado necessária:**

$$M_{\text{Mat. Fresado}} = 16.371 \times 15/100 \therefore \underline{M_{\text{Mat. Fresado}} = 2.456 \text{ ton}}$$

Conforme item 9.1 Solução de Dimensionamento 01 – Intervenções Necessárias, o procedimento de fresagem do revestimento asfáltico será de acordo com o descrito abaixo.

**- Fresagem do revestimento asfáltico em toda a plataforma: Trecho 01: km 0+000 ao km 1+800 , com e = 2,0 cm; Trecho 02: km 1+800 ao km 3+000, com e = 4,0 cm e Trecho 03: km 3+000 ao km 6+220, com e = 2,0 cm.**

Utilizando a densidade do material que compõe o revestimento asfáltico como valor de referência igual a  $2,4 \text{ g/cm}^3 = 2,4 \text{ t/m}^3$ .

Teremos volume aproximado, considerando a via em questão com 7,0 m de largura e comprimento de 6.220 m de extensão.

**Trecho 01**

$$V = 1.800 \times 7 \times 0,02 = 252 \text{ m}^3$$

**Trecho 02**

$$V = 1.200 \times 7 \times 0,04 = 336 \text{ m}^3$$

**Trecho 03**

$$V = 3.220 \times 7 \times 0,02 = 450,8 \text{ m}^3$$

**Total = 1038,8 m<sup>3</sup> (Material fresado)**

**Massa de material fresado disponível no trecho:**

$$D = M/V \therefore M = 1038,8 \times 2,4 \therefore \underline{M = 2.493 \text{ ton.}}$$



Como podemos observar através dos cálculos, o material fresado é suficiente para compor a mistura, caso ocorra algum desacordo entre os valores calculados e os valores obtidos em campo, fazendo-se necessário a complementação deste material granular, esta deverá ser feita, promovendo a incorporação de Brita 01.

**Quantidade de Cimento Portland CP-II 32 F a ser acrescentada na mistura (3,0%)**

**Massa de solo granular terroso (Cascalho) na espessura de 20,0 cm.**

**M = 16.371 ton.**

**Quantidade necessária para a execução da mistura (3,0% de Cimento Portland) em relação à massa do material no seu estado natural.**

**Massa de Cimento Portland necessária:**

**$M_{\text{Cimento Portland}} = 16.371 \times 3/100 \therefore M_{\text{Cimento Portland}} = 491,13 \text{ ton}$**

## **11.0 CONCLUSÃO**

Diante dos estudos executados nas pistas de rolamento da VC-341, no trecho compreendido entre a DF-475 e a Capela São Francisco de Assis e vice-versa, constatou-se que a mesma se encontra com grau médio de patologias.

Por ser uma rodovia de médio fluxo de veículos, é imprescindível a recuperação da mesma de forma a dotá-la das condições de conforto e segurança adequadas ao tráfego dos usuários.

Faz necessário, ainda, a elaboração dos estudos de drenagem superficial e sinalização (vertical e horizontal) não previstos neste projeto de restauração.

Ressaltamos, ainda que, a deterioração do pavimento da via é contínua.

Brasília, 10 de março de 2021.



---

**Eng. Civil Willkerson Victor da Silva**  
Analista de Planejamento Urbano e Infraestrutura  
DER-DF/SUTEC/DITEC  
Mat. 221.148-3