

# BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO - BGTC

Especificação Particular

**C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**

Março - 2021



**DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 009 Rev.10**

# Especificação Particular para Execução de Brita Graduada Tratada com Cimento - BGTC

Designação ARTERIS ES 009 - Rev. 10 (março/2021)



## Descrição resumida das revisões desta edição:

- i. Item 5.2.2 – Remoção da exigência de quantidade mínima de cimento. O material deverá ser dosado para atendimento aos parâmetros de projeto.
- ii. Item 7.3 – O material deverá ser espalhado e compactado em camada única.
- iii. Inclusão dos itens 7.5 (Liberação Geométrica), 7.6 (Liberação do Laboratório) e 7.7 (Imprimação da camada).
- iv. Item 8.3 – Deflexão (viga Benkelman) deverá ser medida no mínimo após 7 dias de aplicação da camada. A deflexão característica máxima admissível deverá ser fixada em projeto.
- v. Alteração das análises por “pista” para análise por “faixa” de tráfego.
- vi. Redução do espaçamento para medição de deflexão e espessura, de 100 metros para 20 metros.

---

## 1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação de base de brita graduada tratada com cimento. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

---

## 2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

ABNT - NBR 5732 - Cimento Portland Comum – Especificação.

ABNT - NBR 11581 – Cimento Portland – Determinação do tempo de pega

ARTERIS ME-27 Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27.

ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia.

ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles.

ARTERIS ME-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104.

DNIT-ME 129 - Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.

DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia.

ARTERIS ME-002 - Método de ensaio para brita graduada tratada com cimento - Percentagem de cimento por titulação química

ABNT-NBR 5738 - Concreto – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos.

ABNT-NBR 5739 - Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

ABNT-NM 8 - Concreto – Determinação da resistência a tração por compressão diametral.

DNIT-ES 307 - Pavimentação - pintura de ligação

DNIT-ME 024 - Pavimento – Determinação das deflexões pela viga "Benkelman.

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

---

### **3. DEFINIÇÃO**

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

#### **3.1 Brita Graduada Tratada com Cimento:**

Consiste na associação de agregado mineral, cimento Portland, aditivos e água, em proporções determinadas experimentalmente, que cumpre certos requisitos de qualidade, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada, resultando uma mistura homogênea, compactada e rígida.

---

### **4. CONDIÇÕES GERAIS**

4.1 A brita graduada tratada com cimento pode ser empregada como camada de sub-base ou base de pavimentos.

4.2 Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

4.3 O tempo máximo entre a mistura na usina e o término da compactação na pista é de 3 horas, devendo ser aferido pelo ensaio de início e fim de pega do cimento ABNT – NBR 11581.

---

## 5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Os constituintes da brita graduada tratada com cimento são: agregado graúdo, agregado miúdo, cimento, aditivos e água e devem atender aos limites definidos nesta especificação.

### 5.1 MATERIAL

5.1.1 Cimento Portland deverá atender a uma das seguintes normas:

ABNT – NBR 5732 Cimento Portland comum;

ABNT – NBR 5733 Cimento Portland de alta resistência inicial;

ABNT – NBR 5735 Cimento Portland de alto forno;

ABNT – NBR 5736 Cimento Portland pozolânico.

#### 5.1.2 Aditivos

Podem ser empregados, a critério da contratada, aditivos para retardar a pega do cimento Portland, que atendam a norma:

ABNT NBR 11768 - Aditivos para concreto de cimento Portland.

#### 5.1.3 Água

Deverá ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento Portland.

#### 5.1.4 Agregados

Será constituído de pedra britada, areia, pó-de-pedra ou mistura desses. Suas partículas individuais devem ser resistentes, livre de torrões de argila, substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (NBR-6465);
- Durabilidade, perda inferior a 12% no sulfato de sódio (ARTERIS ME-104);
- Equivalente de areia igual ou superior a 35% (NBR-12052).

### 5.2 COMPOSIÇÃO DA MISTURA e DOSAGEM

5.2.1 A composição granulométrica da mistura de agregados antes da adição do cimento Portland deve satisfazer os requisitos do quadro seguinte, com as respectivas tolerâncias quando ensaiadas pelo Método ARTERIS ME-27.

Peneira	mm	FAIXA BGTC ARTERIS		FAIXA DE TRABALHO
		MÍNIMA	MÁXIMA	
1"	25	100	100	± 7
3/4"	19	90	100	± 7
3/8"	9,5	55	80	± 7
Nº 4	4,75	35	55	± 5
Nº 10	2,00	20	45	± 5
Nº 40	0,42	10	30	± 5
Nº 200	0,075	2	9	± 2

Faixa de trabalho é a variação máxima permitida para a curva granulométrica obtida, em uma dada peneira.

*Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas.*

5.2.2 A porcentagem de cimento Portland a ser incorporada à mistura deverá ser o suficiente para atendimento aos requisitos da tabela a seguir, bem como ao módulo de resiliência previsto em projeto.

Resistência à Compressão Simples (ABNT NBR 5739) - MÍNIMO		Resistência à Tração por Compressão Diametral (ABNT NBR 7222) - MÍNIMO
7 dias	28 dias	28 dias
4,2 Mpa	7,0 MPa	1,0 Mpa

5.2.3 O teor ótimo de umidade e a densidade aparente máxima da mistura (com o cimento incorporado) na energia intermediária de compactação, devem ser definidos através do ensaio de compactação utilizando amostras não trabalhadas DNIT ME – 129.

5.2.4 A confecção dos corpos de prova (15 x 30 cm) para os ensaios de Resistência a Compressão Simples - NBR-5769 e Resistência a Tração por Compressão Diametral ABNT NM- 8 (NBR 7222) (2 para cada ensaio), no teor ótimo de umidade, deve ser da seguinte maneira:

- Moldagem do corpo de prova em 5 camadas, e em cada uma delas aplicar 66 golpes com o soquete de 4,536 kg de peso e altura de queda de 45,72 cm, do método de ensaio de compactação utilizando amostras não trabalhadas DNIT ME – 129. Energia intermediária de compactação ( $E=13 \text{ kg. cm} / \text{cm}^3$ ). Os corpos de prova serão curados conforme descrito no método de ensaio moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos (ABNT NBR 5738).

- Se o diâmetro máximo do agregado for menor que 20mm, os corpos de prova poderão ser confeccionados no molde de 10 x 20 cm, nesse caso a moldagem será em 3 camadas, e cada uma recebendo 33 golpes, com o soquete acima indicado.

*A dosagem deve ser apresentada pela Contratada e aprovada pela ARTERIS antes do início dos serviços.*

---

## **6 EQUIPAMENTO**

6.1 Usina de solos do tipo contínua ou descontínua, deve ter dispositivos para dosagem dos agregados individuais, cimento Portland, aditivos e água, e dispositivo para mistura e homogeneização.

6.2 Caminhões basculantes para transporte da brita graduada tratada com cimento.

6.3 Distribuidor de agregados automotrizes e dotado de dispositivo de vibração e acabamento.

6.4 Rolo compressor corrugado vibratório, pneumático e tandem liso (vibratório ou estático).

6.5 Motoniveladora ou martelete para corte de juntas.

6.6 Caminhão distribuidor de ligante asfáltico.

6.7 Caminhão irrigador para distribuição de água.

---

## **7 EXECUÇÃO**

### **7.1 Mistura**

Os agregados deverão ser estocados convenientemente, de modo que cada um deverá ocupar um silo da usina, não sendo permitida uma mistura prévia dos materiais. Os agregados deverão apresentar homogeneidade granulométrica.

A brita graduada tratada com cimento deverá ser preparada em usina descrita em 6.1.

Os agregados serão combinados de maneira a enquadrar a mistura final nos limites estabelecidos no projeto de mistura (faixa de trabalho).

A introdução da água no misturador deverá ser controlada por meio de dispositivo que permita a verificação da quantidade acrescentada.

Caso ocorram “zonas mortas” no misturador, nas quais o material não seja revolvido suficientemente, estas deverão ser desfeitas.

### **7.2 Transporte**

A brita graduada tratada com cimento a ser transportada, deverá ser protegida por lonas para evitar a perda de umidade durante seu transporte ao local de espalhamento.

### **7.3 Espalhamento**

Antes de se iniciar a execução propriamente dita, devem ser efetuados a locação e o nivelamento da camada subjacente.

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deverá ser umedecida, sem apresentar excessos de água.

A operação de espalhamento será executada por distribuidor de agregados descrito em 6.3 em camada única, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem conformação suplementar, de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta norma.

A largura de cada “pano” não deverá permitir que juntas longitudinais fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas.

As juntas transversais também não devem ficar no mesmo alinhamento.

O espalhamento não poderá ser realizado sob chuva.

#### **7.4 Compactação**

Imediatamente depois de terminada a operação de espalhamento, deverá ser iniciado o processo de compactação com o rolo corrugado vibratório. O teor de umidade no momento da compactação deverá ser de no máximo +1 ou no mínimo -2 pontos percentuais em relação à umidade ótima definida em 5.2.3.

