



SECRETARIA DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	1 de 17

TÍTULO

**ATERRO**

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Terraplenagem. Aterro. Solo.

APROVAÇÃO

PROCESSO

PR 010969/18/DE/2006

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DERSA - DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-Q0/017**. Aterros. São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER ES 282**. Terraplenagem – aterros. Rio de Janeiro, 1997.

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO



## ÍNDICE

1	OBJETIVO .....	3
2	DEFINIÇÃO .....	3
3	MATERIAIS .....	3
4	EQUIPAMENTOS .....	3
5	EXECUÇÃO .....	4
5.1	Considerações Iniciais .....	4
5.2	Aterro em Solo .....	5
5.3	Camada Final .....	6
5.4	Aterro com Material Rochoso .....	6
6	CONTROLE .....	7
6.1	Materiais .....	7
6.2	Execução .....	7
6.3	Geométrico .....	8
7	ACEITAÇÃO .....	8
7.1	Materiais .....	9
7.2	Grau de Compactação .....	9
7.3	Geometria .....	9
8	CONTROLE AMBIENTAL .....	9
9	CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO .....	10
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	10
	ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE .....	12
	ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO .....	16



CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	3 de 17

## 1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a execução, aceitação e medição de aterros em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

## 2 DEFINIÇÃO

Aterros são segmentos da rodovia cuja implantação requer deposição de materiais provenientes de cortes ou de empréstimos, no interior dos limites das seções de projeto que definem o corpo estradal ou, a substituição de materiais inadequados, previamente removidos do subleito dos cortes ou materiais existentes na fundação dos próprios aterros.

A deposição dos materiais envolve as operações de espalhamento, aeração ou umedecimento, homogeneização e compactação do material.

Para entendimento desta especificação são adotadas também as seguintes definições:

Corpo de aterro: parte do aterro constituída de material lançado e compactado em camadas de espessuras uniformes, situadas no horizonte entre o terreno natural e a linha delimitadora do início da camada final do aterro.

Camada final: parte do aterro constituído de material selecionado lançado e compactado em camadas de espessuras uniformes, situadas no horizonte entre o greide de terraplenagem e o corpo de aterro, com 1,00 m de espessura.

## 3 MATERIAIS

Os aterros são constituídos por materiais, devidamente selecionados, provenientes da escavação de cortes ou de áreas de empréstimo, devidamente selecionados. Devem atender à qualidade e à destinação prévia indicada no projeto.

Os solos utilizados devem:

- ser isentos de matéria orgânica;
- para corpo de aterro possuir  $CBR \geq 2\%$  e expansão  $< 4\%$ , ou o especificado em projeto;
- a camada final dos aterros deve ser constituída de solo selecionado, dentre os melhores disponíveis, os quais devem ser objeto de especificações complementares indicadas no projeto. Não é permitido o uso de solos com expansão maior que 2%;
- em regiões em que ocorra a presença de materiais rochosos e ocorra falta de material de 1ª e 2ª categoria, admite-se a construção de aterros com material rochoso, desde que haja especificação complementar de projeto.

## 4 EQUIPAMENTOS

Antes do início da execução dos serviços todos os equipamentos devem ser examinados e aprovados pelo DER/SP.



CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMISSÃO	mar/2006	FOLHA	4 de 17

Os equipamentos básicos para execução dos aterros são compostos das seguintes unidades:

- a) motoniveladoras pesadas equipadas com escarificador;
- b) grade de discos;
- c) pá carregadeira;
- d) rolos compactadores, lisos, pé de carneiro, estáticos ou vibratórios;
- e) caminhão tanque irrigador;
- f) trator de esteira com lâmina e ripper;
- g) trator agrícola;

## 5 EXECUÇÃO

### 5.1 Considerações Iniciais

O início das operações deve ser precedido da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza.

Quando a fundação do aterro for constituída de solos compressíveis ou em zona inundada, deve ser atendido o disposto na especificação ET-DE-Q00/004-Aterro sobre Solos Compressíveis.

No caso de execução de aterros a meia encosta, onde o terreno natural possui inclinação superior a 25%, o talude deve ser previamente cortado em degraus com altura aproximada de 1,0 m antes do lançamento do material para execução da respectiva camada de aterro.

A execução das camadas deve ser iniciada pelo lado mais baixo, os degraus executados no talude devem ter largura suficiente para deslocamento dos equipamentos ao realizar as operações de descarga e compactação das camadas lançadas.

