



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

MEMORIA DE CÁLCULO E PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

OBRA : *PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DE RUAS*
LOCAL : *SERRA CAIADA/RN*



Obra: Pavimentação Asfáltica

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NESTE MUNICÍPIO

01 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Método adotado pelo DNER e de autoria do Eng. Murilo Lopes de Souza

O pavimento é dimensionado em função de duas variantes:

- O volume do tráfego
- A capacidade de suporte dos materiais

1.1 – Tráfego

É dimensionado em função do **número equivalente de operações do eixo padrão durante o período de projeto da rodovia**. Esse resultado, conhecido como número **N**, corresponde à quantidade de repetições equivalentes de um eixo simples tomado como padrão, e de carga igual a 8,2 toneladas ou 18000 libras. Na prática isto corresponde a se transformar todos ou eixos trafegados na rodovia, durante todo seu período de vida útil, em eixos equivalentes a um eixo padrão e de carga predefinida.

$$N = V_t \times (FV \times FR)$$

Onde:



Obra: Pavimentação Asfáltica

V_t = Volume total de tráfego em um sentido, durante o período de projeto.

$$V_t = 365 \times P \times V_m$$

Onde:

P = período de projeto em anos

V_m = Volume médio diário de tráfego num sentido, durante o período de projeto.

Para um crescimento anual linear ou em progressão aritmética

$$V_m = \frac{V_1 \left(2 + P \times \frac{t}{100} \right)}{2}$$

Para um crescimento anual não linear ou em progressão geométrica

$$V_m = \frac{V_1 \left[\left(1 + \frac{t}{100} \right)^P - 1 \right]}{P \times \frac{t}{100}}$$

Onde:



Obra: Pavimentação Asfáltica

V_1 = Volume médio diário de tráfego num sentido, no ano da inauguração da rodovia

t = Taxa de crescimento anual

FV = Fator de Veículos, isto é, um número que multiplicado pelo número de veículos que operam na rodovia, dá o número equivalente de eixo padrão.

Para determiná-lo é necessário conhecer a composição do tráfego.

$$FV = FE \times FC \text{ onde:}$$

FV = Fator de Eixos, isto é, um coeficiente que multiplicado pelo número de veículos que circulam, dá o número de eixos correspondentes.

$$FE = \frac{n}{V_1} \text{ (Eixo / Veículo) onde:}$$

$$n = (v_2 \times 2) + (v_3 \times 3) + (v_x \times x)$$

$$v_t = v_2 + v_3 + v_x \text{ onde:}$$

n = número total de eixos

v_i = quantidade de veículos que circulam na rodovia

v_1 , v_2 e v_x são as quantidades de veículos com 2,3 e x eixos



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

FC = Fator de Carga, isto é, um coeficiente que multiplicado pelo número de eixos, dá o número de eixos correspondentes ao eixo padrão.

	1	2	3	4
Eixo Simples (ton.)	%		Fator de Equivalência	Equivalência de Operações
< 5				
5				
7				
9				
11				
13				
Eixos em tandem				
19				
			Total	

Tabela 1

- Os valores das colunas 1 e 2 da tabela 1, são resultado da contagem de tráfego.
- Os valores da coluna 3 são obtidos através dos figura 1 e 2 em anexo.



Obra: Pavimentação Asfáltica

- Os valores da coluna 4 são os produtos da coluna 2 pelos da coluna 3
- O somatório dos valores da coluna 4 representa o produto 100 x FC, ou:

$$FC = \frac{\sum \text{Equivalência de operações}}{100}$$

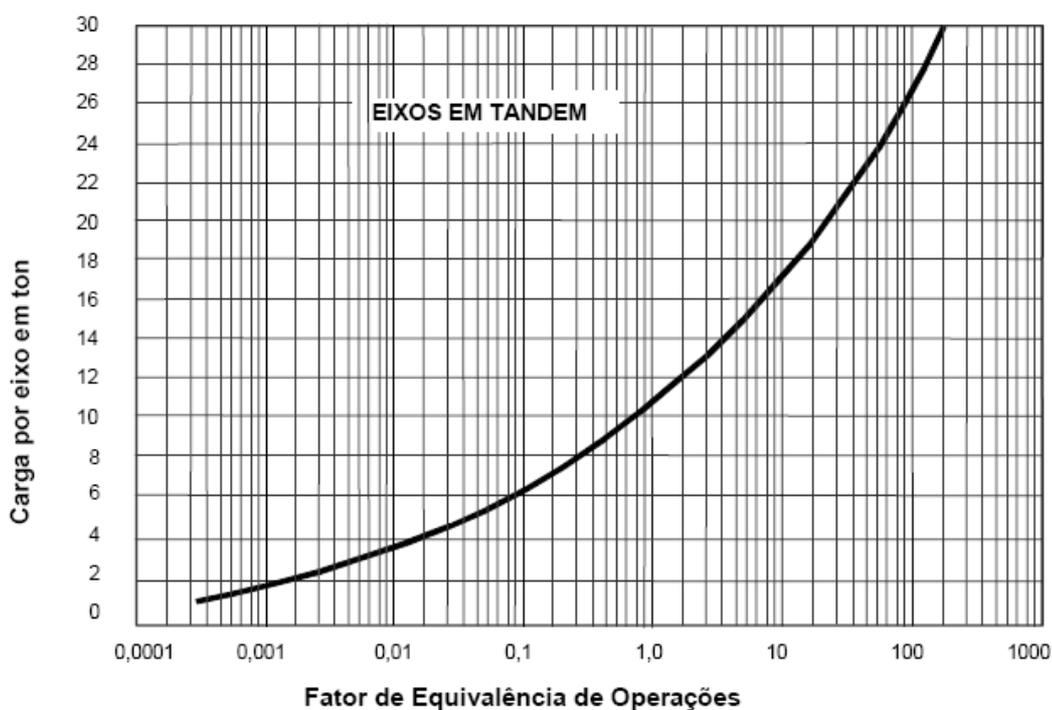


Fig. 1 - Fator de Equivalência de Operações (Eixo Tandem) - Método do DNER (adaptado)

Obra: Pavimentação Asfáltica

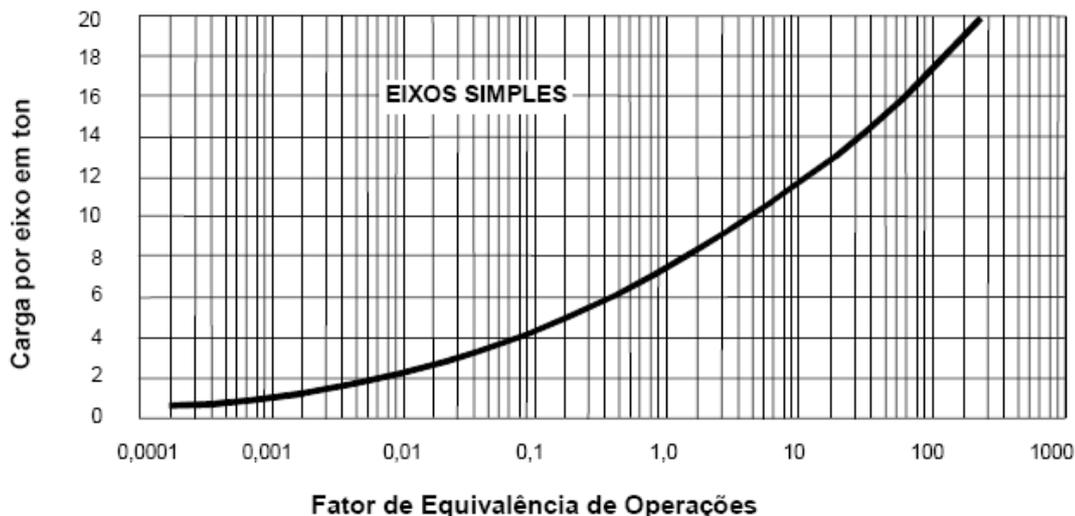


Fig. 2 - Fator de Equivalência de Operações (Eixo Simples) - Método do DNER (adaptado)

FR = Fator Climatológico Regional, isto é, um número que leva em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano, o que se traduz em variações de capacidade de suporte desses materiais.

Altura média anual de chuva (mm)	Fator climatológico regional (FR)
Até 800	0,7
De 800 a 1500	1,4
Mais de 1500	1,8

Tabela 2

Espessura mínima de revestimento betuminoso – Em função do número equivalente (N) de operação de eixo padrão durante o período de projeto, são as seguintes espessuras mínimas de revestimento betuminoso recomendadas.