O tempo decorrido entre a mistura e o término da compactação, deverá ser de acordo com o descrito em 4.3.

A compactação será iniciada nas bordas do pavimento. As passagens seguintes do compactador recobrirão pelo menos 25% da largura da faixa anteriormente compactada.

#### **7.5 Liberação Geométrica**

Após o término da compactação da camada, deve ser verificada se a espessura final obtida está de acordo com as cotas determinada em projeto. As verificações devem ser realizadas com espaçamento máximo de 20 metros.

#### **7.6 Liberação do Laboratório**

Após a liberação geométrica, o laboratório deve realizar o controle tecnológico da camada.

A densidade aparente da mistura compactada (grau de compactação) deverá ser maior ou igual a 100% da densidade aparente máxima definida em 5.2.3.

#### **7.7 Imprimação da Camada**

Após a liberação do laboratório, deve ser executada imediatamente a imprimação da camada com RR1C ou RR2C ou Emulsão Asfáltica de Imprimação (EAI), na taxa de resíduo de 0,3 a 0,4

l/m<sup>2</sup>, ficando terminantemente proibido o tráfego de veículos e maquinários sobre a camada imprimada.

### **7.8 Juntas de construção**

Ao fim de cada jornada de trabalho, será executada uma junta transversal de construção em local já compactado com face vertical. As juntas transversais de construção não deverão coincidir entre dois panos de serviço adjacentes.

Caso sejam necessárias, as juntas longitudinais serão construídas entalhando-se verticalmente a borda da camada. A face da junta será umedecida antes da colocação da camada adjacente.

Tanto as juntas transversais como as longitudinais, não deverão coincidir com os locais de juntas da camada subjacente anteriormente executada.

### **7.9 Liberação para colocação da camada sobrejacente**

Deverá ser interditado o tráfego ou a presença de qualquer equipamento até que a camada tenha resistência compatível com sua solicitação de carga, o que poderá ser verificado com o rompimento de corpos de prova extraídos de pista. Não será permitido, entretanto, qualquer trânsito de veículos antes de 7 dias.

---

## **8 CONTROLE DE QUALIDADE**

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2 ou onde expressamente mencionado nesta especificação particular.

### **8.1 Materiais**

#### **8.1.1 Cimento Portland**

O fornecedor de cimento deverá entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto em 5.1.1.

#### **8.1.2 Aditivos**

O fornecedor de aditivos (quando utilizado) deverá entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto em 5.1.2.

#### **8.1.3 Água**

Deverá ser potável

#### **8.1.4 Agregados**

- Um ensaio de desgaste por abrasão Los Angeles (ABNT NBR 6465) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada tratada com cimento.
- Um ensaio de durabilidade ao sulfato de sódio (ARTERIS ME-104) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada tratada com cimento.



- Um ensaio de equivalente de areia (ABNT NBR 12052) por semana.

## **8.2 Mistura fresca**

- Um ensaio de análise granulométrica (ARTERIS ME-27) a cada 4 horas de produção da usina. A amostra deve ser coletada antes da adição do cimento.
- Um ensaio de compactação (DNIT ME-129), quando houver mudança na faixa de trabalho da mistura.
- Uma determinação do teor de cimento por titulação química método (ARTERIS ME-002) a cada 4 horas de produção da usina.
- Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção da usina. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNIT ME-092.
- Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNIT ME-092) a cada 100m de faixa, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, imediatamente após a compactação da camada.

## **8.3 Mistura Endurecida**

- Um ensaio de resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de idade (ABNT NBR 5739) por dia.
- Um ensaio de resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade (ABNT NM-8) por dia.

*Para os ensaios de resistência a compressão simples e de tração por compressão diametral devem ser extraídos corpos de prova de pista ao 7º dia.*

*Obs: os corpos de prova devem apresentar espessura  $\geq a$  de projeto e não devem conter nenhuma patologia tal como trincamento e segregação.*

- Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNIT ME-024) ou pelo FWD a cada 100m de faixa, e após no mínimo 7 dias de idade da camada. A deflexão característica máxima admissível será fixada no projeto.

---

## **9 CONTROLE GEOMÉTRICO**

Após a execução da camada, proceder-se-á a relocação da plataforma e ao nivelamento do eixo e dos bordos. Proceder à determinação de pelo menos 5 valores individuais, obtidos por relocação e nivelamento do eixo e dos bordos, de 20 em 20 m alternadamente, antes e depois das operações de espalhamento e compactação.