Os cortes horizontais para formação dos degraus devem ser iniciados na interseção do terreno natural com a superfície da última camada lançada e compactada. O material resultante da escavação deve ser espalhado e compactado no aterro em execução, se a quantidade de material for insuficiente, resultando uma camada muito delgada, isto é, inferior as espessuras definidas nesta especificação, deve ser adicionado mais material de aterro para completar a espessura. Os materiais devem ser misturados, homogeneizados e compactados em única camada.

Nos alargamentos de aterros ou no caso de correções de erosões, o talude existente deve ser cortado em degraus, com largura suficiente para permitir as operações de deposição, espalhamento e compactação do material. O alargamento ou correção das erosões são constituídas conforme descrito nesta especificação até atingir o nível do aterro existente. Todo leito antigo deve ser escarificado, conformado e compactado com a camada adjacente do alargamento ou correção, e a espessura total da camada escarificada e do material adicional, se houver, não deve ser ultrapassar a espessura máxima determinada nesta especificação.

Os cortes horizontais no aterro antigo devem ser executados conforme o especificado para aterros na meia encosta. A superfície das camadas compactadas deve possuir inclinação para



CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	5 de 17

fora do aterro de alargamento ou correção, a fim de não acumular água de chuva nos pontos de junção do aterro antigo com o aterro novo.

Desde o início das obras até seu recebimento, os aterros construídos ou em construção devem ser protegidos contra ação erosiva das águas e mantidos em condições que assegurem a drenagem eficiente.

Nos aterros de acesso de encontros das pontes, o enchimento das cavas das fundações e as trincheiras de bueiros, bem como todas as áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, devem ser compactadas com o uso de equipamento adequado, como soquetes manuais e sapos mecânicos.

Em regiões onde houver predominância de areia, admite-se a execução de aterros com seu emprego, desde que previsto em projeto. Exige-se a proteção das camadas de areia, através da execução de camadas subseqüentes, na espessura definida em projeto, com material terroso devidamente compactado.

Durante todo o tempo que durar a construção, até o recebimento do aterro, os materiais e os serviços devem estar protegidos contra ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. A responsabilidade desta conservação é da executante e não é objeto de medição.

## 5.2 Aterro em Solo

Os aterros devem ser executados em camadas sucessivas, com espessura solta, definida pela fiscalização, em função das características geotécnicas do material e do equipamento de compactação utilizado que resultem na espessura compactada de no mínimo de 15 cm. O lançamento do material deve ser feito em camadas sucessivas em toda largura da seção transversal e em extensões tais que permitam seu umedecimento e compactação.

São aceitas camadas compactadas com espessuras superiores a 15 cm, desde que autorizadas pela fiscalização e comprovadas em aterro experimental, isto é, desde que equipamento utilizado confira o grau de compactação mínimo exigido de 100% em relação ao proctor Normal, conforme NBR 7182<sup>(1)</sup>. Admitem-se espessuras de até 30 cm de espessura para as camadas do corpo do aterro e do máximo 20 cm para as camadas finais de aterro, isto é, o último um metro.

As camadas individuais do aterro devem ser constituídas preferencialmente por material homogêneo. Quando os materiais provenientes da escavação forem heterogêneos, os materiais devem ser misturados com emprego de grades de disco, motoniveladoras, a fim de se obter, ao final destas operações, a homogeneidade do material.

Quando existirem materiais em excesso provenientes da escavação, e optar-se pela utilização de execução de aterros com alargamento da plataforma, abrandamentos dos taludes ou for necessária à execução de bermas de equilíbrio, estas operações devem ser efetuadas desde a etapa inicial do aterro.

Durante a compactação das camadas de aterro, o equipamento deve deslocar-se sobre a camada de maneira a proporcionar a cobertura uniforme de toda área. A compactação deve ser



CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	6 de 17

realizada com equipamentos adequados ao tipo de solo.

As condições de compactação exigidas para aterro e as variações de umidade admitidas são:

- a variação do teor de umidade admitido para o material do corpo de aterro é de  $\pm 3\%$  em relação a umidade ótima de compactação e o grau de compactação mínimo exigido é de 95% em relação à massa específica aparente seca máxima conforme NBR 7182<sup>(1)</sup>, na energia normal;
- para as camadas situadas no último um metro, camada final de aterro, a variação de umidade do material admitida é de  $\pm 3\%$  para as camadas iniciais, e de  $\pm 2\%$  para as três últimas camadas, em relação à umidade ótima de compactação determinado conforme NBR 7182<sup>(1)</sup>, na energia adotada para compactação do material;
- o grau de compactação mínimo exigido para as camadas finais situadas no último um metro é de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, determinada conforme NBR 7182<sup>(1)</sup>, na energia adotada para compactação do material.

