

**Prefeitura Municipal de Gaspar - SC**  
**Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento**  
**Rua Artur Poffo**

**Obra: Rua Artur Poffo**

# **MEMORIAL DESCRITIVO**

Pavimentação

## **1 - Introdução**

O presente Projeto é parte integrante do Projeto de Melhoramentos de Ruas no Município de Gaspar/SC, e apresenta os estudos efetuados para a definição da estrutura de pavimentação para segmento em leito natural da **Rua Artur Poffo**.

O Projeto de Pavimentação tem por objetivo a definição da seção transversal do pavimento, em tangente e em curva, sua variação ao longo da diretriz de projeto, bem como o estabelecimento do tipo de pavimento, definindo geometricamente as diferentes camadas componentes e estabelecendo os materiais constituintes, especificando valores mínimos e/ou máximos das características físicas e mecânicas desses materiais, equipamentos, processos construtivos, controles de qualidades e outros.

De forma geral, a estrutura dimensionada deverá atender as seguintes características:

- Dar conforto ao rolamento;
- Resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego; e,
- Resistir aos esforços horizontais.

No caso de opção por pavimentação asfáltica, o pavimento ainda deverá ser impermeável, evitando infiltrações de águas superficiais.

## **2 – Considerações sobre o Dimensionamento do Pavimento**

A metodologia de dimensionamento da estrutura do pavimento para fins de uso de revestimentos asfálticos, ampara-se no “Manual de Pavimentação” do DNIT<sup>1</sup>, o qual já traz orientações no sentido de se levar em conta o comportamento resiliente dos materiais constituintes das camadas estruturais do pavimento, admitindo, contudo, a utilização do método de projetos de pavimentos flexíveis do DNER para o cálculo da espessura total do pavimento em termos de camada granular (de forma a proteger o subleito quanto ao aparecimento de deformações permanentes excessivas).

Para o estudo de tráfego o Projeto adotou como critério estimativas de tráfego solicitante, a partir de dados (fluxogramas de tráfego) obtidos junto ao DNIT, relativos ao Projeto de Duplicação da rodovia federal BR-470/SC, nas Interseções de acesso ao município de Gaspar/SC.

---

<sup>1</sup> DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT (2006) – Manual de Pavimentação. 3ª edição. Rio de Janeiro: IPR.

### 3 – Considerações de Projeto

#### 3.1 - Tipologia do pavimento

O segmento da rua a ser pavimentado receberá predominantemente tráfego local, leve a médio, e deverá ser composto por estrutura flexível e revestimento constituído de mistura asfáltica.

#### 3.2 - Número "N" para o período de projeto (Estimativa de Tráfego)

O número de solicitações previsto para a rua em projeto, é dado em função do número de ciclos previstos para a carga padrão rodoviária, a qual equivale ao eixo simples de rodagem dupla carregado com 8,2 toneladas. Para sua determinação todas as composições de eixos, com as variadas cargas atuantes, são convertidas em eixo padrão através de fatores de equivalência de operações. O mais tradicional é a utilização da metodologia proposta pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano (USACE – United States Army Corps of Engineers), adotada no Manual de Estudos de Tráfego do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT. As equações de conversão estão dispostas na Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1 – Cálculo dos Fatores de Carga: Método USACE**

Eixos	Cargas	Equações (Carga P em toneladas)
Simples	0 - 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	$\geq 8$	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem Duplo	0 - 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,4720}$
	$\geq 11$	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,4840}$
Tandem Triplo	0 - 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	$\geq 18$	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Com base nestas considerações, os critérios para a definição da quantidade e tipos de veículos levados em consideração estão apresentados nas Tabelas a seguir.

**Tabela 2 – Previsão de Solicitações por tipo de veículos**

Solicitações	Veículo				
	Auto	Cam Leve	Cam Médio	Cam Pesado	Ônibus
Semanais	1.006	100	60	40	18
Semanas por ano	52	52	52	52	52
Período Projeto (anos)	20	20	20	20	20
<b>Total</b>	<b>1.045.772</b>	<b>104.104</b>	<b>62.462</b>	<b>41.642</b>	<b>18.928</b>

Considerações:

Devido à ausência de informações quanto ao tráfego atuante junto a Prefeitura de Gaspar e tendo em vista que o escopo dos trabalhos não prevê contagens, o tráfego foi estimado a partir de dados da Interseção de Acesso a Gaspar: BR-470 para Gaspar, obtido junto ao DNIT.

- 5.746 automóveis/dia
- 104 ônibus/dia
- 1144 caminhões/dia

Para efeito de tráfego solicitante na Rua Artur Poffo considerou-se 2,5% do tráfego de acesso a Gaspar. Para os caminhões admitiu-se 50% de caminhões leves, 30% de caminhões médios e 20% de caminhões pesados.

**Tabela 3 – Fatores de Veículos para o tráfego solicitante**

Eixo	Carga (tf)	Auto	Cam Leve	Cam Médio	Cam Pesado	Ônibus	Total
Dianteiro	7	-	0,006	0,516	0,516		1,038
Traseiro Simples	11,5		0,131	7,884			8,015
Traseiro Duplo	17				8,549		8,549
<b>Fatores de Veículo (FV)</b>			0,137	8,400	9,065	0,000	

Desprezando existência de taxa de crescimento no período de projeto de 20 anos, tem-se, conforme Tabela 4, o Número N para o fim da vida útil (20º ano após a construção do pavimento e liberação ao tráfego).

