

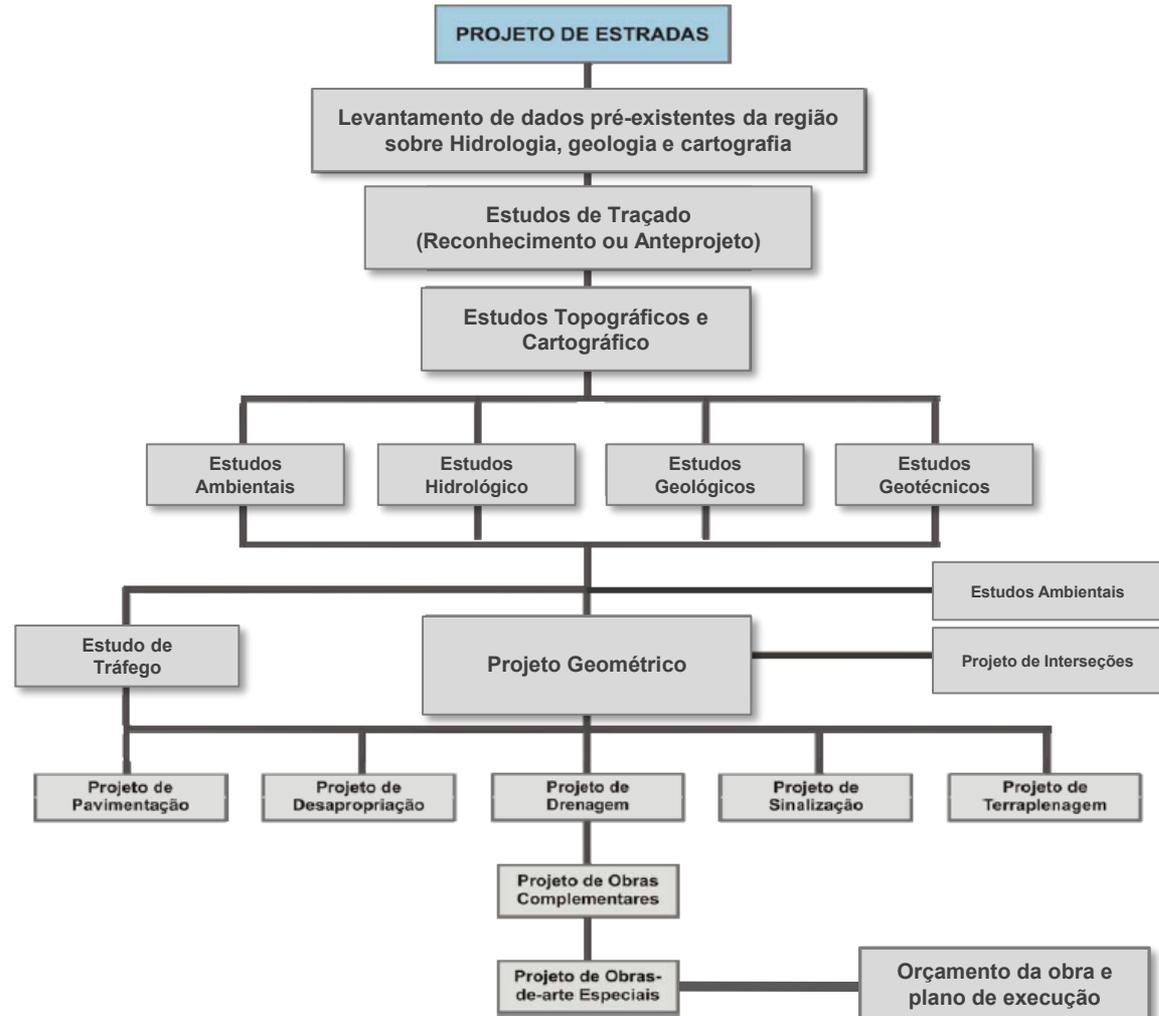
Etapas do Projeto

3.3 Projeto de Pavimentação



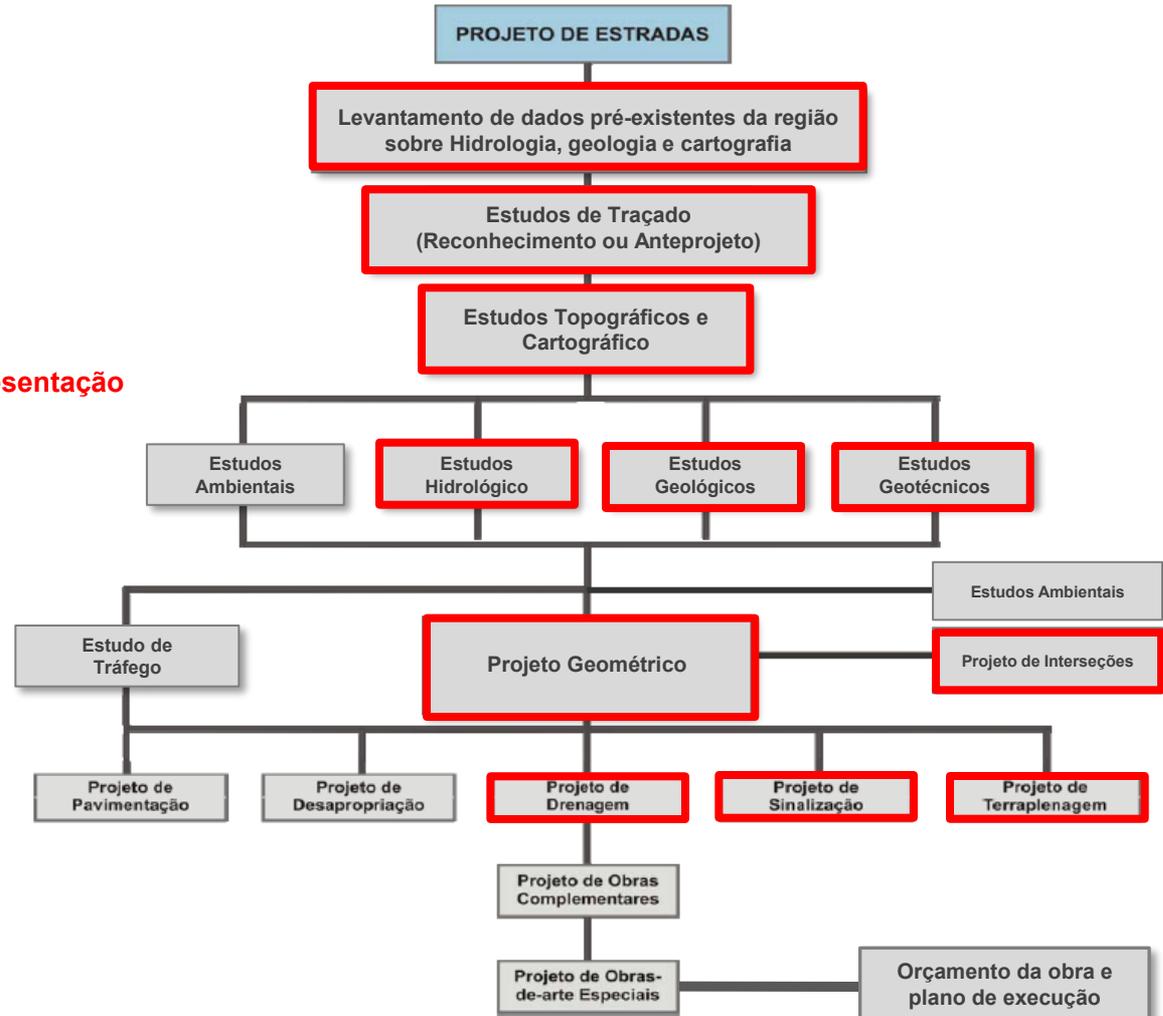
Etapas do Projeto

1. Estudos de Traçado
2. Estudos Topográficos
3. Estudos Hidrológicos
4. Estudos Geotécnicos
5. Estudos Ambientais
6. Projeto Geométrico
7. Projeto de Drenagem
8. Projeto de Pavimentação
9. Projeto de Terraplenagem
10. Projeto de Sinalização
11. Projeto de OAE's
12. Projeto Iluminação Pública
13. Projeto de Paisagismo
14. Projeto de Obras Complementares
15. Projeto de Interferências
16. Projeto de Desapropriação
17. Plano de Execução da Obras