Obra: Pavimentação Asfáltica

N	R mínimo (cm)
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Pré misturado, Macadame betuminado ou AAUQ com 5,0 cm
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto asfáltico com 5,0 cm
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto asfáltico com 7,5 cm
$N > 5 \times 10^7$	Concreto asfáltico com 10,0 cm

Tabela 3

1.2 – Capacidade de suporte dos materiais

A capacidade de suporte do sub-leito e dos materiais granulares que compõem as diversas camadas do pavimento, é feita pelo valor do CBR de cada camada, ou pelo índice de suporte (IS), quando se desejar uma segurança maior no dimensionamento, como veremos a seguir:

Conceito de Índice de suporte (IS) – Chama-se Índice de suporte a um valor numérico, baseado no CBR e no Índice de grupo (IG) de uma amostra de solo, e que irá determinar a capacidade de suporte daquele material.

$$IS = \frac{CBR + IS_{IG}}{2} \quad \text{onde:}$$



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

CBR = índice de Suporte Califórnia (Califórnia Bearing Ratio)

IS_{IG} = Índice de suporte em função do índice de grupo (tabela 3)

Conceito de Índice de grupo (IG) – chama-se índice de grupo a um valor numérico, variando de 0 a 20, que retrata o duplo aspecto de plasticidade e graduação das partículas do solo.

$$IG = 0,2a + 0,055ac + 0,01bd \quad \text{onde:}$$

$$a = \% \text{ material que passa na peneira 200, menos } 35 \left\{ \begin{array}{l} \text{Se } \% > 75, \text{ adotar } 75 \\ \text{Se } \% < 35, \text{ adotar } 35 \\ a \text{ varia de } 0 \text{ a } 40 \end{array} \right.$$

$$b = \% \text{ material que passa na peneira 200, menos } 15 \left\{ \begin{array}{l} \text{Se } \% > 55, \text{ adotar } 55 \\ \text{Se } \% < 15, \text{ adotar } 15 \\ b \text{ varia de } 0 \text{ a } 40 \end{array} \right.$$

$$c = \text{valor do limite de liquides, menos } 40 \left\{ \begin{array}{l} \text{Se } LL > 60, \text{ adotar } 60 \\ \text{Se } LL < 40, \text{ adotar } 40 \\ c \text{ varia de } 0 \text{ a } 20 \end{array} \right.$$

$$d = \text{valor do índice de plasticidade, menos } 10 \left\{ \begin{array}{l} \text{Se } IP > 30, \text{ adotar } 30 \\ \text{Se } IP < 10, \text{ adotar } 10 \end{array} \right.$$



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

d varia de 0 a 20

Índice de Grupo (IG)	Índice de Suporte (IS_{IG})
0	20
1	18
2	15
3	13
4	12
5	10
6	9
7	8
8	7
9 a 10	6
11 a 12	5
13 a 14	4
15 a 17	3
18 a 20	2

Tabela 4

A figura 3 dá a espessura total do pavimento, em função de N e do IS ou CBR (a espessura fornecida por este gráfico é para material granular). Entrando nas abscissas com valor de N, procede-se verticalmente até encontrar a reta representativa

Obra: Pavimentação Asfáltica

da capacidade de suporte (IS ou CBR), em seguida caminha-se horizontalmente até encontrar o eixo das ordenadas, encontra-se a espessura do pavimento.

