

**CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS S/A**

**ELABORAÇÃO DE PROJETO DE READEQUAÇÃO DO SISTEMA  
DRENAGEM NA RUA C, CEASA-GO.**



**CEASA -GO**

**VOLUME 02 – PAVIMENTAÇÃO**

**ABRIL/2020**



**SANTIAGO**  
ENGENHARIA

## INTRODUÇÃO

O projeto de pavimentação objetiva a definição do tipo de pavimento, a indicação das fontes de materiais para a construção, o dimensionamento do pavimento, a definição da seção transversal e apresentação gráfica da distribuição dos materiais de jazida e espessura das camadas.

O dimensionamento de um pavimento consiste na determinação das camadas de reforço do subleito, sub-base, base e revestimento, de forma que essas camadas sejam suficientes para resistir, transmitir e distribuir as pressões resultantes da passagem dos veículos ao subleito, sem que o conjunto sofra ruptura, deformações apreciáveis ou desgaste superficial excessivo.

Neste trabalho, apresentamos o dimensionamento das vias projetadas para Rua C, CEASA, em Goiânia, conforme planta anexa. Nas vias serão utilizados solos lateríticos concrecionados locais, e materiais existentes na região, comumente utilizados pela Prefeitura. Cabe salientar que, quando as vias em estudo apresentarem uma camada de cascalho laterítico, esta deverá ser incorporada ao subleito do pavimento para melhoria desse último.



## **01- MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO UTILIZADOS**

Entre os inúmeros métodos existentes para dimensionamento de pavimentos flexíveis, trabalharemos no presente estudo com dois métodos de dimensionamento. O primeiro, o método do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER 66/72; o segundo, o método da Prefeitura Municipal de São Paulo – PMSP. Ambos levam em consideração o tipo de tráfego previsto para a via, cuja classificação pode ser vista no item 4, Quadro 01. Um breve histórico dos métodos utilizados é o seguinte:

- Método DNER 66/79 – (tráfego médio/pesado – Vias Principais): este método tem como base o trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Column”, do Corpo de Engenheiros do Exército Americano (USACE) e condições obtidas nas Pistas Experimentais da AASHTO e indicado para tráfegos mais elevados;
- Método PMSP-MD-01 – (tráfego muito leve/leve – Vias Secundárias e Locais): este procedimento baseia-se no método de projeto de pavimento flexíveis do Eng<sup>o</sup> Murilo Lopes de Souza, de 1966, adotado pelo DNER, e nos métodos MD-1 e MD-3T/79, da PMSP, porém com o uso de ábaco de dimensionamento proposto originalmente pelo Corpo de Eng<sup>os</sup> do Exército Americano (USACE). Trata-se de um método que procura orientar o dimensionamento principalmente para pavimentos urbanos

## **02- ESTUDO GEOTÉCNICO DO SUBLEITO**

A construção de um pavimento exige o conhecimento não só dos materiais constituintes das camadas desse pavimento; também dos materiais constituintes do subleito e daqueles que possam interferir na construção de drenos, acostamentos, cortes e aterros. Assim, os serviços geotécnicos foram desenvolvidos e divididos basicamente em serviços de campo e laboratório e de escritório.

Todos os serviços de campo ou de laboratório foram executados segundo procedimentos normatizados, obedecendo-se a seguinte ordem:

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo;



Métodos de Ensaio / DER-SP;

Métodos de Ensaio / DNER.

### **03- - Serviços de Campo e Laboratório**

#### **a) Reconhecimento Preliminar de Campo:**

De posse de informações preliminares, obtidas em mapas geológicos, pedológicos e geotécnicos, realizou-se uma vistoria no campo por profissionais especializados, de comprovada experiência na área e com conhecimentos pedológicos, geológicos e geotécnicos.