**Tabela 4 – Cálculo do Número N**

Ano	VMDA <sub>Leve</sub>	VMDA <sub>Médio</sub>	VMDA <sub>Pesado</sub>	VMDA <sub>ônibus</sub>	$\Sigma(\text{VMDA} \times \text{FV})$	N <sub>Annual</sub>
1	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
2	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
3	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
4	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
5	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
6	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
7	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
8	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
9	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
10	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
11	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
12	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
13	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
14	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
15	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
16	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
17	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
18	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05
19	104.104	62.462	41.642	18.928	916.428	9,16E+05

Admitindo uma taxa de crescimento de 5% e um período de projeto de 20 anos, tem-se, conforme Tabela 5, o Número N para o fim da vida útil (10º ano após a construção do pavimento e liberação ao tráfego).

**Tabela 5 – Cálculo do Número N considerando taxa de crescimento**

Ano	VMDA <sub>Leve</sub>	VMDA <sub>Médio</sub>	VMDA <sub>Pesado</sub>	VMDA <sub>ônibus</sub>	$\Sigma(\text{VMDA} \times \text{FV})$	N <sub>Annual</sub>	N <sub>Acumulado</sub>
1	52.052	31.231	20.821	18.928	311.323	3,11E+05	3,11E+05
2	54.655	32.793	21.862	19.874	326.889	3,27E+05	6,38E+05
3	57.387	34.432	22.955	20.868	343.234	3,43E+05	9,81E+05
4	60.257	36.154	24.103	21.912	360.395	3,60E+05	1,34E+06
5	63.270	37.962	25.308	23.007	378.415	3,78E+05	1,72E+06
6	66.433	39.860	26.573	24.157	397.336	3,97E+05	2,12E+06
7	69.755	41.853	27.902	25.365	417.203	4,17E+05	2,53E+06
8	73.242	43.945	29.297	26.634	438.063	4,38E+05	2,97E+06
9	76.905	46.143	30.762	27.965	459.966	4,60E+05	3,43E+06
10	80.750	48.450	32.300	29.364	482.964	4,83E+05	<b>3,92E+06</b>
11	84.787	50.872	33.915	30.832	507.112	5,07E+05	4,42E+06
12	89.027	53.416	35.611	32.373	532.468	5,32E+05	4,96E+06
13	93.478	56.087	37.391	33.992	559.091	5,59E+05	5,51E+06
14	98.152	58.891	39.261	35.692	587.046	5,87E+05	6,10E+06
15	103.059	61.836	41.224	37.476	616.398	6,16E+05	6,72E+06
16	108.212	64.927	43.285	39.350	647.218	6,47E+05	7,37E+06
17	113.623	68.174	45.449	41.317	679.579	6,80E+05	8,04E+06
18	119.304	71.582	47.722	43.383	713.558	7,14E+05	8,76E+06
19	125.269	75.162	50.108	45.552	749.236	7,49E+05	9,51E+06
20	131.533	78.920	52.613	47.830	786.698	7,87E+05	<b>1,03E+07</b>

Para o presente projeto, em virtude das incertezas relativas aos dados de tráfego, o Projeto adota o Número N obtido conforme Tabela 5, considerando 20 anos tendo em vista a rua Artur Poffo ser estratégica no planejamento urbano do município.

### 3.3 – Subleito (CBR de Projeto)

Os Estudos Geotécnicos consubstanciaram-se em coletas de amostras deformadas e ensaios “in situ”, visando identificar o comportamento de campo e a respectiva condição de laboratório, teoricamente com o material submetido ao controle normativo para melhor condicionamento e desempenho.

Foram realizados 6 (seis) furos de sondagem a trado, obtendo-se amostras que foram submetidas a ensaios de caracterização, compactação e CBR.

Para o material in natura, correspondente ao leito natural que serve de rolamento ao tráfego atual, foram realizados ensaios de densidade ‘in situ’, umidade natural e CBR/expansão “in situ”.

Em linhas gerais o que se observou foi que o material in natura é constituído de solo essencialmente arenoso. No primeiro quilometro da rua tem-se um solo constituído de areia grossa, justamente na região de baixada. No segundo quilometro o solo predominante engloba argila arenosa com pedregulhos. Na porção intermediária da rua, entre 2 e 3 kms, a predominância é de um solo argilo-arenoso. No segmento final da rua o solo existente é constituído de areia grossa na camada inicial (entre 0 e 0,4 m de profundidade), passando para areia argilosa na camada subjacente.

Em linhas gerais chama bastante atenção as diferenças de comportamento do material “in situ” em relação ao mesmo material adequadamente preparado e submetido a ensaios de laboratório. O que se verifica é que o material in natura se encontra bem consolidado, respondendo melhor aos ensaios do que em laboratório, conforme pode ser observado nas Tabelas 6 e 7 a seguir.

**Tabela 6 – Resultados de Ensaios de Compactação “in situ” e em laboratório**

FURO	Identificação		Compactação						OBSERVAÇÕES
			$P_{d\max}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_{d\max}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$W_{ot}$ (%)	$P_{campo}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$W_{campo}$ (%)	GC	
	Referência	Estaca							
ST-01	Rua Artur Poffo	234+18,78	1,946	19,084	9,1	2,194	5,600	112,744%	Areia Grossa/Areia Argilosa
ST-02	Rua Artur Poffo	195+14,16	1,866	18,299	10,7	2,287	5,000	122,562%	Areia Grossa/Areia Argilosa
ST-03	Rua Artur Poffo	156+13,04	1,725	16,916	14,7	2,299	11,600	133,275%	Argila Arenosa
ST-04	Rua Artur Poffo	106+17,67	1,738	17,044	14,3	2,089	6,500	120,196%	Argila Arenosa
ST-05	Rua Artur Poffo	64+3,06	1,874	18,378	9,2	2,443	5,500	130,363%	Argila Arenosa c/ pedregulho
ST-06	Rua Artur Poffo	5+17,87	1,785	17,505	14,5	2,460	6,400	137,815%	Areia Grossa