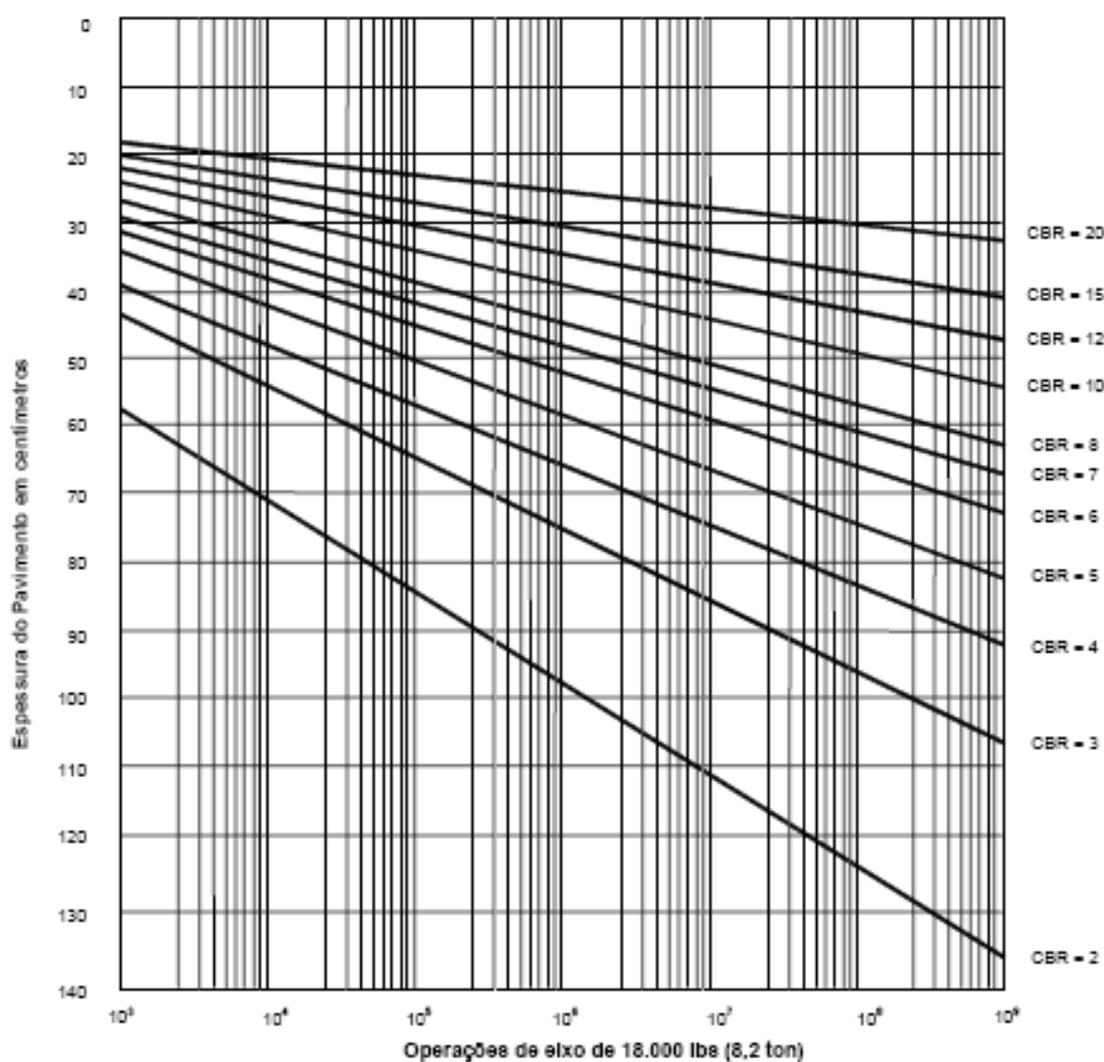


Fig. 3 - Gráfico de Dimensionamento - Método do DNER (adaptado)