Nesse reconhecimento procuramos obter as seguintes informações básicas:

- Existência ou não de revestimento primário (presença de materiais pétreos, escória ou entulho de boa qualidade) nas vias: de acordo com visita “in loco”, verificou-se a grande parte da área de projeto já estão abertas, coincidindo com o projeto planimétrico, com pouca presença de materiais de boa qualidade, materiais desprezados para a execução são transferidos para bota – fora, considerando empolamento de 30%. Condições topográficas e aspectos ligados à drenagem superficial e profunda das vias em questão: com base em visita “in loco”, observou-se que se trata de uma região heterogênea, com a maior parte do terreno plano e com trechos bem íngremes, chegando a apresentar inclinações de 15%. Provavelmente não haverá maiores dificuldades para a execução da drenagem das vias, uma vez que o projeto geométrico teve como base o projeto do sistema de drenagem.
- Identificação expedita, tátil-visual, do subleito, considerando a cor, macroestrutura, mineralogia e granulometria: de acordo com visita “in loco” e em ensaios laboratoriais, verifica-se que o material de subleito, de uma maneira geral, apresenta granulometria fina e tem características argilosas, conforme ensaios geotécnicos e estudos Geotécnicos.



a) Serviços de Escritório

Os serviços de escritório descritos a seguir orientaram a produção dos documentos geotécnicos do projeto e referem-se à área estudada, contendo as informações indicadas abaixo.

Indicação das características de cada camada estudada, conforme relacionados abaixo:

- Identificação táctil-visual incluindo a cor de cada camada;
- Massa específica aparente seca máxima;
- Umidade ótima;
- Índice de Suporte Califórnia (CBR);
- Expansão;
- Limite de liquidez;
- Limite de plasticidade;
- Cálculo do Suporte: CBR de Projeto.

De posse dos dados geotécnicos, para fins de dimensionamento do pavimento, foram tratados estatisticamente. Assim, considerando-se que os dados seguem uma distribuição normal, para os casos em que a quantidade de observações não é suficiente grande, ou seja, quando se tem um volume de *graus de liberdade* inferior a 30 unidades é indicada a utilização da *Distribuição de Student*.

O tratamento estatístico foi feito através da *distribuição “t” de Student*, conforme Tabela 03, adequada ao controle pela média de amostragens pequenas e com nível de confiança de 95 % para o suporte de projeto. Assim, utilizando-se as Tabelas 01, 02 e 03 e a equação 1 abaixo, chegamos a um intervalo de valores para os quais o CBR de projeto pode ser enquadrado.

$$\mu = x \pm t (\sigma / \sqrt{n})$$

Equação (01)

Em que:

$\mu$  = média populacional;

$x$  = média da amostra;

$t$  = “t de student”;



$\sigma$  = desvio padrão;

n = número de elementos

Distribuição de Student:

Grau de liberdade:  $\square = n - 1$

n = número total de observações

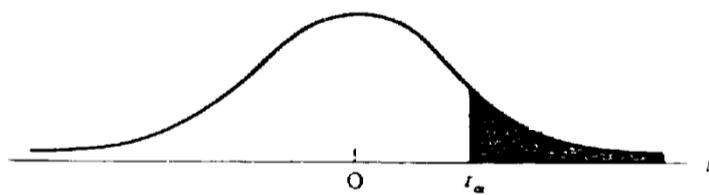


Tabela 02 – Distribuição de Student

Área numa cauda	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
Graus liberdade ( $\square$ )	Valores de $t$				
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977



15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Portanto, para cada área de projeto teremos:

Resid. João Paulo II – Goiânia GO

Grau de liberdade – 65

Média populacional – 10,33 e 11,01

Observou-se que os intervalos da média populacional dos CBRs são próximos para as duas áreas de projeto, podendo ser adotado um único CBR, igual a 10%.

CBR adotado – 10%



## b) Definição dos Parâmetros de Projeto:

### b.1) Tráfego Estimado:

A incidência total do tráfego no período de projeto, expressa pelo número “N” de solicitações do eixo padrão simples de 8,2 t, foi adotada conforme exposto abaixo:

$N = 5 \times 10^5$  solicitações – tráfego médio para as vias principais;

$N = 10^5$  solicitações – tráfego leve para as vias secundárias e estacionamentos.