**Tabela 7 – Resultados de Ensaios de CBR/Expansão “in situ” e em laboratório**

FURO	Identificação		CBR <sub>lab</sub> (%)	CBR <sub>campo</sub> (%)	Expansão laboratório (%)	Expansão campo (%)	OBSERVAÇÕES
ST-01	Rua Artur Poffo	234+18,78	28,70	30,90	0,00	0,00	Areia Grossa (0 a 0,45m)
			15,50		0,20		Areia Argilosa (0,45 a 0,95m)
ST-02	Rua Artur Poffo	195+14,16	22,80	24,90	0,00	0,00	Areia Grossa (0 a 0,37m)
			11,60		0,26		Areia Argilosa (0,37 a 0,80m)
ST-03	Rua Artur Poffo	156+13,04	8,10	10,60	1,22	1,26	Argila arenosa
ST-04	Rua Artur Poffo	106+17,67	8,50	9,60	1,27	1,33	Argila arenosa
ST-05	Rua Artur Poffo	64+3,06	12,30	15,40	0,12	0,10	Argila arenosa c/ pedregulho
ST-06	Rua Artur Poffo	5+17,87	10,00	12,40	0,31	0,24	Areia Grossa

Esta redução dos parâmetros geotécnicos da condição de campo para a condição de laboratório encontra justificativa nas seguintes situações:

- O material submetido a ensaios de laboratório corresponde a fração moldável nos cilindros de ensaio. Ou seja, a fração graúda, correspondente aos pedregulhos, é bastante reduzida nos ensaios de laboratório, representando muito mais a capacidade do solo e não do conjunto solo envolto a pedregulhos. Entretanto, na prática esta condição não é verdadeira na medida em que a fração pedregulhosa atinge praticamente 50% em peso.
- Outro fator influente é a própria compactação a que já foi submetido o material de campo, correspondente ao tráfego atuante desde sua implantação e que lhe conferiu uma condição de rigidez e estabilidade na envoltória solo-pedregulho não possível de reconstituição na moldagem de laboratório.

Tais situações explicam o porquê da condição de densidade de campo ser bem superior a densidade de laboratório e também os maiores valores de CBR na condição de campo.

A baixa umidade de campo, por sua vez, representando-se bem abaixo da umidade ótima, além de justificar a maior rigidez em campo também demonstra que o material não está submetido a condições de saturação, o que auxilia na definição dos dispositivos de drenagem superficial e profunda a adotar no projeto de drenagem.

Por estas razões, o Projeto recomenda o aproveitamento do leito natural como subleito da estrutura de pavimentação, cuja densidade de campo supera em muito a densidade obtida em laboratório. Todavia, para efeito de dimensionamento é adotado os valores de suporte obtidos em laboratório.

Aplicando-se os critérios estatísticos para definição do CBR de projeto, obtêm-se os seguintes resultados para os valores obtidos com o material “in situ”:

Número de Amostras (N) – 8

CBR<sub>médio</sub> (CBR<sub>m</sub>) – 14,7%

Desvio Padrão (Sd) – 7,38%

CBR<sub>projeto</sub> (CBR<sub>p</sub>) – 6,3%

Sendo:

$$CBR_p = CBR_m - (1,29 \times Sd / N)$$

#### 4 – Descrição das Metodologias Empregadas no Dimensionamento da Estrutura do Pavimento

##### 4.1 - Pavimento Flexível

##### 4.1.1 - Método DNER/79

O Método do DNER/79, que está baseado no trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume”, de autoria de W.J. Turnbull, C.R. Foster e R.G. Ahlvin, do Corpo de Engenheiros dos E.E.U.U. e conclusões obtidas na Pista Experimental da AASHTO, apoia-se em metodologia para conceituação e obtenção dos parâmetros envolvidos, conforme recomendações e/ou orientações contidas no Manual de Projeto de Engenharia Rodoviária do DNER.

##### 4.1.1.1 - Parâmetros envolvidos

##### a) Índice de suporte

É utilizado no dimensionamento o ISC (ou CBR), sem preocupação de corrigí-lo em função do Índice de Grupo dos materiais representativos do subleito. O valor do CBR usado para o dimensionamento do pavimento é obtido através dos estudos geotécnicos.

##### b) Fator climático regional

O coeficiente FR = fator climático regional, que objetiva levar em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as várias estações do ano (o que se traduz pela variação de capacidade de suporte dos materiais), é tomado igual a 1 (FR = 1), conforme recomendações sugeridas pelo Manual de Pavimentação, baseadas nas pesquisas do IPR/DNER.

##### c) Coeficiente de equivalência estrutural (K)

Adota-se os seguintes coeficientes estruturais (K) para os diferentes materiais indicados para constituírem a estrutura do pavimento, apresentados na TABELA 8.

**TABELA 8 – Coeficientes de Equivalência Estrutural (K)**

COMPONENTES PAVIMENTO	DO COEFICIENTE K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas Granulares	1,00

Utiliza-se, genericamente, para a designação dos coeficientes estruturais, a simbologia consagrada pelo uso de:

KR = coeficiente estrutural do revestimento betuminoso;

KB = coeficiente estrutural de base;

KS = coeficiente estrutural de sub-base; e,

KRef = coeficiente estrutural do reforço do subleito.

*d) Número de solicitações do eixo padrão –  $N_{8,2t}$*

Refere-se ao número de solicitações do eixo simples de roda dupla com 8,2 t ao longo do período de projeto. Este valor é obtido mediante estudos de tráfego.

*e) Espessura mínima de revestimento betuminoso*

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é de vital importância na “performance” do pavimento, quanto à sua duração em termos do período de projeto.