18. Orçamento



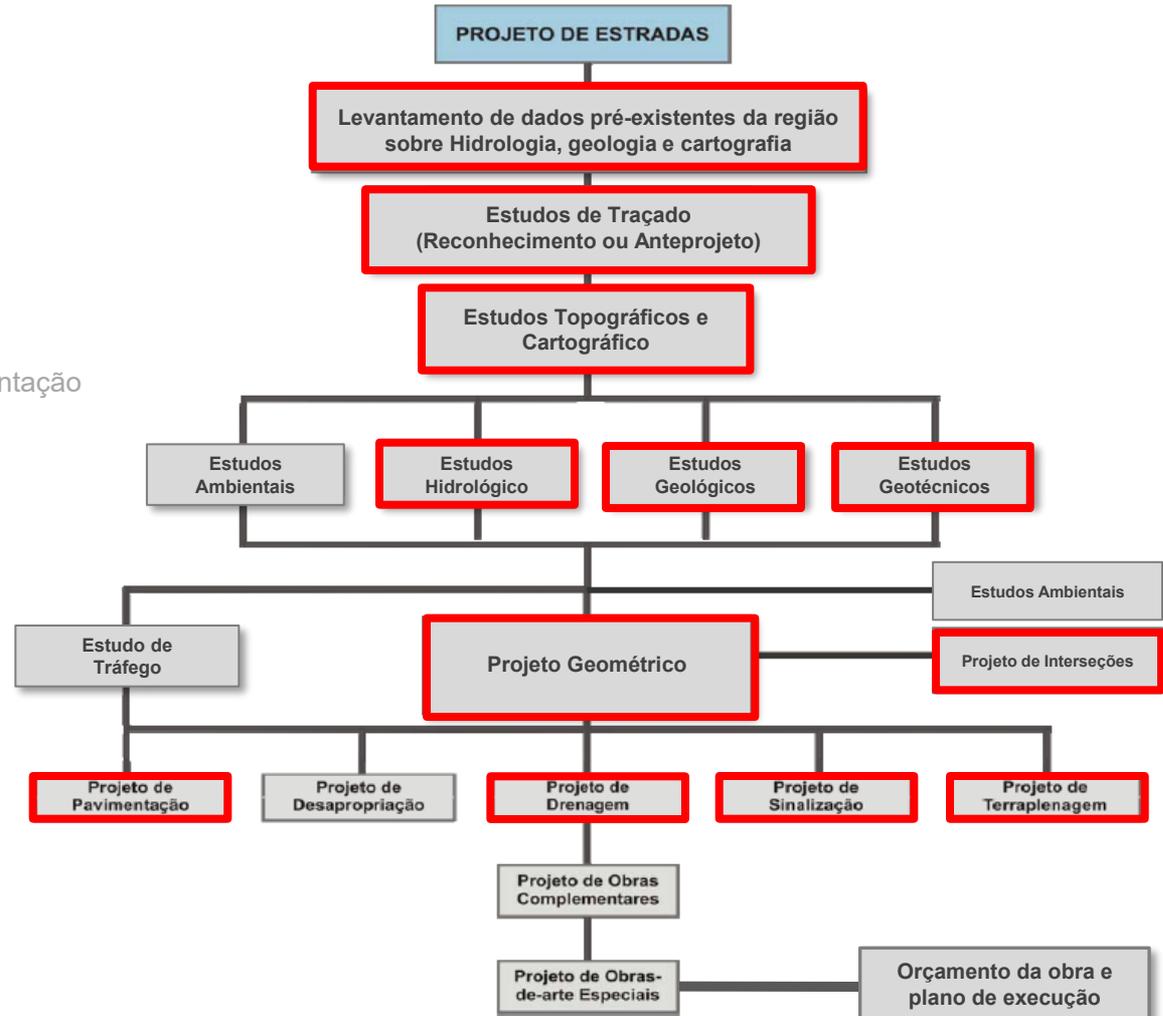
Etapas do Projeto

1. Estudos de Traçado
2. Estudos Topográficos
3. Estudos Hidrológicos
4. Estudos Geotécnicos
5. Estudos Ambientais
6. Projeto Geométrico de Interseções e Apresentação
7. Projeto de Drenagem
8. Projeto de Pavimentação
9. Projeto de Terraplenagem
10. Projeto de Sinalização
11. Projeto de OAE's
12. Projeto Iluminação Pública
13. Projeto de Paisagismo
14. Projeto de Obras Complementares
15. Projeto de Interferências
16. Projeto de Desapropriação
17. Plano de Execução da Obras
18. Orçamento



