

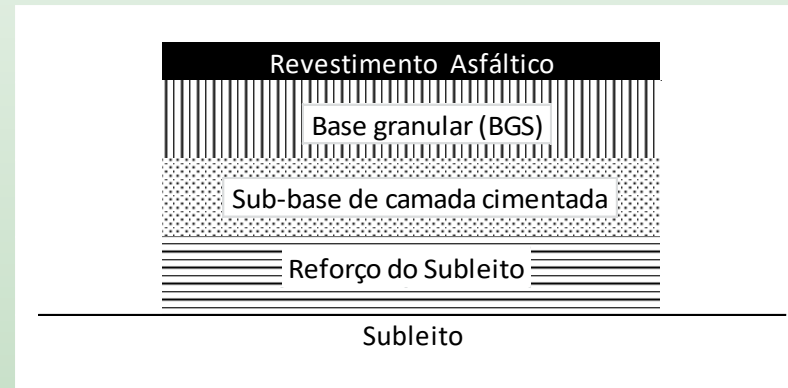
Materiais de pavimentação:

- BGTC
- Macadame hidráulico
- Macadame seco

1º. semestre / 2024

BGTC

- A brita graduada tratada com cimento (BGTC) é um material comumente utilizado em camada de sub-base de pavimento, neste o pavimento é classificado como pavimento semirrígido invertido.



- Por definição a BGTC é uma mistura de material pétreo com adição de cimento na ordem de 3% a 4% em peso da mistura total, composto em usina tipo pugmill, e quando compactado adequadamente resulta em uma camada de pavimento com propriedades de elevada rigidez.

BGTC

As espessuras praticadas situam-se na ordem de 10 cm a 15 cm



Cuidados especiais devem ser tomados quanto a possibilidades de segregação no lançamento da BGTC em pista.

camada final de 30 cm	
15	2a. Camada
15	1a. Camada

Camada deverá ser compactada em uma única espessura, diferentemente da BGS que pode-se compactar em camadas sobrepostas.



A compactação é feito por rolos lisos vibratórios e complementados por rolos pneumáticos pesados em especial para acabamento superficial.



- BGTC** – Os parâmetros de compactação para a BGTC são semelhantes aos obtidos para BGS: teor de umidade de moldagem na ordem de 3% a 5% e massa específica aparente seca, normalmente, superior a $2,0 \text{ g/m}^3$.
-
- Ainda Balbo (2007), evidencia que, embora, a BGTC apresente elevada rigidez, apresenta também heterogeneidade com presença elevada de vazios não preenchidos por cimento, fato associado à distribuição granulométrica do material. A pasta de cimento responsável pelas ligações no embricamento dos agregados acarreta baixa resistência e que face às tensões e deformações a que a camada será submetida, o comportamento à fadiga é sofrível.

BGTC

Os valores de módulo de resiliência, normalmente, encontrados para esse tipo de material situam-se entre 7000 MPa a 18000 MPa conforme prescreve método de dimensionamento de pavimentos flexíveis e semirrígidos do DER-SP, estando esses valores intimamente relacionados à origem mineralógica dos agregados, a forma das partículas, a distribuição granulométrica ao grau de compactação e por se tratar de um material permeável, ao grau de colmatação de seus vazios, dentre outros fatores menos influentes.