Dimensionamento das camadas do pavimento

Obra: Pavimentação Asfáltica

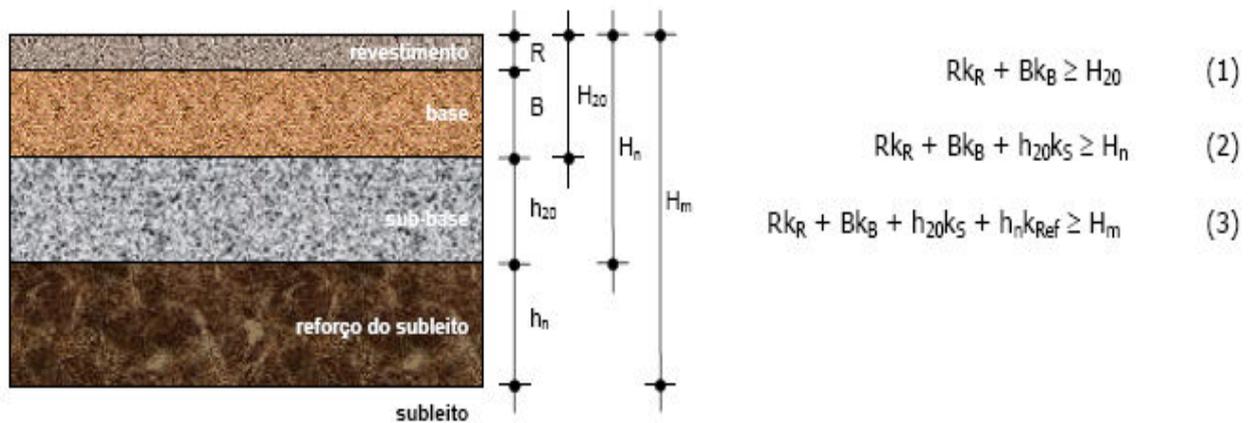


Fig. 4 – Camadas do pavimento

H_m = espessura total do pavimento necessário p/ proteger subleito c/ CBR = m

H_n = Espessura acima do reforço para proteger este reforço com CBR = n

H_{20} = Espessura acima da sub-base para proteger esta sub-base c/ CBR = 20%

R = espessura do revestimento (obtido na tabela 3)

B = espessura da base

h_{20} = espessura da sub-base

h_n = espessura do reforço do subleito cujo CBR = n

Uma vez determinada as espessuras H_m, H_n, H_{20} , pela figura 3, e o R pela tabela 3, as espessuras de Base (B), sub-base (h_{20}) e reforço do sub-leito(h_n), são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$RK_R + BK_B \geq H_{20}$$



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

$$RK_R + BK_B + h_{20}K_S \geq H_n$$

$$RK_R + BK_B + h_{20}k_S + h_nK_{REF} \geq H_m$$

Onde:

Os coeficientes de equivalência estruturais são designados, genericamente por:

K_R	Revestimento
K_B	Base
K_S	Sub-base
K_{REF}	Reforço

Tabela 5

Coefficiente de equivalência estrutural – São os seguintes os coeficientes de equivalência estrutural para os diferentes materiais construtivos do pavimento:

Componentes do Pavimento	K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de granulação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de granulação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Base granular	1,00



Obra: Pavimentação Asfáltica

Sub-base granular	0,77
Reforço de sub-leito	0,71
Solo cimento c/ resistência à compressão a 7 dias > 45 Kg/cm ²	1,70
Solo cimento c/ resistência à compressão a 7 dias entre 45 e 28 Kg/cm ²	1,40
Solo cimento c/ resistência à compressão a 7 dias entre 28 e 21 Kg/cm ²	1,20
Solo cimento c/ resistência à compressão a 7 dias < 21 Kg/cm ²	1,00

Tabela 8

02 – CONSIDERAÇÕES E ESTUDOS PRELIMINARES

A área objeto do projeto básico em questão possui pavimentação em paralelepípedos de pedra granítica, rejuntados com argamassa de cimento e areia, a denominada pavimentação pelo método convencional, e que se encontra em condições razoáveis de conservação.

O principal problema desses pavimentos se dá em razão da ausência de suporte no subleito onde fica assentado o colchão de areia e a pedra, colocado na maioria das vezes direto sobre o terreno natural, sem haver um estudo geotécnico deste solo que indique a possibilidade de se dispensar uma camada de reforço de subleito, ou uma base, que faria a correção necessária para este substrato resistir aos esforços do tráfego.

O uso de uma capa asfáltica sobre a pedra, não irá corrigir nenhuma deficiência na fundação deste pavimento, mas certamente atuará para amenizar as tensões sobre as camadas inferiores desta estrutura, na medida em que evitará que a



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

carga da roda (trem tipo) que antes atuava diretamente sobre cada pedra individualmente, passará a atuar numa área maior diminuindo conseqüentemente a pressão exercida.

Há de se considerar ainda os aspectos relacionados com o conforto do tráfego, ligados à adoção do revestimento asfáltico. Atualmente o paralelepípedo assentado pelo método convencional, coberto com o capeamento asfáltico apresenta sinais de desgaste, que compromete o perfil da sua superfície, influenciando negativamente no conforto e na segurança. Uma nova camada de revestimento betuminoso, certamente corrigiria esta deficiência, ao mesmo tempo em que daria uma sobrevida a este pavimento.

Outra questão relacionada ao desgaste prematuro destas vias, diz respeito à falta de coleta adequada das águas pluviais, que escoam livremente não nas sarjetas, mais sobre as pistas de rolamento, favorecendo as enxurradas e o carreamento de materiais que se depositam sobre as vias. A criação de calhas de drenagem superficial ao longo da via contribuirá fortemente no sentido de se prolongar a vida útil destes pavimentos.