Etapas do Projeto

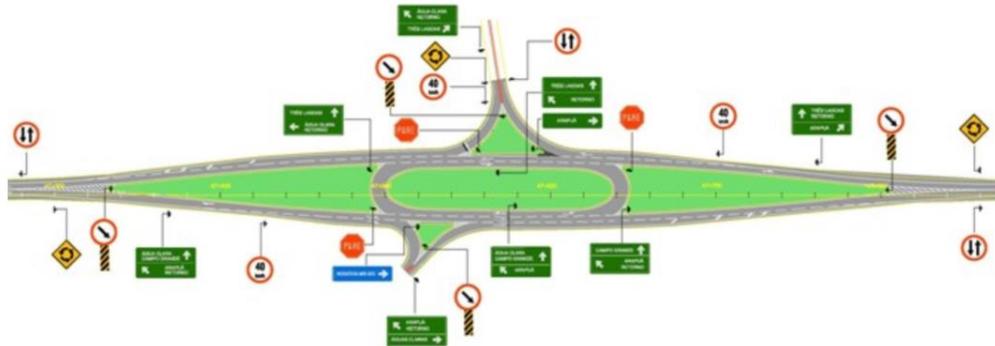
1. Estudos de Traçado
2. Estudos Topográficos
3. Estudos Hidrológicos
4. Estudos Geotécnicos
5. Estudos Ambientais
6. Projeto Geométrico de Interseções e Apresentação
7. Projeto de Drenagem
- 8. Projeto de Pavimentação**
9. Projeto de Terraplenagem
10. Projeto de Sinalização
11. Projeto de OAE's
12. Projeto Iluminação Pública
13. Projeto de Paisagismo
14. Projeto de Obras Complementares
15. Projeto de Interferências
16. Projeto de Desapropriação
17. Plano de Execução da Obras
18. Orçamento



10. Projeto de Pavimentação

- Dimensionamento do pavimentos (Reforço do Subleito, Sub-base, Base, Capa de rolamento);
- Definição dos Quantitativos do Projeto;
- Especificação dos materiais para execução das camadas de pavimento;
- Especificação dos Processos construtivos

10. Projeto de Pavimentação - Quantitativos



10. Projeto de Pavimentação

- 10.1 Dados Necessários e Projetos Necessários
- 10.2 Conceitos Básicos de Pavimento
- 10.3 Camadas do Pavimento
- 10.4 Materiais para Pavimentação
- 10.5 Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis e Rígidos
- 10.6 Bases e sub-bases
- 10.7 Revestimentos
- 10.8 Execução de pavimentos

10. Projeto de Pavimentação

10.1 Dados Necessários e Projetos Necessários

10.2 Conceitos Básicos de Pavimento

10.3 Camadas do Pavimento

10.4 Materiais para Pavimentação

10.5 Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis e Rígidos

10.6 Bases e sub-bases

10.7 Revestimentos

10.8 Execução de pavimentos

10.1 Dados Necessários e Projetos Necessários

Dados Necessários

Estudos Econômicos: Disponibilidade de recursos, vida útil

Estudo Tráfego: eixos, cargas e número “N”

Geotécnicos: Caracterização do subleito e dos materiais de construção.

Ambientais: Restrições para obtenção de materiais, materiais com maior potencial de poluição.

Projetos Necessários

- Projeto Geométrico
- Projeto de concepção das OAE

10. Projeto de Pavimentação

10.1 Dados Necessários e Projetos Necessários

10.2 Conceitos Básicos de Pavimento

10.3 Camadas do Pavimento

10.4 Materiais para Pavimentação

10.5 Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis e Rígidos

10.6 Bases e sub-bases

10.7 Revestimentos

10.8 Execução de pavimentos

10.2 Conceitos Básicos de Pavimento

Definição: Pavimento é a estrutura construída sobre a terraplanagem de um terreno com os seguintes parâmetros:

Funções:

- Receber as cargas impostas pelo tráfego de veículos e as
- Proporcionar condições satisfatórias de velocidade e segurança, conforto e economia no transporte de pessoas e mercadorias

Requisitos:

- Estabilidade
- Resistência a esforços verticais, horizontais, de rolamento,
- Frenagem e aceleração centrípeta nas curvas
- Durabilidade e regularidade longitudinal

10.2 Conceitos Básicos de Pavimento

Classificação dos Projetos

Aspectos considerados: materiais empregados e comportamento estrutural:

Pavimentos Flexíveis:

São compostos por várias camadas que devem trabalhar em conjunto, cada uma delas absorvendo parte das solicitações impostas e transmitindo o restante às camadas localizadas em níveis inferiores, na parte superior temos um revestimento betuminoso.

Pavimento Rígidos:

São aqueles cujo revestimento é constituído de placas de concreto de cimento Portland rejuntadas entre si. Essas placas se caracterizam por alta rigidez, alta resistência e pequenas espessuras, definidas em função da resistência à flexão.

Pavimentos Semi-rígidos:

Situação intermediária entre os pavimentos rígidos e flexíveis. É o caso das misturas solo-cimento, solo-cal, solo-betume dentre outras, que apresentam razoável resistência à tração.