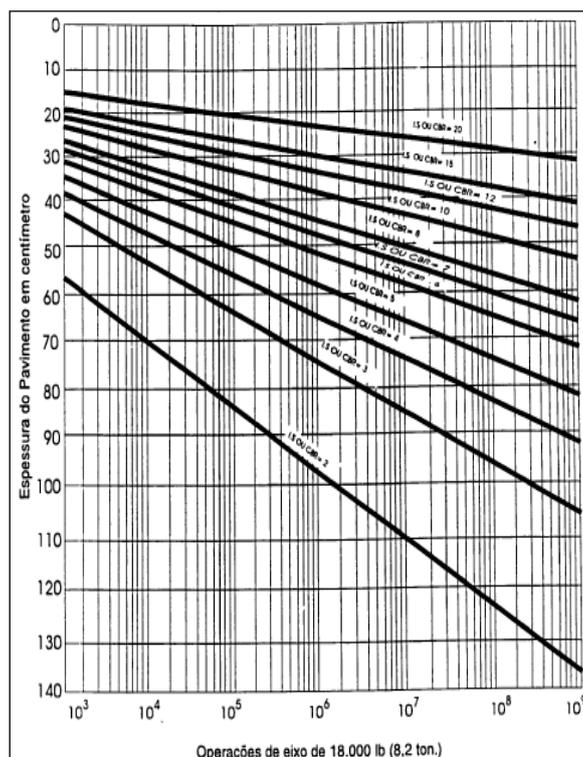
Os valores apresentados na TABELA 9 correspondem aos geralmente aceitos, resultado dos estudos e observações do IPR, e aplicam-se, especialmente, para bases de comportamento puramente granular.

**TABELA 9** – Espessura mínima de revestimento betuminoso em função do  $N_{8,2t}$ .

N	ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO
$N \leq 10^6$	Tratamento superficial betuminoso
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso com 5cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto asfáltico com 7,5cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto asfáltico com 10cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto asfáltico com 12,5cm de espessura

*4.1.1.2 - Método de dimensionamento*

O Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do Eng. Murilo Lopes de Souza, adotado pelo DNER, vale-se de gráfico com auxílio do qual se obtém a espessura total do pavimento, em função de  $N_{8,2t}$  e do ISC, apresentado na FIGURA 1. Tal espessura total, obtida na FIGURA 1, refere-se à espessura em termos de  $K = 1,00$ , ou seja, de camada granular. Para outros constituintes, há que se multiplicá-los pelos respectivos valores de K.



**FIGURA 1**– Espessura total do pavimento em termos de material granular (K=1,0).

Mesmo que o ISC do material de sub-base seja maior que 20%, a espessura do pavimento necessário para protegê-lo é determinada adotando CBR máximo de 20%.

A espessura de base (B), sub-base (h20) e reforço do subleito (hh) são obtidas pela resolução sucessiva das inequações (1), (2) e (3):

- (1)  $RKR + BKB \geq H20$
- (2)  $RKR + BKR + h20 \cdot KSB \geq Hn$
- (3)  $RKR + BKB + h20 \cdot KSB + hn \cdot KRef \geq Hn$

Quando o CBR da sub-base for igual ou maior que 40 e para  $N < 10^6$ , admite-se substituir na inequação (1),  $H_{20}$  por  $0,2 \times H_{20}$ . Para  $N > 10^7$ , na inequação (1),  $H_{20}$  por  $1,2 \times H_{20}$ .

#### 4.1.2 – Método DNER com consideração da resiliência – TECNAPAV

O Método do DNER com a consideração da resiliência no projeto de pavimentos - Revisão 1994, também denominado de método TECNAPAV, é proposto por S. Pinto, E.S. Preussler.

##### 4.1.2.1 - Parâmetros envolvidos

###### a) Cálculo da deflexão de projeto

A deflexão elástica de projeto deve satisfazer a condição:

$$d_p \leq \bar{d}$$

A deflexão admissível é calculada em função do número de repetições da carga equivalente ao eixo padrão de 8,2t. É dada pela seguinte equação:

$$\log. \bar{d} = 3,148 - 0,188 \log N$$

onde:

$\bar{d}$  = deflexão admissível de projeto (0,01 mm); e,

N = número de repetições equivalentes ao eixo padrão de 8,2t, calculado com os coeficientes USACE.

###### b) Classificação de solos do subleito quanto à resiliência

Os solos finos coesivos que com frequência encontram-se em subleitos ou em camadas de reforço de subleito, são classificados em tipos I, II e III, de acordo com os parâmetros de resiliência determinados em ensaios triaxiais dinâmicos.

Quando não se dispõe de dados dos ensaios triaxiais, pode-se classificar o tipo de solo do subleito em função do CBR correspondente e a fração de silte que passa na peneira 200, conforme a TABELA 10.

**TABELA 10** – Classificação dos solos quanto à resiliência

S (%) ISC (%)	≤ 35	36 a 65	> 65
≥ 10	I	II	III
6 a 9	II	II	III
2 a 5	III	III	III

Onde S %, é a porcentagem de silte determinado pela expressão:

$$S = 100 - \frac{P1}{P2} \times 100$$

sendo:

S = teor de silte, em %;

P1 = material com diâmetro inferior a 5 µm, em percentual e;

P2 = material com diâmetro inferior a 75 µm, em percentual.

*c) Determinação da espessura mínima em CBUQ*

A espessura mínima em concreto betuminoso usinado a quente ( $H_{CB}$ ) é determinada por meio da expressão:

$$H_{CB} = \frac{807,961}{dp} + 0,972 I1 + 4,101 I2 - 5,737$$

onde:

$H_{CB}$  = espessura mínima de CBUQ (cm);

dp = deflexão de projeto (0,01 mm); e,

I1 e I2 são constantes vinculadas as características resilientes do material do subleito de acordo com a TABELA 11.