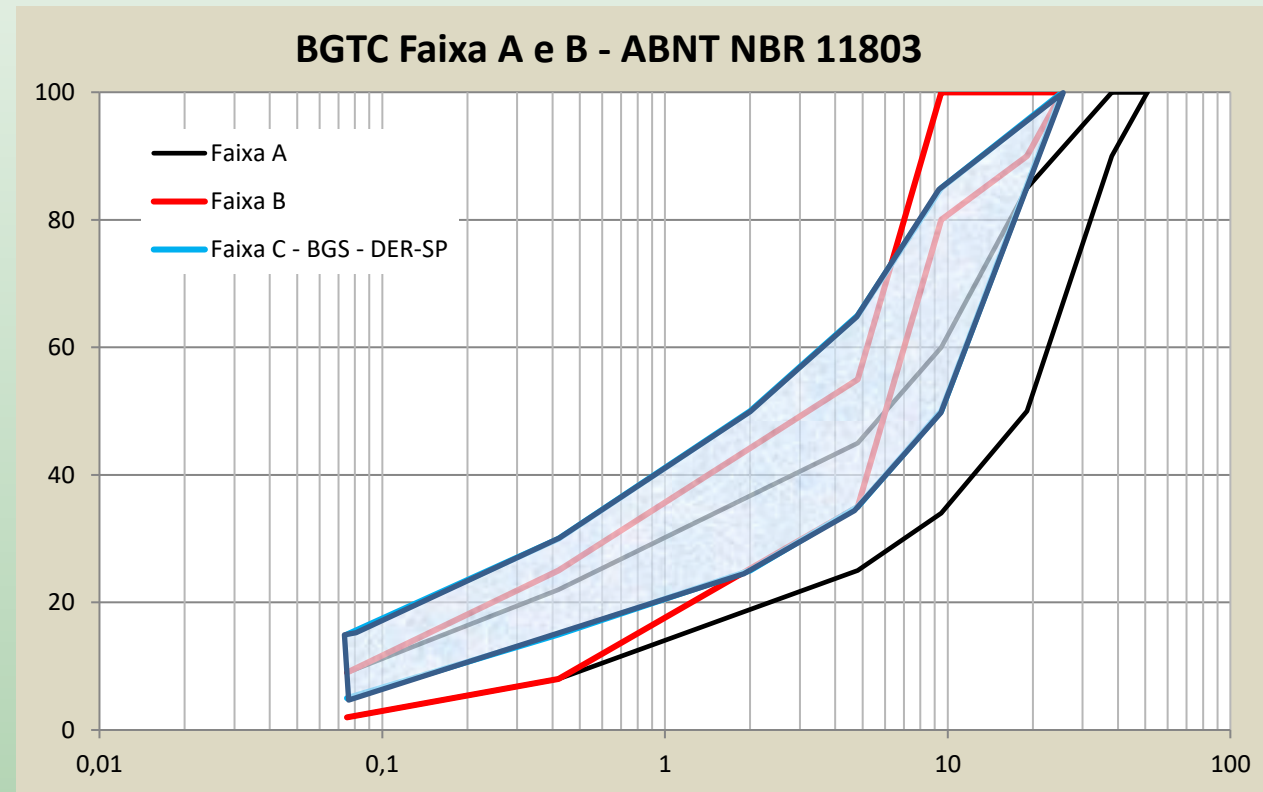
O aspecto final da camada é muito semelhante ao da BGS.



BGTC

Faixas granulométricas ABNT NBR 11803:2013

ABNT NBR 11803 (2013)			
Peneiras		Graduação	
ABNT n.	(mm)	A	B
2"	50,8	100	-
1 1/2"	38,1	90 - 100	-
1"	25,4	-	100
3/4"	19,1	50 - 85	90 - 100
3/8"	9,5	34 - 60	80 - 100
4	4,8	25 - 45	35 - 55
40	0,42	8 - 22	8 - 25
200	0,075	2 - 9	2 - 9