Pavimentos Flexíveis



Pavimento Rígido



Pavimento em Blocos Intertravados



Pavimento em Blocos Intertravados

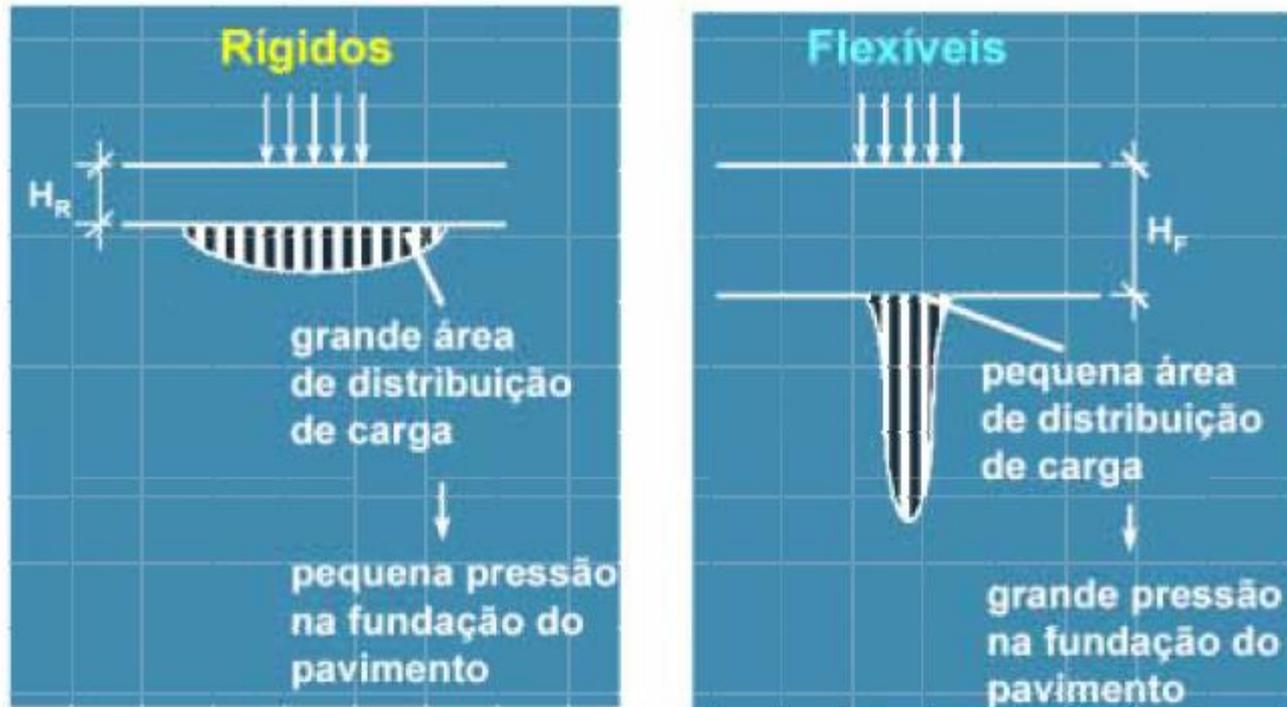


Pavimento em Paralelepípedo cimentado



10.2 Conceitos Básicos de Pavimento

COMPARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE CARGA ENTRE PAVIMENTOS EQUIVALENTES



10. Projeto de Pavimentação

10.1 Dados Necessários e Projetos Necessários

10.2 Conceitos Básicos de Pavimento

10.3 Camadas do Pavimento

10.4 Materiais para Pavimentação

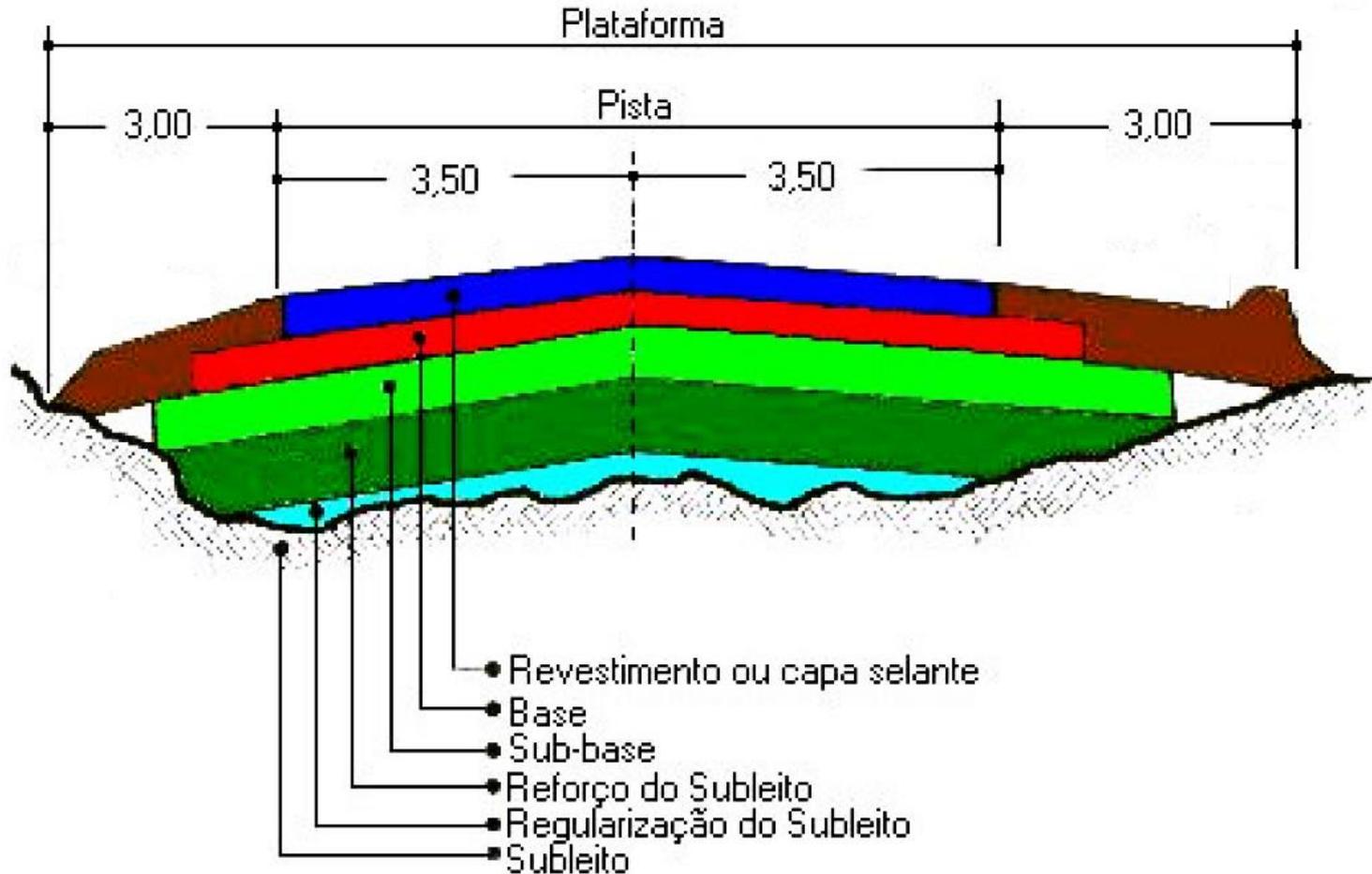
10.5 Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis e Rígidos