**TABELA 11** – Valores dos parâmetros I1 e I2 dos solos quanto à sua resiliência.

TIPO DO SUBLEITO	I1	I2
TIPO I	0	0
TIPO II	1	0
TIPO III	0	1

*d) Determinação da espessura da camada granular*

A expressão aplicada na determinação de camada granular ( $H_{CG}$ ) é:

$$H_{CG} = Ht - H_{CB} \times V_E$$

onde:

$H_{CG}$  = espessura de camada granular;

$H_t$  = espessura granular determinada pelo Método de Dimensionamento do DNER;

$H_{CB}$  = espessura da camada em CBUQ definida no item anterior; e,

$V_E$  = equivalente estrutural do CBUQ em função do tipo do solo do subleito e do número “N”, conforme valores constantes na TABELA 12.

**TABELA 12** – Valor estrutural do revestimento betuminoso.

TIPO DO SUBLEITO	NÚMERO “N”				
	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>
TIPO I	4,0	4,0	3,4	2,8	2,8
TIPO II	3,0	3,0	3,0	2,8	2,8
TIPO III	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

O valor de  $H_{CG}$  deve ser igual ou inferior à 0,35m.

Para fins de espessura, as camadas granulares (base, sub-base e reforço do subleito), devem possuir 35%, ou menos, em massa passando na peneira com abertura de 75  $\mu$ m (no. 200).

*e) Espessura das camadas de sub-base e de reforço do subleito*

A espessura da camada de sub-base ou de reforço do subleito pode ser determinada pela expressão:

$$HR = \frac{Ht1 - Ht2}{0,70}$$

onde:

HR = espessura da camada de sub-base ou de reforço do subleito;

Ht1 = espessura granular correspondente ao ISC do subleito; e,

Ht2 = espessura granular correspondente ao ISC da sub-base ou do reforço do subleito.

f) *Espessura de camadas integradas de CBUQ / PMQ*

Para o caso de utilização no revestimento de camadas integradas por CBUQ e PMQ (pré-misturados a quente) podem ser aplicados um dos seguintes procedimentos:

- procedimento experimental, com aplicação dos coeficientes de equivalência estrutural K ou,
- procedimento analítico de igualdade de deformação elástica com a utilização das expressões:

$$HPM = \frac{HCB - HCA}{\mu^{1/3}}$$

$$\mu = \frac{MPM}{MCA}$$

Onde:

HCB = espessura do revestimento em CBUQ;  
HCA = espessura da camada superficial e camada ligante;  
HPM = espessura de pré-misturado e,  
MPM, MCA = módulos de resiliência.

É recomendada a utilização dos seguintes valores e expressão:

- MCA = 30.000 a 40.000 kgf/cm<sup>2</sup>;
- MPM = 20.000 a 25.0000 kgf/cm<sup>2</sup>;
- HPM > HCA e,
- HPM  $\cong$  1,4 a 1,6 HCA.

## 5 – Dimensionamento do Pavimento

### 5.1 - Pavimento Flexível

#### 5.1.1 - Método DNER/79

O dimensionamento foi desenvolvido conforme descrição da metodologia no item 4.1.1. Os parâmetros adotados para o dimensionamento foram os seguintes:

- ⇒ **Solicitações do eixo padrão – N = 1,03x10<sup>7</sup>.**
- ⇒ **Índice de Suporte – CBRp = 6,3% (Leito Natural Existente)**
- ⇒ **Resultados do dimensionamento**

A estrutura do pavimento, a partir dos parâmetros adotados, ficou constituída conforme os resultados apresentados na TABELA 13.

**TABELA 13** – Resultados do dimensionamento – Método DNER/79.

ESTRUTURA		ESPESSURAS
Utilização	Material	(cm)
Revestimento	CBUQ	7,5
Base	Brita Graduada	20,0
Sub-base	Rachão	22,0

### 5.1.2 - Método DNER com consideração da resiliência – Revisão/94 - TECNAPAV

O dimensionamento foi desenvolvido conforme descrição da metodologia no item 4.1.2. Os parâmetros adotados para o dimensionamento foram os seguintes:

⇒ **Solicitações do eixo padrão –  $N = 1,03 \times 10^7$ .**

⇒ **Deflexão de projeto –  $D_p = 67,5 \times 10^{-2}$  mm**

⇒ **Índice de Suporte –  $CBR_p = 6,3\%$**

⇒ **Parâmetros resilientes do subleito**

Assumiu-se um subleito com características resilientes que o enquadrem na classificação tipo II (grau de resiliência intermediário).

⇒ **Valor estrutural da camada betuminosa (VE)**

Para  $N = 1,03 \times 10^7$  adotou-se o valor estrutural de 2,8.

⇒ **Resultados do dimensionamento**

A estrutura do pavimento, a partir dos parâmetros adotados, ficou constituída conforme os resultados apresentados na TABELA 14.

**TABELA 14** – Resultados do dimensionamento – Método DNER - TECNAPAV

ESTRUTURA		ESPESSURAS (cm)
Utilização	Material	
Revestimento	CBUQ	7,5
Base	Brita Graduada	18,0
Sub-base	Rachão	18,0

## 6 – Solução Adotada para a Pavimentação

O esquema da seção transversal conforme dimensionamento pelo Método DNER – Revisão 94, com consideração da resiliência, conforme item 5.1.2, define uma camada intermediária granular total de 36 cm, que pode ser dividida em camada de base de brita graduada com 18 cm e camada de sub-base granular de 18 cm, e uma camada de CBUQ com 7,5cm de espessura como revestimento.

O esquema da seção transversal conforme dimensionamento pelo Método DNER – Revisão 79, conforme item 5.1.1, define uma camada intermediária granular total de 42 cm, que pode ser dividida em camada de base de brita graduada com 20 cm e camada de sub-base granular de 22 cm, e uma camada de CBUQ com 7,5cm de espessura como revestimento.

Resultados do dimensionamento – Método DNER/79.