03 – RECOMENDAÇÕES

Para a situação descrita no item anterior, recomenda-se a preparação do pavimento existente, de maneira que possa trabalhar como base para um novo revestimento, que será do tipo asfáltico usinado, e para isto será necessário à aplicação



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

da camada asfáltica com a correção dos trechos abatidos e a recomposição das cotas de greide mantendo o alinhamento com as áreas vizinhas.

A capa asfáltica, dimensionada na memória de cálculo, servirá como banda de rolagem ao tráfego, proporcionando conforto e segurança para o usuário das vias contempladas, ao mesmo tempo em que derá uma sobrevida ao pavimento existente.

Ao mesmo tempo será prevista o escoamento ordenado das águas pluviais de forma a diminuir as águas superficiais que escoam sobre a pista de rolamento, evitando com isso o transporte de sedimentos que se depositam nas vias e o desgaste prematuro da mesma, com isso as águas poderão ser drenadas para um local onde não causem transtornos a população.

04 – CONCLUSÃO

Levando em conta as considerações, estudos preliminares, levantamento de tráfego e cálculos descritos acima. O revestimento que melhor se aplica para este projeto é o CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente, e a espessura recomendada é de 3,00 cm, para o binder e 4,00 cm para a camada de rolamento levando em conta as necessidades da via.

05 – INTRODUÇÃO

- As especificações descritas abaixo tem por objetivo estabelecer as normas técnicas que deverão ser obedecidas na execução da obra de drenagem



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

superficial e pavimentação asfáltica este município, e fixar as obrigações e direitos do proprietário e da firma contratada, sempre adiante designada EMPREITEIRO, à qual é confiada a execução das obras e serviços, bem como as características dos materiais a serem empregados.

06 – GENERALIDADES

- Para a construção contratada, o EMPREITEIRO fornecerá todos os materiais, maquinário, ferramentas, equipamentos e acessórios, água, luz, força, transporte e mão de obra que deverá ser experiente e esmerado, tanto em seguir as especificações, como no acabamento dos serviços. E o que mais necessário for para a perfeita execução e completo acabamento da obra já citada;
- O EMPREITEIRO na incumbência de registrar e regularizar a obra junto ao CREA/RN, bem como nas demais repartições competentes;
- O EMPREITEIRO obrigar-se a executar a obra exatamente como está no projeto, sendo este fornecido pelo PROPRIETÁRIO. O projeto completo compreende: projeto arquitetônico, projeto estrutural, projeto de instalações elétricas, hidráulicas e de esgotos;
- O PROPRIETÁRIO nomeará um fiscal, doravante denominado FISCALIZAÇÃO, que tem poderes para fazer as adaptações necessárias no projeto original durante a execução da obra;
- No caso de divergência entre estas especificações e o projeto mencionado, fica estabelecido para todos os efeitos, que prevalecerão sempre as



Obra: Pavimentação Asfáltica

ressalvas e disposições destas especificações. Em caso de dúvida quanto à interpretação dos desenhos e destas especificações, será sempre consultada a FISCALIZAÇÃO.

07 - EMOLUMENTOS

- O EMPREITEIRO é obrigado a obter, à sua custa, todas as licenças, prorrogações de licenças e franquias necessárias, pagando os emolumentos prescritos por lei, observando todas as leis, regulamentos e posturas referentes a obras e segurança pública;
- Cabe ao empreiteiro todas as providências que se fizerem necessárias, junto às repartições públicas, de previdência e organizações concessionárias de serviços públicas, obrigando-se ao cumprimento de quaisquer formalidades exigidas.

08 - DA FISCALIZAÇÃO

Ao PROPRIETÁRIO assiste o direito de fiscalizar a construção como melhor lhe aprouver, designando para tal fim técnico da sua confiança.

Fica assegurado à FISCALIZAÇÃO o direito de ordenar a suspensão parcial ou total das obras, caso não sejam atendidas, dentro de quarenta e oito horas, as reclamações porventura feitas por motivo de defeitos essenciais na execução das obras, aplicação errada de materiais ou emprego de materiais já rejeitados, independentes de outras penalidades que possam ser aplicadas ao EMPREITEIRO.



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

É vedado à FISCALIZAÇÃO dar ordens diretas ao encarregado e aos operários. Estas deverão ser transmitidas diretamente ao EMPREITEIRO ou seus prepostos.