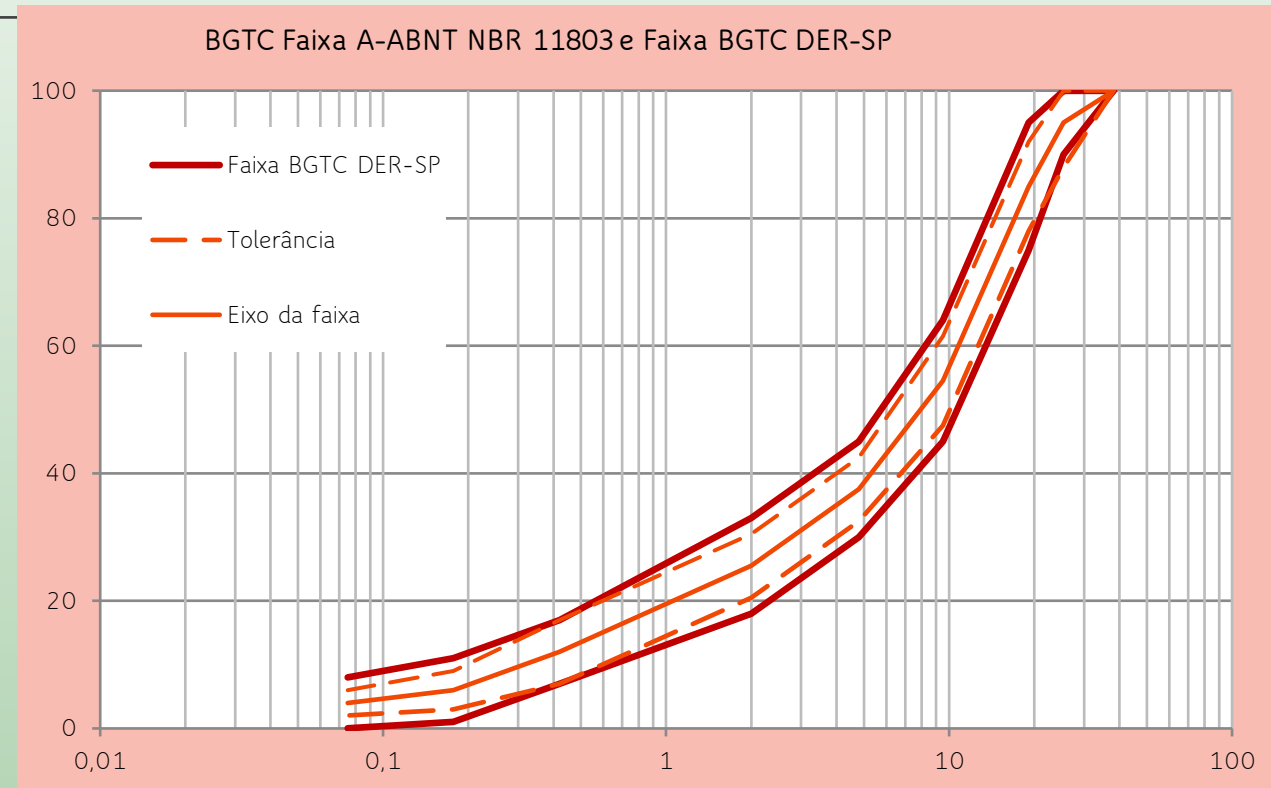


BGTC

Faixas granulométricas DER-SP

Peneiras		% em massa passante	Tolerâncias
ABNT n.	(mm)		
1 1/2"	38,1	100	± 7%
1"	25,4	90 - 100	± 7%
3/4"	19,1	75 - 95	± 7%
3/8"	9,5	45 - 64	± 7%
4	4,8	30 - 45	± 5%
10	2,0	18 - 33	± 5%
40	0,42	7 - 17	± 5%
80	0,177	1 - 11	± 3%
200	0,075	0 - 8	± 2%

Espessura da camada de 12 a 18 cm



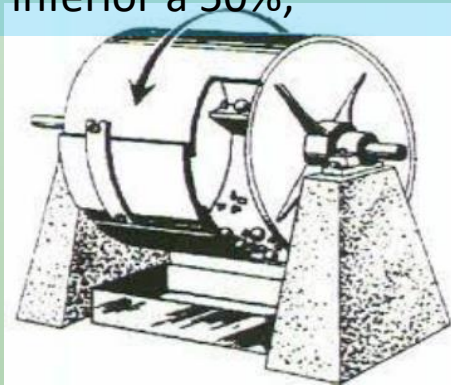
BGTC

Os agregados utilizados obtidos a partir da britagem e classificação de rocha são devem constituir-se por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres do excesso de partículas lamelares ou alongados, macios ou de fácil desintegração, assim como de outras substâncias ou contaminações prejudiciais;



Perda no ensaio de durabilidade conforme DNER ME 089(9), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%.

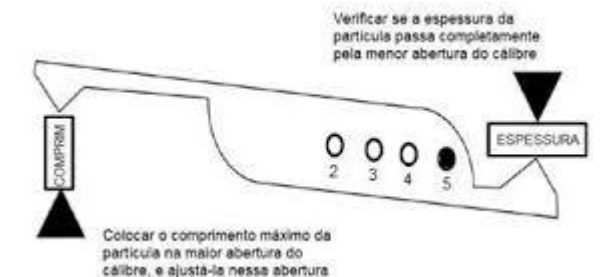
Desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR NM 51(6), inferior a 50%;



Equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052(7), superior a 55%;



Índice de forma superior a 0,5 e porcentagem de partículas lamelares inferior a 10%, conforme NBR 6954(8); e,



Macadame Hidráulico

Macadame Hidráulico

Macadame hidráulico não é um material de pavimentação, melhor enquadrado como um processo construtivo.