10.6 Bases e sub-bases

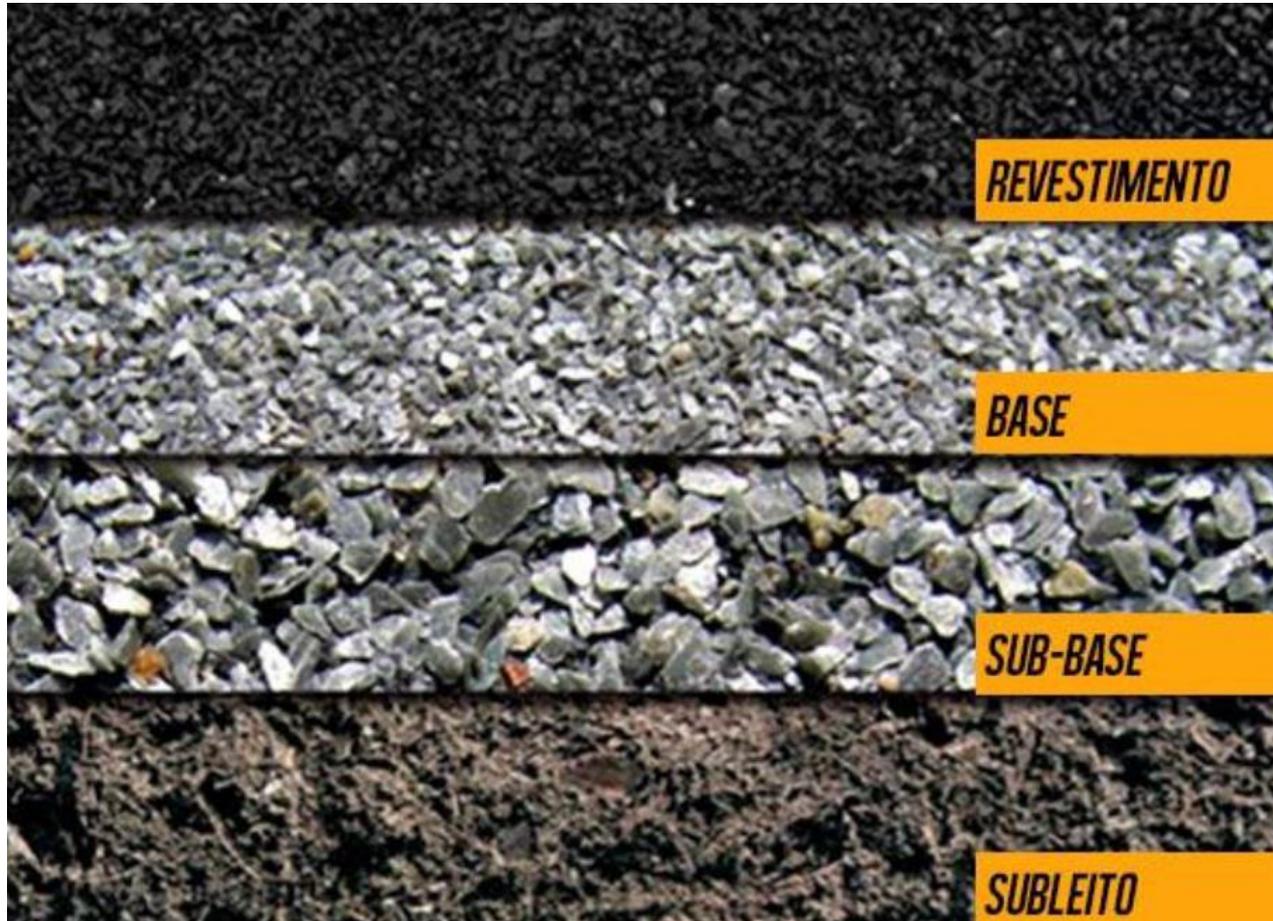
10.7 Revestimentos

10.8 Execução de pavimentos

10.3 Camadas do Pavimento Flexível



10. Projeto de Pavimentação



10.3 Camadas do pavimento

Regularização do subleito

Camada com espessura variável executada quando se faz necessária a preparação do subleito da estrada, para conformá-lo, transversal e longitudinalmente de acordo com o projeto geométrico.

Reforço do subleito

Camada necessária quando o subleito possui baixa capacidade de carga. É também utilizada para redução da espessura da sub-base e possui espessura constante.

Sub-base

Camada utilizada para reduzir a espessura da base, exerce as mesmas funções da base, sendo complementar a esta. tem como funções básicas resistir às cargas transmitidas pela base, drenar infiltrações e controlar a ascensão capilar da água, quando for o caso.

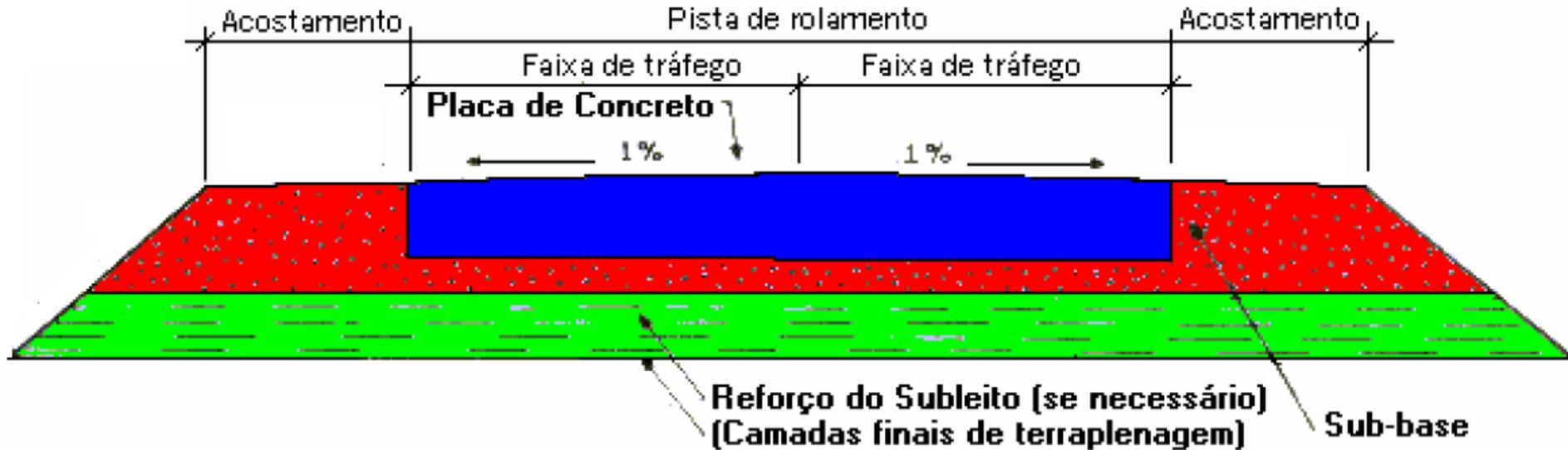
Base

Camada estruturalmente mais importante cuja função é resistir e distribuir os esforços provenientes da ação do tráfego, atenuando a transmissão destes esforços às camadas subjacentes. Geralmente é construída com materiais estabilizados granulometricamente ou quimicamente, através do uso de aditivos (cal, cimento, betume etc).