Como alternativa, as medidas de espessuras poderão ser realizadas por ocasião da execução do ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNIT ME-092) descrito em 8.2.

Admitir-se-á variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral. A espessura de comparação deve ser a de projeto (95% do valor) com a mínima (média menos desvio padrão) encontrada nas medições da pista.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico, bem como o Controle Geométrico, serão tratados estatisticamente de acordo com a quantidade de resultados e medições por período ou segmento.

## 10 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados em 8 (Controle de Qualidade), bem como das características geométricas indicadas em 9 (Controle Geométrico), deverão atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \qquad s = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

$X_i$  - valores individuais.

$\bar{X}$  - Média da amostra.

s - Desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações conforme tabela.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras									k = coeficiente multiplicador									

Os serviços não aprovados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.

**11 APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS**

	<b>ENSAIO</b>	<b>FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>ACEITAÇÃO</b>	<b>OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO</b>
<b>DOSAGEM</b>	<b>DOSAGEM DA MISTURA DE BGTC</b>	15 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-009	PROJETO: 28 DIAS - COMPRESSÃO = 7,0 MPa - TRAÇÃO = 1,0 Mpa
<b>AGREGADOS</b>	<b>DURABILIDADE, SULFATO DE SÓDIO</b>	Na dosagem ou material mudar	Agr. Graúdo < 12% Agr. Miúdo < 12%	ARTERIS ME-104
	<b>ABRASÃO LOS ANGELES</b>	Na dosagem ou material mudar	< 40 %	ABNT NBR-6465
	<b>EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÊCA</b>	1 ensaio por semana	≥ 35%	ABNT NBR-12052
<b>ADITIVOS</b>	<b>CIMENTO PORTLAND</b>	Em toda entrega do produto	<u>atender</u>	ABNT – NBR 5732 ou NBR 5733 ou NBR 5735 ou NBR 5736
	<b>ADITIVOS</b>	Em toda entrega do produto	<u>atender</u>	NBR 11768
<b>USINA</b>	<b>GRANULOMETRIA DA MISTURA</b>	a cada 4 horas	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS ME-27

<b>UMIDADE HIGROSCÓPICA DOS AGREGADOS</b>	1 ensaio por dia	Para correção da H ót	"método expedito da frigideira"
<b>COMPACTAÇÃO</b>	Na dosagem ou material mudar	Dens. Máx. Seca e H ót.	DNIT ME-129
<b>TEOR DE CIMENTO POR TITULAÇÃO</b>	a cada 4 horas	Projeto	ARTERIS ME-002
<b>TEOR DE CIMENTO POR MEDIÇÃO DA CORREIA</b>	1 ensaio por dia	Projeto	Medir 1 metro de correia e calcular % de cimento
<b>TEOR DE UMIDADE DA MISTURA</b>	a cada 4 horas	H ót de Projeto $\pm 0,2 \%$	DNIT ME-092
<b>MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA</b>	Mínimo 4 por dia (2 para compressão e 2 para tração)	CP's 15x30 = 66 golpes 5 camadas - soquete 4,536 kg / altura de queda de 45,72 cm	Curar os CP's conforme ABNT NBR 5738
		CP's 10x20 = 33 golpes 3 camadas - soquete 4,536 kg / altura de queda de 45,72 cm	

	<b>RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (7 dias)</b>	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 4,2 MPa	ABNT NBR 5739
	<b>RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (28 dias)</b>	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 7,0 MPa	ABNT NBR 5739
	<b>RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (28 dias)</b>	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 1,0 MPa	ABNT NM-8
<b>PISTA</b>	<b>RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (7 dias)</b>	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 4,2 MPa	ABNT NBR 5739
	<b>RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (28 dias)</b>	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 7,0 MPa	ABNT NBR 5739
	<b>RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (28 dias)</b>	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 1,0 MPa	ABNT NM-8
	<b>UMIDADE DA MISTURA</b>	Imediatamente antes da compactação	-2 a +1% da H. ót.	DNIT ME-092
	<b>GRAU DE COMPACTAÇÃO</b>	a cada 100 metros de faixa	> 100% Energia Intermediária	DNIT ME-092
	<b>MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)</b>	a cada 20 metros de faixa (Após 7 dias da execução)	Projeto	DNIT ME-024
<b>PISTA</b>	<b>ESPESSURA</b>	a cada 20 metros de faixa	> 95% do Projeto	DNIT ME-092