O material macadame teve sua origem na Inglaterra no início do século XIX, por concepção de MacAdam e foi bastante emprego nas primeiras rodovias brasileiras

.A norma do DNIT 152/2010-ES define macadame hidráulico como uma “camada de pavimento constituída por uma ou mais camadas de agregados graúdos com diâmetro variável de 3,5” a 1/2” (88,9 mm a 12,7 mm), compactadas, com as partículas firmemente entrosadas umas às outras, e os vazios preenchidos por agregado para enchimento, com ajuda lubrificante da água”.

Macadame Hidráulico

Aplicado em camada de base ou sub-base de pavimento, com espessuras médias entre 12 cm e 20 cm. O DER-SP na IP-DE-P00/001. – especifica valores de módulo de resiliência para projeto de 250 MPa a 450 MPa.

Esse tipo de material não possui parâmetros de ensaios que possibilite a orientação de aplicação como: densidade seca máxima, umidade ótima de compactação. As especificações condizem aos parâmetros de aplicação diretamente em campo como: características da granulometria do tipo de camada, cura, etc.

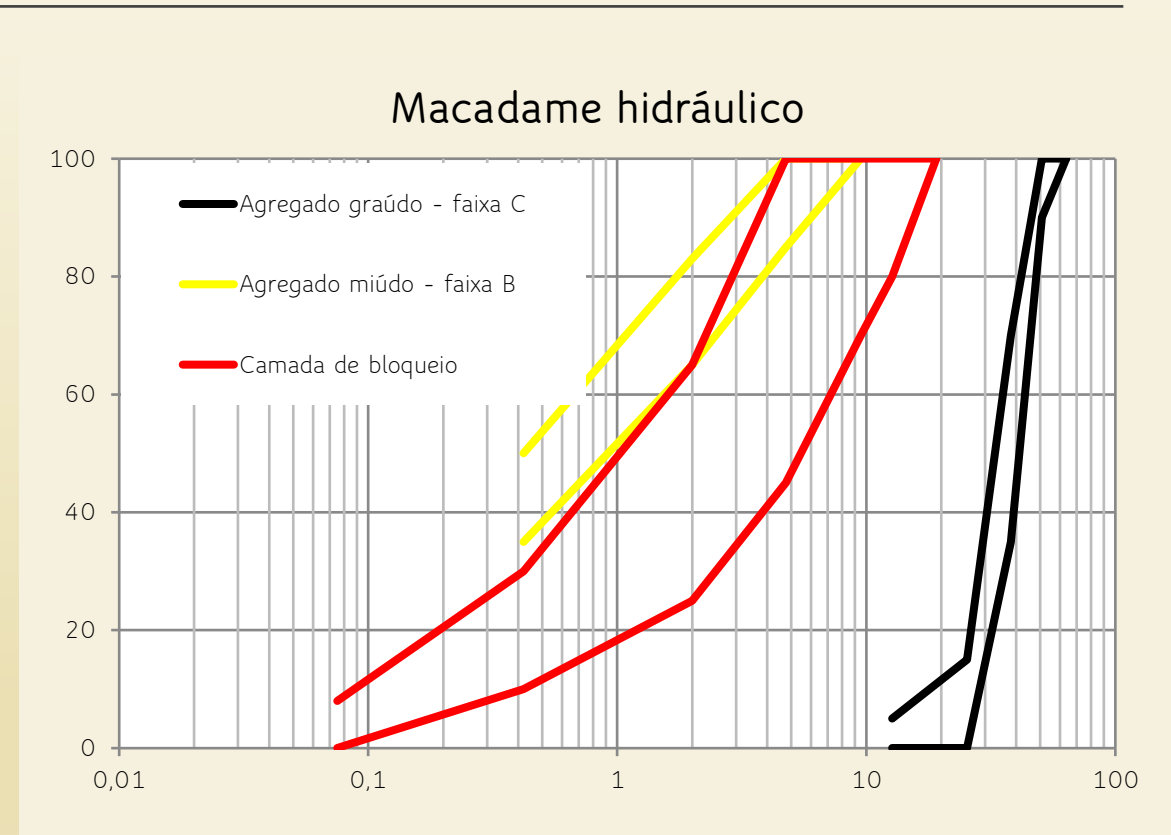
Macadame Hidráulico

DNIT 152/2010-ES

Composição granulométrica: agregado graúdo / agregado miúdo e material de enchimento

