

ATERRO SOBRE SOLOS COMPRESSÍVEIS

Especificação Particular

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Dezembro de 2015



DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 105 Rev.00

Especificação Particular para Execução de Aterro sobre solos compressíveis

Designação ARTERIS ES 105 - Rev. 00 (dezembro/2015)



1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução e aceitação de aterro sobre solos compressíveis obra de terraplanagem nas rodovias administradas pelo grupo ARTERIS.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

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

- ARTERIS T 27 Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos AASHTO T-27.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 49. Agregado miúdo – Determinação de impureza orgânica. Rio de Janeiro, 2001.
- NBR 7181. Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
- NBR NM 248. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

3. DEFINIÇÃO

A presente especificação refere-se à construção de aterros sobre locais onde o terreno natural é constituído por solos compressíveis, altamente deformáveis, que apresentam recalques excessivos ou ruptura da base quando carregados.

Os solos compressíveis possuem baixa resistência ao cisalhamento, normalmente associada à baixa resistência à penetração estática ($SPT < 2$ golpes/30 cm). Geralmente, são constituídos por argilas orgânicas e solos turfosos, comumente saturados.

4. MATERIAIS

Os materiais que devem ser utilizados na fundação dos aterros sobre solos compressíveis, devem ser indicados em projeto, em função das condições de suporte e drenagem da área.

Podem ser empregados os seguintes tipos:

- areia isenta de matéria orgânica, torrões de argila ou outros materiais prejudiciais;
- pedra britada (n.º3 e n.º4);
- pedra detonada;
- pedra rachão;
- geotêxtil.

Os materiais de preenchimento devem ser lançados ou compactados, de maneira que atendam às condições de compacidade e consistência exigidas em projeto.

5. EQUIPAMENTOS

O conjunto de equipamentos necessários à execução dos serviços é:

- a) trator de esteira leve, com peso total máximo ≤ 8 tf;
- b) retroescavadeira com comando hidráulico;
- c) caminhões basculantes.

6. EXECUÇÃO

6.1 Considerações Gerais

Sempre que a camada inferior do aterro assentar-se em terreno alagado, toda área de fundação do aterro, quando possível, deve ser previamente drenada antes do início da execução da fundação.

Nos casos em que o bombeamento esteja previsto em projeto ou indicado pela fiscalização da Arteris, nenhuma camada da fundação de aterro pode ser lançada antes da conclusão do esgotamento.

Quando não houver a possibilidade de execução da drenagem, deve ser construída previamente uma camada do aterro, com material inerte, cuja superfície fique acima do nível d'água, de maneira que a camada inicial do aterro sobrejacente possa ser compactada. A altura do material inerte não deve ser inferior a 1 m em relação ao nível d'água.

Outra solução que pode ser adotada quando não houver a possibilidade de drenagem prévia, é a execução de aterro sobre estiva lançada ou estiva natural. Neste caso, ou seja, quando o aterro for lançado sobre estiva natural, a área não deve ser limpa.

As primeiras camadas de fundação de aterro, a critério da fiscalização da Arteris ou indicado em projeto, devem ser lançadas em ponta de aterro, utilizando trator de esteira leve, com peso total ≤ 8 tf.

Antes do lançamento do material inerte a área deve ser limpa. O processo de limpeza e o material a ser utilizado na fundação devem ser fixados em projeto ou pela fiscalização da Arteris,

em função das características de cada fundação e da disponibilidade dos materiais existentes no local.

Após a construção das camadas compactadas acima descritas, o material de fundação deve ser compactado conforme a Arteris ES108 – Aterro.

Em zonas em que a lâmina d'água for excessivamente espessa, de modo que impossibilite o lançamento de material inerte e, sempre que indicado em projeto deve ser executado diques de vedação, para isolar a fundação de aterro e reduzir o volume de água a ser drenado.

6.2 Execução

Os aterros sobre solos compressíveis devem ser executados geralmente por três processos:

- a) lançamento do aterro após a remoção do solo compressível,
- b) lançamento de aterro com adensamento normal;
- c) lançamento de aterro com adensamento acelerado.
 - Lançamento de aterro após a remoção do solo compressível

Nos casos onde haja viabilidade econômica para retirada total ou parcial dos solos compressíveis, a escavação do material deve ser executada de acordo com as determinações de projeto, isto é, na largura, profundidade e inclinações de taludes indicados em projeto.

A fundação do aterro deve ser constituída por uma ou mais camadas de material granular inerte, esta última camada deve possuir granulometria conveniente, que impeça a penetração de finos do aterro no material de fundação. A compactação do material de fundação deve ser executada conforme a Arteris ES108 – Aterro.

Quando a remoção dos solos compressíveis não puder ser executada em sua totalidade, ou seja, em etapa única, a substituição do material compressível deve ser executada em etapas, deixando septos ou executando aterros de pontas.

A substituição por etapas deve ser executada escavando-se uma faixa de solo compressível entre os septos, que deve ser aterrado com material de enchimento antes da escavação da etapa seguinte. O aterro de ponta deve ser executado forçando o material de substituição contra o solo compressível, provocando seu deslocamento.

Nos dois casos devem-se tomar os cuidados necessários para garantir que o material de enchimento não seja contaminado pelo material escavado, exceto na zona de contato dos materiais.

O material contaminado deve ser removido e substituído por um novo.

A execução do aterro é obrigatoriamente precedida da comprovação, pela fiscalização, do adensamento estabelecido em projeto. Então se pode prosseguir a execução do aterro, conforme a Arteris ES108 - Aterro.

- Lançamento de aterro com adensamento normal

Neste caso, o solo compressível não deve ser removido completamente, o aterro é construído diretamente sobre o solo compressível.