É opção da contratante do projeto aplicar o resultado do método DNER/79, frente ao histórico de problemas com o solo na região, garantindo assim a segurança e durabilidade necessária de uma via estratégica no planejamento do tráfego do Município.

Seguindo diretrizes de projeto estabelecidas pela contratante, a ciclovia foi posicionada sobre o reaterro da calçada, dividindo o espaço em ciclovia e passeio, e o revestimento será de paver. Como não será permitido o uso de veículos na ciclovia, o tráfego existente será exclusivo para bicicletas. Nesta condição, não há necessidade de camadas intermediárias robustas e um revestimento com material nobre (Concreto asfáltico usinado a quente).

Entretanto, para melhor acomodação do paver que será utilizado na ciclovia, o Projeto recomenda o preparo adequado de uma camada de base em brita graduada, na espessura de 10 cm, seguida de areia de assentamento, na espessura de 3 cm, convenientemente compactados, a fim de assegurar o nivelamento da pista tanto no sentido longitudinal, como transversal.

## 8 – Indicações Construtivas

O pavimento deverá ser construído em conformidade com as normas rodoviárias adotadas por organismos de operação de rodovias. Recomenda-se a observância às Especificações Gerais para Obras Rodoviárias do DNIT ou de Departamentos Estaduais.

O Projeto recomenda que devam ser atendidas as Especificações Gerais de Obras Rodoviárias do DNIT, para os serviços de Pavimentação. Em caso de conflito entre Especificações, devem ser observadas as Normas da ABNT, que se sobressaem às demais.

Tanto a Camada de Base, como a de CBUQ, devem ter o Projeto (Traço) da Mistura previamente apresentado à Fiscalização da Obra, pelo construtor, e deverão atender as Especificações vigentes destes materiais, de modo a ser aprovada. Após a aprovação é que devem ter início os serviços de pavimentação.

O leito natural existente, que servirá como camada final de terraplenagem (subleito), deve ser regularizado a fim de evitar irregularidades transversais ou longitudinais, bem como nivelado em conformidade com as cotas indicadas no Projeto. Não esquecer que o caimento transversal deve ser dado já a partir da terraplenagem, devendo a camada final de terraplenagem, estar, além de devidamente desempenada e regularizada, com a inclinação transversal e longitudinal prevista no Projeto Geométrico.

Após a regularização deve ser espalhada a camada de base (ver Especificação de Serviço correspondente). A liberação da deverá ser efetuada a partir das verificações de controle tecnológico previstas na referida Especificação de Serviço.

Para a camada de Concreto Betuminoso Usinado à Quente – CBUQ, recomenda-se a adoção da faixa granulométrica definida por Faixa C na Especificação **DNIT 031/2006-ES - Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico**.

Para os demais serviços são indicadas as seguintes Especificações Rodoviárias:

Camada de Base de Brita Graduada – Especificação DNIT 141/2010-ES  
Regularização do Subleito – Especificação de Serviço DNIT 137/2010-ES  
Imprimação - Especificação de Serviço DNIT 144/2010-ES  
Pintura de Ligação - Especificação de Serviço DNIT 145/2010-ES

## **8.1 – Controle Tecnológico e Laudo Técnico**

### **8.1.1 – Controle Tecnológico**

É de extrema importância para a aceitação dos serviços a correta execução do Controle Tecnológico dos serviços previstos neste Memorial de Pavimentação.

Conforme constante das Especificações Gerais do DNIT, dispostas ao fim deste capítulo, chama-se atenção para a observância do seguinte plano de controle tecnológico:

Para os serviços de Regularização da camada do Subleito:

Os materiais utilizados na execução da regularização do subleito devem ser rotineiramente examinados mediante a execução dos seguintes procedimentos:

- a) Ensaios de caracterização do material espalhado na pista, em locais escolhidos aleatoriamente. Deve ser coletada uma amostra, para cada 200 m de pista ou por jornada diária de trabalho. A frequência destes ensaios pode ser reduzida, a critério da Fiscalização, para uma amostra por segmento de 400 m de extensão, no caso de materiais homogêneos.
- b) Ensaios de compactação pelo método DNER-ME 129/94, para o material coletado na pista, em locais escolhidos aleatoriamente. Deve ser coletada uma amostra para cada 200 m de pista ou jornada diária de trabalho. A frequência destes ensaios pode ser reduzida a critério da Fiscalização, para uma amostra por segmento de 400 m de extensão, no caso de materiais homogêneos.
- c) Ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Expansão, pelo método DNER-ME 049/94, com energia de compactação, para o material coletado na pista, a cada 400 m em locais escolhidos aleatoriamente, onde foram retiradas amostras para o ensaio de compactação. A frequência destes ensaios pode ser reduzida, a critério da Fiscalização, para uma amostra a cada 800 m de extensão, no caso de materiais homogêneos.
- d) A frequência indicada para a execução de ensaios é a mínima aceitável. Para pistas de extensão limitada, com área de até 4.000 m<sup>2</sup>, devem ser coletadas pelo menos 5 amostras, para execução do controle dos insumos.

Na pista, o controle da execução da regularização do subleito deve ser exercido mediante a coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória, de acordo com o Plano de Amostragem Variável constante da Especificação DNIT 137/2010-ES. Devem ser efetuados as seguintes determinações e ensaios:

- a) Ensaio de umidade higroscópica do material, imediatamente antes da compactação, para cada 100 m de pista a ser compactada, em locais escolhidos aleatoriamente (método DNER-ME 052/94 ou DNER-ME 088/94). A tolerância admitida para a umidade higroscópica deve ser de  $\pm 2\%$  em relação à umidade ótima.
- b) Ensaio de massa específica aparente seca “in situ”, determinada pelos métodos DNER-ME 092/94 ou DNER-ME 036/94, em locais escolhidos aleatoriamente. Para pistas de extensão limitada, com volumes de, no máximo, 1.250 m<sup>3</sup> de material, devem ser feitas, pelo menos, cinco determinações para o cálculo de grau de compactação (GC).
- c) Os cálculos de grau de compactação devem ser realizados utilizando-se os valores da massa específica aparente seca máxima obtida no laboratório e da massa específica aparente seca “in situ” obtida na pista. Não devem ser aceitos valores de grau de compactação inferiores a 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida no laboratório.