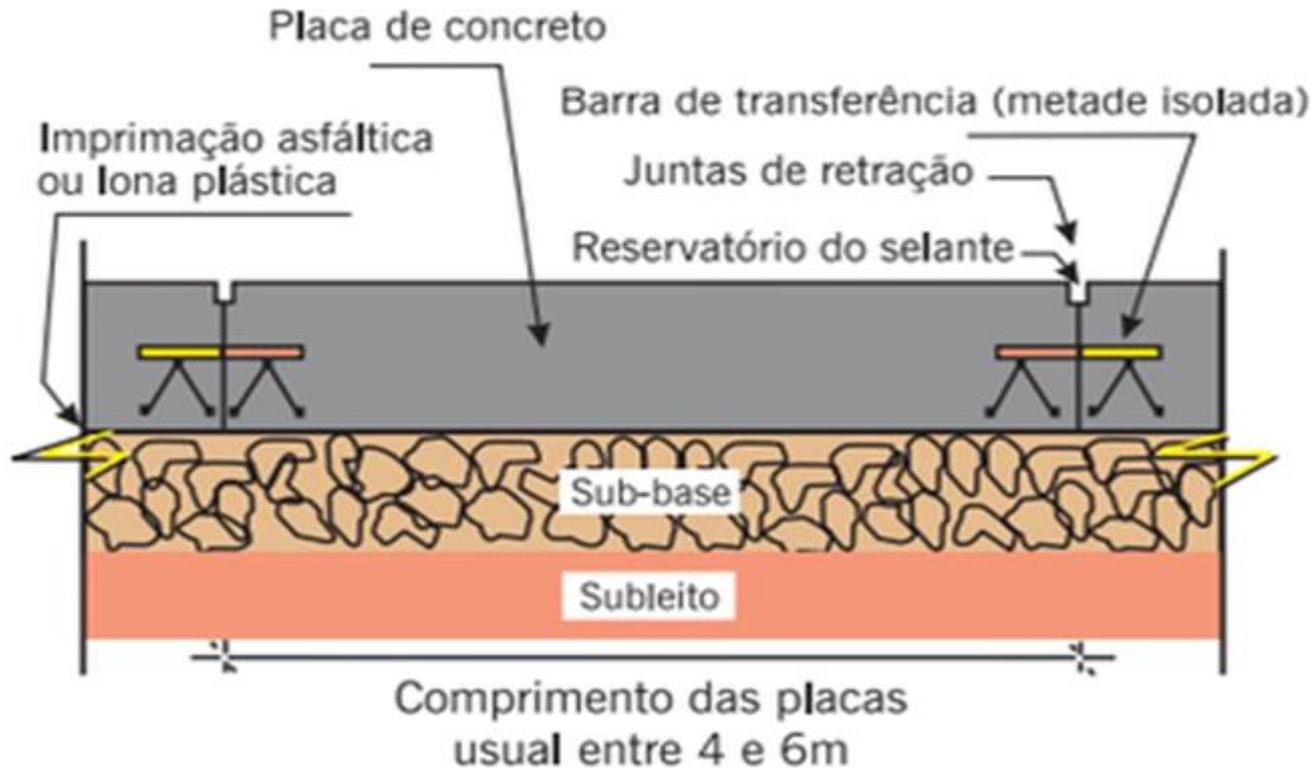
Revestimento

Destinado a melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste.

10.3 Camadas do Pavimento Rígido



10.3 Camadas do Pavimento Rígido



Concreto-cimento (corte longitudinal)

10. Projeto de Pavimentação

10.1 Dados Necessários e Projetos Necessários

10.2 Conceitos Básicos de Pavimento

10.3 Camadas do Pavimento

10.4 Materiais para Pavimentação

10.5 Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis e Rígidos

10.6 Bases e sub-bases

10.7 Revestimentos

10.8 Execução de pavimentos

10.4 Materiais para Pavimentação

- **Materiais Terrosos (Areia):** Solos Residuais e Solos Transportados
- **Materiais Pétreos (Brita):** Material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para produção de argamassa e concreto
- **Materiais Betuminosos:**
 - **Asfaltos** - são obtidos através de destilação do petróleo. Podem ser naturais ou provenientes da refinação do petróleo.
 - **Alcatrões** - são obtidos através da refinação de alcatrões brutos, que por sua vez vêm da destilação de carvão mineral.
- **Cimento Portland**

10.4 Materiais para Pavimentação

➤ **Asfaltos:**

- Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP)
- Asfaltos diluídos
- Emulsões asfálticas
- Asfaltos Modificados (ex: com adição de polímero ou com borracha)

10.4 Materiais para Pavimentação

- Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP)

- São o produto básico da destilação do petróleo.
- São semi-sólidos a temperatura ambiente, necessitando de aquecimento para adquirir consistência adequada para utilização.
- Classificação dos CAPs
 - Segundo a Viscosidade Absoluta a 60°C
 - CAP 7
 - CAP 20
 - CAP 55
 - Segundo ensaio de Penetração, realizado a 25°C
 - CAP 30/45
 - CAP 50/70
 - CAP 85/100
 - CAP 100/120
 - CAP 150/200

10.4 Materiais para Pavimentação

- Asfaltos diluídos

São ligantes asfálticos tratados com solventes orgânicos de petróleo e que podem ser aplicados com pequeno aquecimento (60°C a 100°C) ou a frio.

- Classificação em função do prazo de "cura" (tempo para ocorrer a evaporação do diluente ou solvente):

- *Asfaltos diluídos de cura rápida (CR ou ADR)*, obtidos pela diluição do CAP em um diluente leve, tipo *gasolina*;

- *Asfaltos diluídos de cura média (CM ou ADM)*, obtidos pela diluição do CAP em um diluente médio, tipo *querosene*; - *Asfaltos diluídos de cura lenta, (CL)* obtidos pela diluição do CAP em um diluente tipo *diesel*.

10.4 Materiais para Pavimentação

- Emulsões asfálticas

- São produtos em que uma fase asfáltica é dispersa em uma fase aquosa com o auxílio de um agente emulsificante.
- As emulsões resultam compostos de 50 a 70% de CAP, em torno de 1% de emulsificante e o restante de água.
- Classificação das emulsões:
 - Quanto ao tempo de ruptura (tempo de evaporação da água):
 - Emulsões de ruptura rápida - RR (40 min),*
 - Ruptura média - RM (até 2 h)*
 - Ruptura lenta - RL (até 4h);*
 - Quanto a carga elétrica das partículas:
 - Emulsões aniônicas - sais de amina - (com partículas carregadas negativamente e com afinidade maior c/ agregados de natureza básica, calcários e dolomitos);*
 - Emulsões catiônicas - Sabões - com partículas carregadas positivamente e de maior afinidade com agregados de natureza ácida como granitos e quartzitos).*

10.4 Materiais para Pavimentação

- Asfaltos Modificados (ex: com adição de polímero ou com borracha)

Asfaltos modificados São obtidos a partir da dispersão do CAP com polímero. Os polímeros mais utilizados são:

- SBS (Copolímero de Estireno Butadieno)
- SBR (Borracha de Butadieno Estireno)
- EVA (Copolímero de Etileno Acetato de Vinila)
- EPDM (Tetrapolímero Etileno Propileno Diesso)
- APP (Polipropileno Atático), Polipropileno; Borracha vulcanizada, Resinas, Epóxi, Poliuretanas, onde os polímeros conferem elasticidade e melhoram as propriedades mecânicas.