09 - DAS SUB-EMPREITADAS E OUTROS SERVIÇOS

O EMPREITEIRO não poderá sub-empregar as obras e serviços contratados no seu todo, podendo, contudo, fazê-lo parcialmente para cada serviço, mantendo, porém, a sua responsabilidade direta junto ao PROPRIETÁRIO;

A direção da obra ficará a cargo de um engenheiro civil ou de um arquiteto, devidamente registrado no CREA/RN, auxiliado por um encarregado geral, que na sua ausência o representará, devendo estar presente no recinto dos trabalhos durante todas as horas de serviço, a fim de atender, a qualquer tempo, à FISCALIZAÇÃO e prestar-lhe todos os esclarecimentos necessários sobre o andamento da obra.

10 - ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS

10.1 - Disposições Gerais

Todos os materiais a serem empregados na construção deverão satisfazer às presentes especificações e serão submetidos a exame e aprovação da FISCALIZAÇÃO, antes da sua aplicação, especialmente aqueles ditos "a juízo da fiscalização";



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

Obriga-se o empreiteiro a retirar do canteiro de obras todos os materiais impugnados pela fiscalização, dentro do prazo de 24 horas;

Se as condições locais tornarem aconselhável a substituição de alguns materiais especificados por outros equivalentes, só se poderá dar a referida substituição mediante autorização expressa da FISCALIZAÇÃO, para cada caso particular.

11 - ESPECIFICAÇÕES DOS SERVIÇOS

11.1 - Serviços Preliminares

A limpeza deverá abranger uma área correspondente às dimensões da rua sendo necessário a limpeza completa de todo o trecho antes da aplicação da pintura de ligação.

Deverão ser observadas todas as medidas apresentadas no projeto. Se houver divergências não puderem ser resolvidas pelo desenho ou pelas cotas, deverá ser feita consulta à FISCALIZAÇÃO.

Toda retirada de material deverá obedecer rigorosamente a todos os critérios de segurança, tanto dos funcionários como da estrutura do pavimento remanescente. O material retirado deverá ser removido da obra com a maior brevidade e não mais deverá ser utilizado na mesma, salvo disposição em projeto.

Antes de ser iniciada, a obra deverá ter sua execução devidamente registrada no CREA/RN em nome de profissional habilitado e registrado naquele.



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

Deverá ficar a cargo do EMPREITEIRO a ligação provisória de água, luz, esgoto e força.

A obra deverá ser locada por um topógrafo ou pessoal qualificado para tal, obedecendo os limites descritos em projeto.

Com um prazo de no máximo 15 dias do início da obra, deverá ser afixada uma placa indicativa de obra seguindo o modelo fornecido pela FISCALIZAÇÃO.

11.3 -Pavimentação

O pavimento deverá ser executado em CBUQ, Concreto Betuminoso Usinado a Quente, em camada de 3,00 cm de espessura para o binder e 4,00 cm para a camada de rolamento. Antes da aplicação do CBUQ o pavimento já deve ter sido limpo, não apresentado buracos, pedras soltas ou recalques, todo o pavimento que servirá de base para o CBUQ deverá ser limpo com jatos de ar e água, não podendo conter areia, ou material orgânico na via, posteriormente deverá ser aplicado a pintura de ligação em apenas um lado da pista impedindo o trânsito pela parte da via tratada, só depois de liberado o trânsito por sobre o pavimento já asfaltado que poderá ser aplicado a pintura de ligação na outra pista, apos a aplicação da pintura de ligação, deverá ser aplicado o CBUQ ainda quente por sobre a via, entre o binder e a camada de rolamento deverá ser aplicada uma segunda imprimação ligante, as camadas deverão ser compactadas com rolos de pneus e posteriormente por rolo compactador vibratório para melhorar o acabamento da mesma.



**ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA CAIADA**



Obra: Pavimentação Asfáltica

11.5 - Diversos

A obra deverá ser completamente limpa depois de acabada. Não poderá existir no local ou em sua circunvizinhança, material de escavação, paus, sarrafos, pregos, pedras do calçamento ou quaisquer outros materiais que possam causar acidentes ou danos físicos aos usuários da via ou de pessoas que transitem nas suas proximidades.

O material resultante da limpeza deverá ser depositado em local apropriado, longe do alcance de curiosos e de centros urbanos. O depósito deverá ser feito de modo a não agredir o meio ambiente.