$N = 10^4$  solicitações – tráfego muito leve para as vias locais.

### b.2) Fator Climático Regional (caso tráfego médio – DNER 667/22 de 81):

Para levar 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 dos materiais), adotou-se um Fator Climático Regional (FR) igual a 1,0, visto que o adotado pela AASHTO varia de 0,2 a 5,0 (ocasião de extrema saturação dos materiais).

### b.3) Coeficientes de Equivalência Estrutural (K)

O coeficiente de equivalência estrutural de um material, que é definido como a relação entre as espessuras de uma base granular e de uma camada com material que apresenta o mesmo comportamento, foi definido conforme os materiais previamente selecionados, mostrados na Tabela 04 abaixo:



Tabela 04: Coeficientes de equivalência estrutural

Camada do Pavimento	Coeficiente Estrutural (K)
Base ou Revestimento de Concreto Betuminoso	2,00
Base, Sub-base e Reforço de Solo Arenoso Fino Laterítico	1,00
Base, Sub-base e Reforço de Argila Laterítica – Areia	1,00
Base, Sub-base de Solo Agregado	1,00

Os coeficientes de equivalência estrutural das principais camadas dos pavimentos foram designados genericamente por:

KR = coeficiente estrutural da camada de revestimento;

KB = coeficiente estrutural da camada de base;

KS = coeficiente estrutural da camada de sub-base;

Kref = coeficiente estrutural da camada de reforço.

c) Determinação das Espessuras das Camadas do Pavimento:

De posse dos parâmetros descritos acima, no item b, e com os materiais a serem utilizados na estrutura do pavimento, determinaram-se as espessuras das camadas do pavimento, conforme esquema abaixo:

Hm	Hn	H <sub>20</sub>	R	KR
			B	KB
			H <sub>20</sub>	KS
			Hm	K <sub>REF</sub>

c.1) Espessura Total do Pavimento (Hm):



Em função do tipo de tráfego previsto e de posse do suporte representativo do subleito ( $CBR_P$ ) adotado, conforme cálculo do item 2 acima, a espessura total básica ( $H_m$ ) das camadas do pavimento, em termos granulares, foi fixada de acordo com o ábaco de dimensionamento da Figura 01 para o caso de tráfego médio ou com o ábaco de dimensionamento da Figura 02 para o caso de tráfego muito leve e leve.