10.4 Materiais para Pavimentação

Emprego dos materiais betuminosos

Serviços	Cimentos asfálticos			Emulsões asfálticas catiônicas					Asfaltos Diluídos				
	Tipos de CAP			Ruptura Rápida		Ruptura Média		R. Lenta	Cura Rápida (RR)		Cura Média (CM)		
	55	20	7	RR-1C	RR-2C	RM-1C	RM-2C	RL-1C	CR-70	CR-250	CM-30	CM-70	CM-250
1. Imprimação											X	X	
2. Pintura de ligação				X (a)	X (a)	X (a)	X (a)	X (a)	X (b)				
3. Tratamentos superficiais													
Simples			X	X (b)	X					X			
Duplas			X	X (c)	X					X			
Triplas			X	X (c)	X					X			
4. Macadame betuminoso			X	X	X								
5. Pré-misturado a quente	X	X											
6. Pré-misturado a frio:													
Aberto						X	X	X		X			
Denso						X	X	X		X			X
7. Areia-asfalto a quente	X	X											
8. Areia-asfalto a frio						X	X	X					
9. Concreto asfáltico	X	X											X
10. Mistura na estrada						X	X	X					
11. Solo Betume (d)								X					X
12. Lama asfáltica (e)													

Observações:

- a) As emulsões asfálticas catiônicas são usadas em pintura de ligação normalmente diluídas em água (1:1), mas a mistura não deve ser estocada;
- b) Não se deve usar AD tipo CR-70 como pintura de ligação sobre superfície betuminosa;
- c) Não se usa a emulsão RR-1C nos tratamentos superficiais onde as declividades longitudinais e transversais forem elevadas;
- d) Em solo betume também podem ser usadas as Emulsões para Lama Asfáltica;
- e) As Emulsões para Lama Asfáltica podem ser tipo Aniônicas (LA-1; LA-2), Catiônicas (LA-1C; LA-2C), Especiais (LA-E).

10. Projeto de Pavimentação

10.1 Dados Necessários e Projetos Necessários

10.2 Conceitos Básicos de Pavimento

10.3 Camadas do Pavimento

10.4 Materiais para Pavimentação

10.5 Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis e Rígidos

10.6 Bases e sub-bases

10.7 Revestimentos

10.8 Execução de pavimentos

10.5 Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis e Rígidos

Determinar as espessuras das camadas e indicar os materiais a serem utilizados.

Pavimento Flexível

Métodos Empíricos: - Método do Índice de Grupo: Índices físicos e IG do subleito e tráfego

- **Método do HRB:** Índices físicos dos materiais
- **Método do CBR e *Hveem*:** CBR e tráfego e *coesão*
- **Método de Peltier:** CBR e tráfego(carga por roda) - Pavimentos intertravados e revestimentos poliédricos:
- **Método do DNIT (Murilo Lopes de Souza):** dados de entrada: CBR do subleito, Número N, Coeficientes estruturais, e índices físicos dos materiais.
- **MeDiNa:** Método de Dimensionamento Mecanístico Empírico de Pavimentos Asfálticos adotado pelo DNIT, Informações (<http://ipr.dnit.gov.br/>)

Pavimento Rígido

- **Método PCA/84:** Fixa a espessura em função, do tráfego, da resistência a flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes

10.6 Bases e sub-bases

Rígidas

- Concreto de cimento
- Concreto Compactado com Rolo (CCR)
- Macadame cimentado

Semi-rígidos

- Solo-cimento - solo melhorado com cimento
- Solo-cal - solo melhorado com cal
- Base Granular Tratada com Cimento (BGTC)

Flexíveis

- Solos estabilizados
 - Pela correção granulométrica
 - Com adição de ligantes betuminosos
 - Com adição de sais minerais
 - Com adição de resinas
- Brita graduada
- Solo-brita
- Macadame hidráulico
- Macadame betuminoso
- Alvenaria poliédrica
- Paralelepípedo