Para a Camada de Base de Brita Graduada:

Os materiais utilizados na execução da base devem ser rotineiramente examinados, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

- a) Ensaios de caracterização e de equivalente de areia do material espalhado na pista pelos métodos DNER-ME 054/97, DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94, DNER-ME 122/94, em locais escolhidos aleatoriamente. Deve ser coletada uma amostra por camada para cada 200 m de pista, ou por jornada diária de trabalho. A frequência destes ensaios pode ser reduzida para uma amostra por segmento de 400 m de extensão, no caso do emprego de materiais homogêneos, a critério da Fiscalização.

- b) Ensaios de compactação pelo método DNER-ME 129/94, com energia indicada no projeto, com material coletado na pista em locais escolhidos aleatoriamente. Deve ser coletada uma amostra por camada para cada 200 m de pista, ou por jornada diária de trabalho. A frequência destes ensaios pode ser reduzida para uma amostra por segmento de 400 m de extensão, no caso do emprego de materiais homogêneos, a critério da Fiscalização.
- c) No caso da utilização de mistura de solo e material britado, a compactação de projeto deve ser com a energia modificada, de modo a se atingir o máximo da densificação, determinada em trechos experimentais, em condições reais de trabalho no campo.
- d) Ensaios de Índice de Suporte Califórnia - ISC e expansão pelo método DNER-ME 049/94, na energia de compactação indicada no projeto para o material coletado na pista, em locais escolhidos aleatoriamente. Deve ser coletada uma amostra por camada para cada 400 m de pista, ou por camada por jornada diária de trabalho. A frequência destes ensaios pode ser reduzida para uma amostra por segmento de 400 m de extensão, no caso do emprego de materiais homogêneos, a critério da Fiscalização.
- e) A frequência indicada para a execução de ensaios é a mínima aceitável.
- f) Para pistas de extensão limitada, com área de até 4.000 m<sup>2</sup>, devem ser coletadas pelo menos 5 amostras, para execução do controle dos insumos.

O controle da execução da base estabilizada granulometricamente na pista deve ser exercido mediante a coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória, de acordo com o Plano de Amostragem Variável constante da Especificação Geral DNIT 141/2010-ES. Devem ser efetuadas as seguintes determinações e ensaios:

- a) Ensaio de teor de umidade do material, imediatamente antes da compactação, por camada, para cada 100 m de pista a ser compactada, em locais escolhidos aleatoriamente (métodos DNER-ME 052/94 ou DNER-ME 088/94). A tolerância admitida para o teor de umidade deve ser de 2 pontos percentuais em relação à umidade ótima.
- b) Ensaio de massa específica aparente seca “in situ” para cada 100 m de pista, por camada, determinada pelos métodos DNER-ME 092/94 ou DNER-ME 036/94, em locais escolhidos aleatoriamente. Para pistas de extensão limitada, com áreas de no máximo 4.000 m<sup>2</sup>, devem ser feitas pelo menos cinco determinações por camada, para o cálculo do grau de compactação (GC).
- c) Os cálculos do grau de compactação devem ser realizados utilizando-se os valores da massa específica aparente seca máxima obtida no laboratório e da massa específica aparente seca “in situ”, obtida na pista. Não devem ser aceitos valores de grau de compactação inferiores a 100%.

Após a execução da base, deve-se proceder ao controle geométrico, mediante a relocação e nivelamento do eixo e bordas, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

- a)  $\pm 10$  cm, quanto à largura da plataforma;
- b) Até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- c)  $\pm 10\%$ , quanto à espessura da camada indicada no projeto.

Para a camada de Concreto Asfáltico Usinado à Quente:

Inicialmente, sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, ou no caso de ter havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra, etc., deve ser feita uma pintura de ligação.

A temperatura do cimento asfáltico empregado na mistura deve ser determinada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta uma viscosidade situada dentro da faixa de 75 a 150 SSF, “Saybolt-Furol” (DNER-ME 004), indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 75 a 95 SSF. A temperatura do ligante não deve ser inferior a 107°C, nem exceder a 177°C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 10°C a 15°C acima da temperatura do ligante asfáltico, sem ultrapassar 177°C.

Todos os materiais utilizados na fabricação de Concreto Asfáltico (Insumos) devem ser examinados em laboratório, obedecendo a metodologia indicada nas Especificações do DNIT, e satisfazer às especificações em vigor.

O controle da qualidade do cimento asfáltico consta do seguinte:

- 01 ensaio de penetração a 25°C (DNER-ME 003), para todo carregamento que chegar à obra; 01 ensaio do ponto de fulgor, para todo carregamento que chegar à obra (DNER-ME 148);
- 01 índice de susceptibilidade térmica para cada 100t, determinado pelos ensaios DNER-ME 003 e NBR 6560;
- 01 ensaio de espuma, para todo carregamento que chegar à obra;
- 01 ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (DNER-ME 004), para todo carregamento que chegar à obra;
- 01 ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (DNER-ME 004) a diferentes temperaturas, para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura, para cada 100t.

O controle da qualidade dos agregados consta do seguinte:

a) Ensaio eventuais

Somente quando houver dúvidas ou variações quanto à origem e natureza dos materiais.