Quando no local houver água deve-se efetuar a drenagem da área antes do início do lançamento do material inerte que irá constituir a fundação do aterro.

As camadas de material inerte devem ser executadas com equipamentos leves, tipo esteira, sendo proibido o acesso de equipamentos de pneus ou pesados até que a fundação atinja a estabilidade necessária.

Nos casos em que não haja possibilidade de lançamento de camadas de material, o projeto deve indicar solução alternativa que promova a separação física entre o solo compressível e o material de aterro. A exemplo do indicado no item 7.1 podem ser utilizadas estivas lançadas ou naturais.

Sempre que existirem riscos de ruptura da base do aterro, devem ser previstas bermas de equilíbrio, de maneira que a sua construção seja simultânea com a construção de aterros.

Quando a fundação atingir o adensamento previsto em projeto e tiver sido liberada pela fiscalização da Arteris, deve-se dar início da execução do corpo do aterro.

O aterro deve ser construído de acordo com a Arteris ES108 - Aterro, sendo que a sua execução deve ser realizada em etapas, respeitando os prazos e recalques mínimos indicados no projeto para cada etapa de construção.

- Lançamento de aterro com adensamento acelerado

Em situações que o solo compressível não for removido e seja necessário reduzir o tempo previsto para o aparecimento de recalques, devem ser adotados métodos construtivos que permitam reduzir o tempo previsto para a ocorrência de recalques.

Os métodos de aceleração do adensamento, geralmente, consistem de aplicação de sobrecarga na fundação, ou na execução de um conjunto de drenos verticais junto à fundação do aterro.

A presente especificação trata apenas da construção com sobrecarga.

A execução da sobrecarga deve ser executada de acordo com as indicações de projeto, quanto à largura, cota e prazos de construção. Se indicado em projeto a construção das bermas de equilíbrio, estas devem ser executadas simultaneamente à construção do aterro.

A remoção da sobrecarga, parcial ou total, somente deve ser iniciada após liberação da fiscalização da Arteris, a qual deve orientar-se pelas estimativas de projeto e pela instrumentação de campo, para verificar se a fundação atingiu o recalque previsto.

Quando a sobrecarga for incorporada ao aterro, sua execução também deve obedecer às orientações da Arteris ES108 – Aterro.

Quando a fundação atingir o adensamento previsto em projeto e tiver sido liberada pela fiscalização da Arteris, deve-se dar prosseguimento a execução do aterro.

O aterro deve ser construído de acordo com a especificação de aterro e a sua execução deve ser realizada em etapas, respeitando os prazos e recalques mínimos indicados no projeto para cada etapa de construção.

7. CONTROLE DE QUALIDADE

7.1 Materiais:

Para cada 1.000 m³, do mesmo material inerte arenoso, proveniente de corte ou de jazida, utilizado na fundação, deve ser executado, no mínimo:

- a) um ensaio de impurezas orgânicas em areia, conforme NBR NM 49;
- b) um ensaio de granulometria, conforme NBR 7181.

Para cada 1.000 m³, do mesmo material inerte rochoso ou pedra britada, proveniente de jazida ou corte, utilizado na fundação, deve ser executado no mínimo:

- a) um ensaio de granulometria de agregados, conforme ARTERIS T 27.

O controle de compactação e do restante dos materiais do aterro deve ser feita conforme a especificação Arteris ES108 - Aterro.

7.2 Geométrico

O controle geométrico deve consistir na verificação topográfica das dimensões, cotas e inclinações das cavas e aterros, de forma a ser obtida a conformação da seção transversal de projeto. A largura da plataforma pode ser determinada por medidas de trena.

O acabamento quanto à declividade transversal e a inclinação dos taludes devem ser as indicadas em projeto. As verificações devem ser realizadas pela executante e pela fiscalização da Arteris desde o início e até o término das operações, de modo a permitir as correções eventualmente necessárias.

7.3 Controle de recalques

O controle de recalques deve ser feito topograficamente, utilizando marcos superficiais ou placas de recalque.

As leituras de recalques devem ser feitas periodicamente, de acordo com o estipulado no projeto, durante e após o período construtivo, até que ocorra o adensamento previsto em projeto.

A espessura medida deve 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:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

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

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.

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									

8. ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais, e de execução, estabelecidas nesta especificação, discriminadas a seguir:

8.1 Materiais

Os materiais da fundação de aterro são aceitos desde que atendam as seguintes condições:

- as areias devem ser isentas de matéria orgânica e deve apresentar no máximo 15% do material passando na peneira n.º40;

- a granulometria do material rochoso deve atender a especificada em projeto.

8.2 Geometria

Os serviços rejeitados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, a ser feito pela construtora e entregue junto com a medição. A medição só será encaminhada para pagamento após a entrega do relatório de controle do trecho medido.

8.3 Recalque

O recalque é aceito quando ocorrer à estabilização do adensamento previsto no projeto.

9. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
MATERIAIS	AREIAS	A cada 1000 m ² executados	< 15% passante na peneira N° 40	ABNT NBR 49
	GRANULOMETRIA DO SOLO (Coesivo)	A cada 1000 m ² executados	-	ABNT NBR 7181
	GRANULOMETRIA DO SOLO (Granular)	A cada 1000 m ² executados	Atender ao projeto de dosagem	ARTERIS T 27
	CBR	Na dosagem ou material mudar	≥ 2%	ARTERIS ES 108
	EXPANSÃO	Na dosagem ou material mudar	< 4%	ARTERIS ES 108
PISTA	GRAU DE COMPACTAÇÃO	a cada 100 metros de pista	≥ 100% (Energia especificada)	ARTERIS ES 108
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	a cada 100 metros de pista	$\bar{X} - ks > 95\%$ da espessura de projeto	Linha e trena / topografia