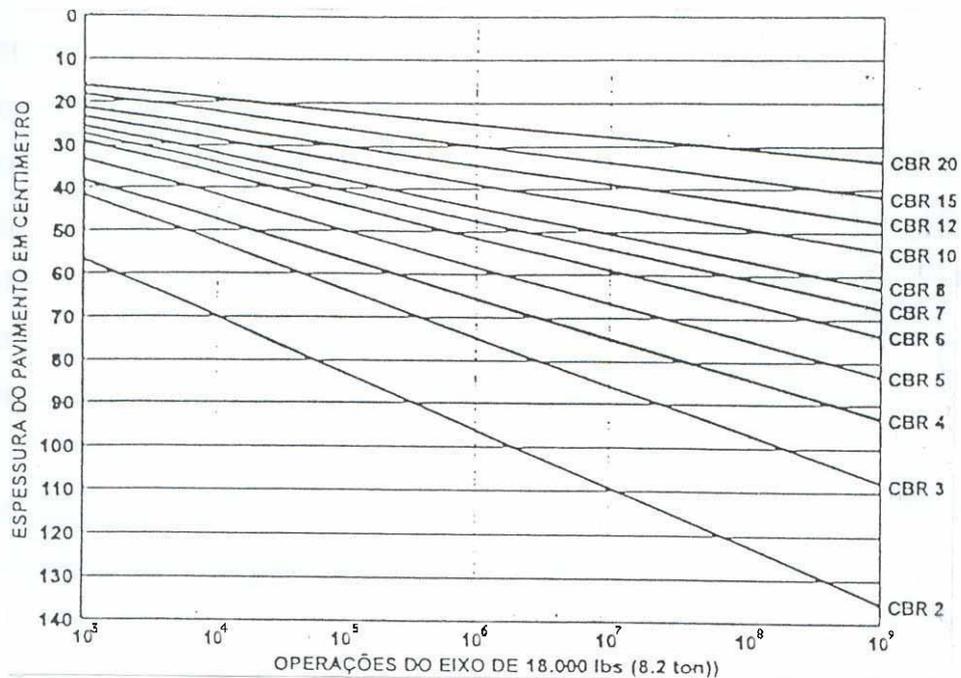
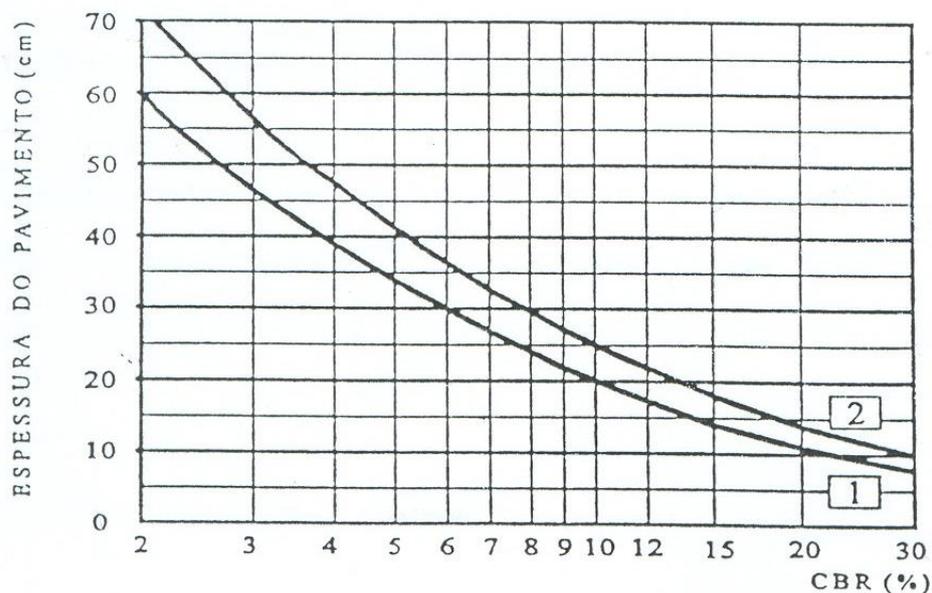


Figura 01: Ábaco de dimensionamento para vias de tráfego médio.



(U.S.A.C.E.)



Curva 1: Tráfego Muito Leve - "N" típico de  $10^4$  Solicitações do Eixo Simples Padrão de 8,2 t.

Curva 2: Tráfego Leve - "N" típico de  $10^5$  Solicitações do Eixo Simples Padrão de 8,2 t.

Figura 02: Ábaco de dimensionamento para vias de tráfego muito leve e leve.

### c.2) Espessuras das Camadas:

Uma vez determinada a espessura total do pavimento ( $H_m$ ), em termos de material granular com auxílio dos ábacos das Figuras 01 ou 02 e fixada a espessura do revestimento ( $R$ ), procedeu-se ao dimensionamento das espessuras das demais camadas, ou seja, da base, sub-base e do reforço de subleito, levando-se em conta os materiais selecionados para cada uma delas, seus coeficientes de equivalência estrutural e suas capacidades de suporte, traduzidas pelos seus respectivos CBR, como observa-se a seguir:

As espessuras de base ( $B$ ), sub-base ( $h_{20}$ ) e de reforço do subleito ( $h_m$ ), se necessário, foram obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20} \quad (1)$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n \quad (2)$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_m \times K_{ref} \geq H_m \quad (3)$$



### c.2.1) Tipo e Espessura da Camada de Rolamento:

O revestimento será constituído de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), que foi definido na espessura  $R = 5,0$  cm para as vias principais e  $R = 3,0$  cm para as vias secundárias e locais, com coeficiente estrutural  $KR = 2,0$ .