Peneiras		Agregado graúdo				Agregado camada de bloqueio			Agregado miúdo		
		% massa passante			tolerância	% massa passante		tolerância	% massa passante		tolerância
n.	(mm)	Faixa				Faixa			Faixa		
		A	B	C	A	B	A	B			
4"	101,6	100			± 7%	-	-	-	-		
3 1/2"	88,9	90 - 100			± 7%	-	-	-	-		
3"	76,2	-	100		± 7%	-	-	-	-		
2 1/2"	63,5	25 - 60	90 - 100	100	± 7%	-	-	-	-		
2"	50,8	-	35 - 70	90 - 100	± 7%	-	-	-	-		
1 1/2"	38,1	0 - 15	0 - 15	35 - 70	± 7%	-	-	-	-		
1"	25,4	-	-	0 - 15	± 7%	-	-	-	-		
3/4"	19,1	0 - 5	0 - 5	-	± 7%	100	-	± 7%	100	± 7%	
1/2"	12,7	-	-	0 - 5	± 7%	80 - 100	-	± 7%	85 - 100	± 7%	
3/8"	9,52					70 - 100	-	± 7%	-	100	± 7%
4	4,76					45 - 100	100	± 5%	-	85 - 100	± 5%
10	2,0					25 - 65	55 - 100	± 5%	55 - 70	65 - 83	± 5%
40	0,42					10 - 30	25 - 100	± 3%	30 - 50	35 - 50	± 3%
200	0,075					0 - 8	0 - 12	± 2%			

↑
camada de bloqueio



Macadame Hidráulico

camada de bloqueio

Deve ser empregada sempre que o material da camada subjacente tiver mais de 35 % em peso passando na peneira n° 200, deve ser executada, antes do primeiro espalhamento do agregado graúdo, uma camada de bloqueio em toda a largura da plataforma, compreendendo pista e acostamento, com a espessura de 4 cm a 1 cm.

Macadame Hidráulico

Características dos materiais

- ✓ Durabilidade agregado graúdo com perdas menores que: 20% no sulfato de sódio e 30% no sulfato de magnésio;
- ✓ Abrasão Los Angeles menor que 50%;
- ✓ O agregado graúdo deve ter diâmetro máximo compreendido entre 1/2 e 2/3 da espessura final de cada camada executada, devendo ser constituído de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares, macias ou de fácil desintegração, e de outras substâncias prejudiciais;
- ✓ O pedregulho ou o cascalho britado devem apresentar, no mínimo, 75% em peso de partículas com duas faces obtidas na britagem.
- ✓ Índice de forma menor ou igual a 2 conforme NBR 7809(2013);
- ✓ Limite de liquidez $\leq 25\%$ e IP $\leq 6\%$ para a fração de material passante na peneira n. 40 (0,42 mm de abertura). Para o material de enchimento e IP $\leq 6\%$ para a mesma fração do material de graduação fina;
- ✓ EA mínimo de 55%;

Macadame Hidráulico

O controle de execução, conforme a Especificação de Serviço DNIT 152/2010-ES contempla:

- Verificações visuais da compressão
- Uma verificação após o término de cada compressão, antes da colocação do agregado para enchimento, por meio da passagem do rolo em cada faixa compactada, para constatar o aparecimento ou não de sulco ou ondulação antes da colocação do agregado para enchimento;
- Uma verificação de enchimento dos vazios depois de concluída a irrigação, pela constatação de uma pequena onda de pasta de agregado e água à frente do rolo, quando este se deslocar sobre a base;
- Verificação da compactação final, pela colocação à frente do rolo compressor de uma pedra de tamanho razoável, constatando o esmagamento da mesma pelo rolo, sem penetrar na camada.

Macadame Hidráulico

Controle Tecnológico

Viga Benkelman

Verificação das características geométricas da camada como produto final

Plano de amostragem – controle tecnológico condições de conformidade e não conformidade

Macadame Hidráulico



Figura 1 - Espalhamento da 1ª. camada de macadame seco.



Figura 2 - Espalhamento da material de enchimento

Macadame seco

Material com características semelhante ao macadame hidráulico, difere-se basicamente a não utilização da água como agente lubrificante.

Os vazios do macadame seco são preenchidos a seco por agregados miúdos, cuja estabilização é obtida pela ação da energia de compactação, (DER-SP e DER-PR, 2005).