10.6 Bases e sub-bases

Solo-Cimento



10.6 Bases e sub-bases

Solo-Brita

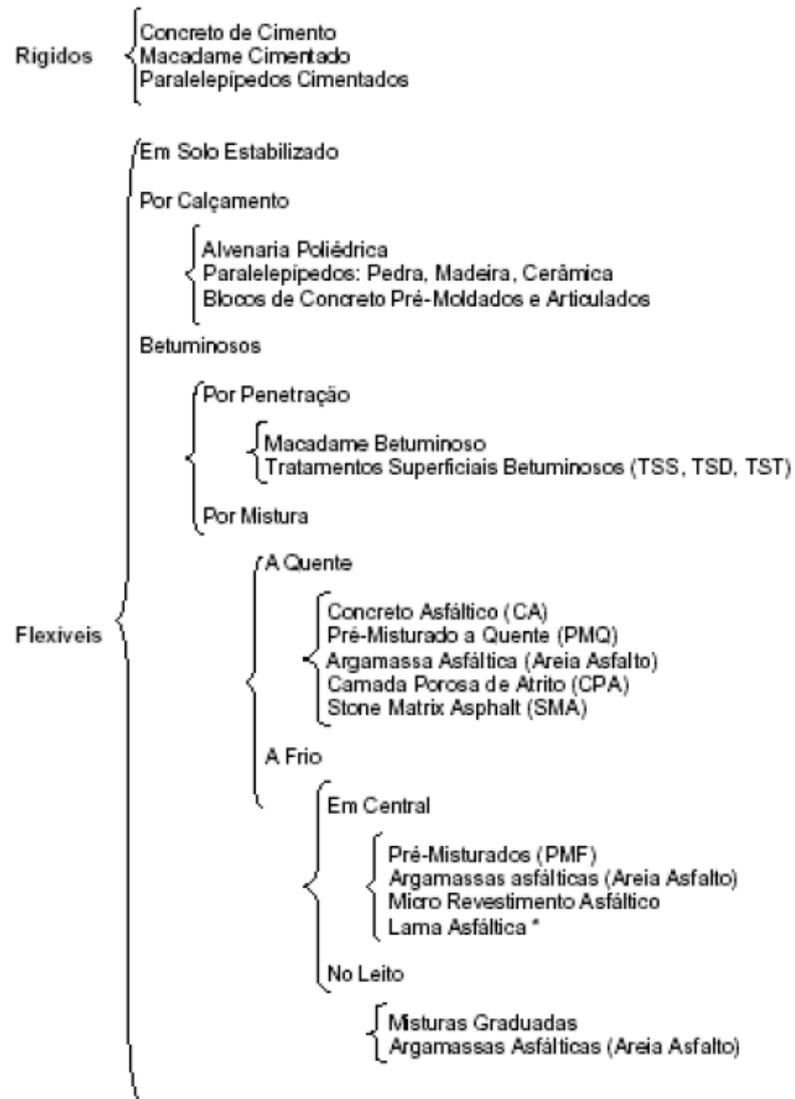


10.6 Bases e sub-bases

Macadame Hidráulico

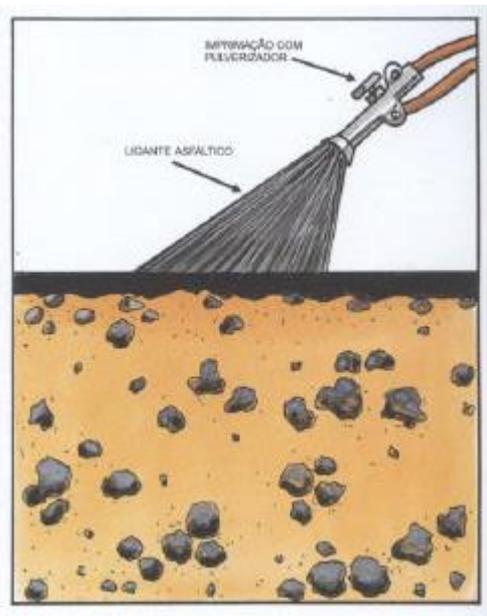


10.7 Revestimentos



10.7 Revestimentos – Imprimação

Também chamada de Imprimadura ou Prime-Coat. Consiste na aplicação de uma camada de material asfáltico sobre a superfície de uma base concluída, antes da execução de um revestimento asfáltico qualquer.



Funções da imprimação

- Promover condições de ligação e aderência entre a base e o revestimento.
- Impermeabilização da base.
- Aumentar a coesão da superfície da base pela penetração do material asfáltico.

10.7 Revestimentos – Imprimação



<https://youtu.be/3VqDcpifP5g>

10.7 Revestimentos – Exemplo CBUQ

É um revestimento flexível, resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e material betuminoso espalhado e comprimido a quente. Durante o processo de construção e dimensionamento, são feitas rigorosas exigências no que diz respeito aos equipamentos, granulometria, teor de betume, estabilidade, vazios. É considerado um revestimento nobre.



10.7 Revestimentos – Exemplo CBUQ



Acabamento da base



Compactação da base



Imprimação



Lançamento do CBUQ



Compactação



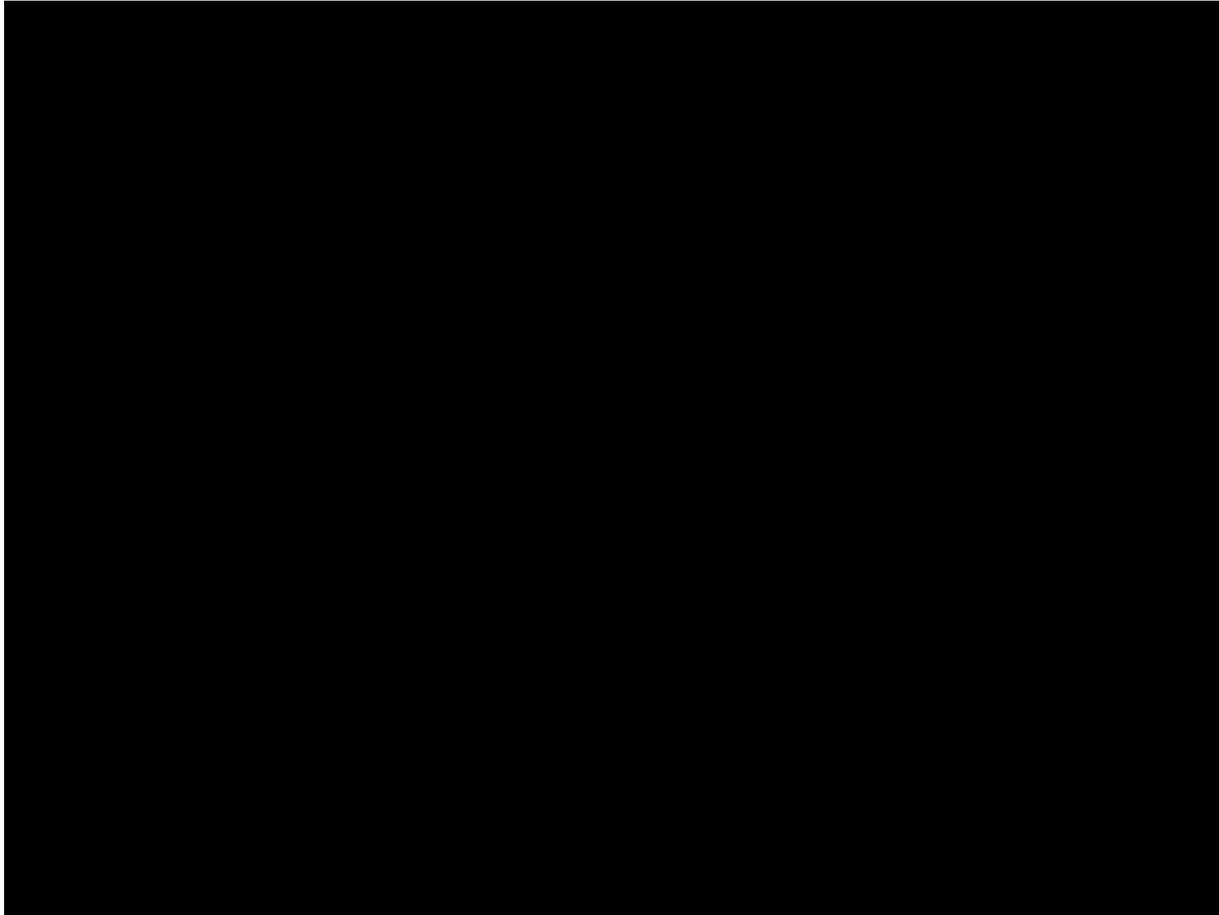
Acabamento

10.8 Execução de pavimentos



<https://www.youtube.com/watch?v=-95moTXMTQE&t=309s>

10.8 Execução de pavimentos



<https://www.youtube.com/watch?v=HmsCOLQSG8A&t=28s>