### c.2.2) Cálculo das Demais Camadas:

De um modo geral, adotou-se a espessura mínima para uma camada de base granular de 10 cm e para garantir as condições ideais, considerou-se também quando da necessidade de sub-base e/ou reforço ou quando da existência de uma única camada além da betuminosa, uma espessura mínima de 15 cm a fim de homogeneizar os pavimentos. Deverá ser efetuada a camada final de terraplenagem, regularização do subleito numa espessura de 15 cm, compactada a 100 % de energia do proctor normal.

Nos casos de ocorrência de “bolsões” de material com suporte inferior a 5, deve-se efetuar a substituição do material por solo com características de índice de suporte Califórnia iguais ou superiores a 7. Tal fato não foi observado para os ensaios realizados na área de projeto.

## 3.0- IMPRIMAÇÃO

### 3.1- Conceito

Imprimação é a operação que consiste na impregnação com asfalto da parte superior de uma camada de base de solo granular já compactada, através da penetração de asfalto diluído aplicado em sua superfície, objetivando conferir:

- a) uma certa coesão na parte superior da camada de solo granular, possibilitando sua aderência com o revestimento asfáltico;
- b) um certo grau de impermeabilidade que, aliado com a coesão propiciada, possibilita a circulação dos veículos da obra ou mesmo do tráfego existente, sob as ações de intempéries, sem causar danos à camada imprimada;
- c) garantir a necessária aderência da base granular com o revestimento tipo asfáltico, tratamento ou mistura.



3.2 – O ligante asfáltico indicado, de um modo geral, para a imprimação é o asfalto diluído do tipo CM-30, admitindo-se o tipo CM-70 somente em camadas de alta permeabilidade, com consentimento escrito da fiscalização;

3.3 – A taxa de asfalto diluído a ser utilizada é de 1,2 litros/m<sup>2</sup>, devendo ser determinada experimentalmente no canteiro da obra a taxa ideal, observando durante 24 horas aquela taxa que é absorvida pela camada sem deixar excesso na superfície;

3.4 – Os equipamentos utilizados para a execução da imprimação são os seguintes: vassoura mecânica rotativa, podendo ser manual esta operação; caminhão espargidor, espargidor manual, para distribuição homogênea do ligante;

3.5 – A execução da imprimação deve atender os seguintes procedimentos:

- a) Após a perfeita conformação geométrica da camada granular, procede-se a varredura da superfície, de modo a eliminar o pó e o material solto existente;
- b) Proceder ao banho com o asfalto diluído, na taxa e temperatura compatíveis com seu tipo, de maneira mais uniforme possível;
- c) Deve-se imprimir a pista inteira em um mesmo turno de trabalho e deixá-la fechada para o trânsito;
- d) A fim de evitar a superposição, ou excesso, nos pontos inicial e final das aplicações, deve-se colocar faixas de papel transversalmente, na pista, de modo que o início e o término da aplicação do material asfáltico situem-se sobre essas faixas, as quais serão, a seguir retiradas. Qualquer falha na aplicação do ligante asfáltico deve ser imediatamente corrigida.

3.6 – O controle tecnológico da taxa de ligante aplicada na camada de base deverá ser verificada a cada “pano” de 100 m de comprimento, correspondente ao eixo longitudinal do caminhão.

#### **4.0- PINTURA DE LIGAÇÃO**

- a) A pintura de ligação consistirá na distribuição de uma película, de material betuminoso diretamente sobre a superfície do calçamento existente, previamente limpo.
- b) Para a execução da pintura da ligação, será empregada emulsão asfáltica catiônica do tipo RR-1C. A taxa de aplicação, para a emulsão asfáltica, será de 1,20 l/m<sup>2</sup>.