- Ensaio de desgaste Los Angeles (DNER-ME 035);
- Ensaio de adesividade (DNER-ME 078 e DNER-ME 079). Se o concreto asfáltico contiver dope também devem ser executados os ensaios de RTFOT (ASTM D-2872) ou ECA (ASTM-D-1754) e de degradação produzida pela umidade (AASHTO-283/89 e DNER-ME 138);
- Ensaio de índice de forma do agregado graúdo (DNER-ME 086);

b) Ensaio de rotina

- 02 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 083);
- 01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 054);
- 01 ensaio de granulometria do material de enchimento (filer), por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 083).

O controle da produção (Execução) do Concreto Asfáltico deve ser exercido através de coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória de acordo com o Plano de Amostragem Aleatória constante da Especificação Geral DNIT 031/2006-ES.

O controle da usinagem do concreto asfáltico deve conter:

a) Controles da quantidade de ligante na mistura

Devem ser efetuadas extrações de asfalto, de amostras coletadas na pista, logo após a passagem da acabadora (DNER-ME 053). A porcentagem de ligante na mistura deve respeitar os limites estabelecidos no projeto da mistura, devendo-se observar a tolerância máxima de  $\pm 0,3$ . Deve ser executada uma determinação, no mínimo a cada 700m<sup>2</sup> de pista.

b) Controle da graduação da mistura de agregados

Deve ser procedido o ensaio de granulometria (DNER-ME 083) da mistura dos agregados resultantes das extrações citadas na alínea "a". A curva granulométrica deve manter-se contínua, enquadrando-se dentro das tolerâncias especificadas no projeto da mistura.

c) Controle de temperatura

São efetuadas medidas de temperatura, durante a jornada de 8 horas de trabalho, em cada um dos itens abaixo discriminados:

- do agregado, no silo quente da usina;
- do ligante, na usina;
- da mistura, no momento da saída do misturador.

As temperaturas podem apresentar variações de  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  das especificadas no projeto da mistura.

d) Controle das características da mistura

Devem ser realizados ensaios Marshall em três corpos-de-prova de cada mistura por jornada de oito horas de trabalho (DNERME 043) e também o ensaio de tração por compressão diametral a  $25^{\circ}\text{C}$  (DNER-ME 138), em material coletado após a passagem da acabadora. Os corpos-deprova devem ser moldados in loco, imediatamente antes do início da compactação da massa. Os valores de estabilidade, e da resistência à tração por compressão diametral devem satisfazer ao especificado.

Para o espalhamento e compactação na pista devem ser efetuadas medidas de temperatura durante o espalhamento da massa imediatamente antes de iniciada a compactação. Estas temperaturas devem ser as indicadas, com uma tolerância de  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

O controle do grau de compactação - GC da mistura asfáltica deve ser feito, medindo-se a densidade aparente de corpos-de-prova extraídos da mistura espalhada e compactada na pista, por meio de brocas rotativas e comparando-se os valores obtidos com os resultados da densidade aparente de projeto da mistura.

Devem ser realizadas determinações em locais escolhidos, aleatoriamente, durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos GC inferiores a 97% ou superiores a 101%, em relação à massa específica aparente do projeto da mistura.

A verificação final da qualidade do revestimento de Concreto Asfáltico (Produto) deve ser exercida através das seguintes determinações:

a) Espessura da camada

Deve ser medida por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos; antes e depois do espalhamento e compactação da mistura. Admite-se a variação de  $\pm 5\%$  em relação às espessuras de projeto.

b) Alinhamentos

A verificação do eixo e dos bordos deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. Os desvios verificados não devem exceder  $\pm 5\text{cm}$ .

c) Acabamento da superfície

Durante a execução deve ser feito em cada estaca da locação o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00m e outra de 1,20m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5cm, quando verificada com qualquer das réguas. O acabamento longitudinal da superfície deve ser verificado por aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta devidamente calibrados (DNER-PRO 164 e DNER-PRO 182) ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. Neste caso o Quociente de Irregularidade – QI deve apresentar valor inferior ou igual a 35 contagens/km ( $\text{IRI} \leq 2,7$ ).

d) Condições de segurança

O revestimento de concreto asfáltico acabado deve apresentar Valores de Resistência à Derrapagem -  $\text{VDR} \geq 45$  quando medido com o Pêndulo Britânico (ASTM-E 303) e Altura de Areia -  $1,20\text{mm} \geq \text{HS} \geq 0,60\text{mm}$  (NF P-98-216-7). Os ensaios de controle são realizados em segmentos escolhidos de maneira aleatória, na forma definida pelo Plano da Qualidade, conforme explanado a seguir.

### 8.1.2 – Laudo Técnico

Antes de iniciar os serviços, o Construtor deve apresentar à Fiscalização do contratante, o Plano de Qualidade da obra, documento que demonstrará a rotina de ensaios e os resultados que se objetiva alcançar, acompanhado de Declaração de que serviços entregues em não conformidade com as Especificações dispostas no Memorial de Pavimentação, não serão objeto de medição e serão refeitos sem ônus ao Contratante.

A partir do início dos serviços de pavimentação, o construtor deverá apresentar ao contratante, previamente à medição dos serviços, Laudo Técnico que ateste a execução dos controles tecnológicos de cada etapa de serviço, onde constem os ensaios realizados, com os respectivos resultados de ensaios, em conformidade com o Plano de Qualidade proposto, o plano de amostragem do DNIT e o recomendado pelas Especificações do DNIT.

Importante destacar que o controle tecnológico não compõem item de serviço, logo não será objeto de medição, devendo o construtor incluí-lo dentro de seus custos administrativos quando da elaboração de sua proposta de preços para execução dos serviços.

O Laudo Técnico, produzido a cada medição, será compilado em um Relatório Global e enviado à Caixa Econômica Federal por ocasião do último boletim de medição.