A distribuição do ligante deverá ser feita por veículo apropriado ao tipo caminhão espargidor, equipado com bomba reguladora da pressão e sistema completo de aquecimento; as barras de distribuição devem permitir ajustes verticais e larguras variáveis de espalhamento devendo também estar aferido este equipamento. A mistura não deve ser distribuída quando a temperatura ambiente for inferior a 10° C ou em dias de chuva.

e) O controle da quantidade de emulsão espargida na pista será feito através da colocação de uma bandeja na pista, com peso e área conhecidas da mesma, sendo que após a passagem do carro distribuidor, através de uma simples pesagem obtém-se a quantidade de ligante usado. O serviço será aceito, uma vez que seja atendida a taxa de aplicação mínima de 1,2 litro/m<sup>2</sup> de ligante.

## 5.0 DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DOS PAVIMENTOS

A seguir apresenta-se o dimensionamento das estruturas dos pavimentos em função do tipo de tráfego e do resultado do cálculo do CBR<sub>P</sub>. Pelo citado anteriormente, ficou definido que as vias a serem dimensionadas foram classificadas como de tráfego muito leve, leve e médio e o índice de suporte de projeto adotado foi CBR<sub>P</sub> = 10%.

### 5.1- Tráfego Médio (vias principais)

N = 5 x 10<sup>5</sup> solicitações do eixo simples padrão.

#### Materiais Adotados

Revestimento: Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ), na espessura 5,0 cm e coeficiente estrutural KR = 2,0.

Base: Estabilizada granulometricamente (laterita), com CBR ≥ 60% e expansão ≤ 0,5%, na espessura B e coeficiente estrutural KB = 1,0, empolamento de 25%.

Sub-base: Estabilizada granulometricamente (laterita), com CBR ≥ 30% e expansão ≤ 0,5%, na espessura h<sub>20</sub> e coeficiente estrutural KS = 1,0, empolamento de 25%.

#### Cálculos das Espessuras das Camadas do Pavimento

Base: adotando-se o valor suporte CBR = 20% (método de dimensionamento) para a camada de sub-base, obtém-se no ábaco de dimensionamento (Figura 01), o valor H<sub>20</sub> = 25,0 cm e com a utilização da inequação (1) obtém-se a espessura mínima para a camada de base:



$$R \times KR + B \times KB \geq h_{20} \text{ (I)}$$

$$5,0 \times 2,0 + B \times 1,0 \geq 25,0 \text{ cm}$$

$$10,0 + B \geq 25,0 \text{ cm}$$

$$B \geq 15,0 \text{ cm}$$

b) Sub-base: adotando-se o valor de suporte CBR médio (estatístico) para o subleito da ordem de 10 %, obtém-se no ábaco (Figura 01), o valor de  $H_n = 38 \text{ cm}$ .

Fixando-se a espessura mínima ( $B$ ) para a camada de base granular em 15,0 cm (inequação 1) e através da resolução da inequação (2), determina-se a espessura mínima para a camada de sub-base.

$$R \times KR + B \times KB + h_{20} \times KS \geq H_n \text{ (2)}$$

$$5,0 \times 2,0 + 13,0 \times 1,0 + h_{20} \times 1,0 \geq 38,0 \text{ cm}$$

$$23,0 + h_{20} \geq 38,0 \text{ cm}$$

$$h_{20} \geq 15,0 \text{ cm} \text{ .adota-se } h_{20} \geq 15,0 \text{ cm}$$

Assim, o pavimento apresenta estrutura composta de revestimento, base e sub-base. A seguir apresentamos as espessuras dessas camadas em (cm):

- revestimento = 5,0;
- base = 15,0;
- sub-base = 15,0;
- Regularização do subleito = 15,0.





## **6. PROJETOS**