A energia de compactação a ser adotada deve ser a maior energia que o material empregado suporte, perante as condições dos equipamentos utilizados. Deve-se assegurar que os valores obtidos para o CBR sejam superiores ou iguais ao previsto no projeto, bem como as expansões sejam inferiores às especificadas também em projeto.

### 5.3 Camada Final

Os materiais empregados na execução da camada final, quando não estiver definido no projeto, devem possuir as seguintes características:

- pertencer aos grupos de classificação MCT, determinado conforme DER M196<sup>(2)</sup>, especificados em projeto;
- nos 0,30 m iniciais os solos devem possuir  $\text{CBR} > 3\%$  e  $\text{expansão} \leq 2\%$ ;
- nos 0,40 m intermediários os solos devem possuir  $\text{CBR} > 5\%$  e  $\text{expansão} \leq 2\%$ ;
- nos 0,30 m finais, superficiais os solos devem possuir  $> 10\%$  e  $\text{expansão} \leq 2\%$ ;
- nos cortes onde o material do subleito não apresentar CBR mínimo de 10%, deve ser feita a substituição do material, numa espessura mínima de 0,40 m, com materiais que atendam os parâmetros  $\text{CBR} \geq 10\%$  e  $\text{expansão} \leq 2\%$ .

Nas áreas de transição de aterros para corte deve ser executada a escavação e remoção de 0,60 m abaixo da cota de terraplenagem, na área de corte a extensão mínima de 2,0 m. O material escavado deve ser substituído por materiais com as mesmas características dos 0,60 m finais da camada final de aterro.

### 5.4 Aterro com Material Rochoso

Em regiões com predominância de material rochoso, proveniente das escavações, admite-se a construções de aterro com estes materiais, desde que prevista em projeto. Os fragmentos de rocha não devem ser possuir dimensões superiores a 75 cm, os fragmentos de rocha que ultrapassem esta dimensão devem ser reduzidos de tal forma que seus fragmentos maiores não ultrapassem a 75 cm.



CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	7 de 17

Não devem ser admitidos fragmentos de rochas de estratificação lamelar, facilmente fragmentáveis.

Os aterros constituídos de fragmentos de rochas devem ter em sua constituição rochas em toda a largura do aterro, por camadas sucessivas de no máximo 1,0 m de espessura. Os últimos 2,0 m de aterro devem ser executados em camadas de no máximo 0,30 m de espessura.

Os aterros devem ser executados descarregando-se o material rochoso sobre o terreno e posteriormente sobre a camada já construída, espalhado com trator de lâmina na espessura indicada, de maneira que os blocos maiores de rocha fiquem colocados na parte inferior e os vazios entre as pedras de maior dimensão sejam preenchidos por pedras menores. Devem ser compactados por meio de rolos vibratórios.

A maior dimensão de qualquer bloco de pedra, em qualquer caso deve ser inferior a 75 % da espessura da camada. Todos os blocos que não preencham esta condição devem ser fragmentados ou, a critério da fiscalização, removidos para fora da área de aterro e depositados em local aprovado.

Em situação que envolva alargamento de aterro em rocha, deve ser adotado procedimento idêntico ao de aterro em solo.

## 6 CONTROLE

### 6.1 Materiais

Devem ser executados os seguintes ensaios nos solos empregados na execução do aterro:

- CBR e expansão conforme NBR 9895<sup>(3)</sup>, na energia normal, um ensaio a cada quatro amostras submetidas ao ensaio de compactação, para os materiais constituintes do corpo de aterro durante a execução;
- CBR e expansão conforme NBR 9895<sup>(3)</sup>, na energia adotada para compactação do material, um ensaio a cada quatro amostras submetidas a ensaio de compactação, para os materiais constituintes da camada final do aterro;
- classificação MCT, conforme DER M196<sup>(2)</sup>, através dos ensaios de mini-MCV, conforme DER M191<sup>(4)</sup>, e perda de massa por imersão, conforme DER M197<sup>(5)</sup>; uma determinação para cada grupo de quatro amostras submetidas ao ensaio de compactação, para o material da camada final, último 1,0 m de aterro;
- análise granulométrica conforme NBR 7181<sup>(6)</sup> para todo o corpo de aterro e camada final, uma determinação para cada grupo de quatro amostras submetidas ao ensaio de compactação.

### 6.2 Execução

O controle da execução é realizado através de ensaios e verificações *in situ*, conforme especificado abaixo:

- determinação do teor de umidade com umidímetro *speedy* conforme DER M145<sup>(6)</sup> ou similar, imediatamente antes da compactação do material, a cada 150 m<sup>2</sup>, a umidade



CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	8 de 17

deve estar compreendida no intervalo de  $\pm 3\%$  e  $\pm 2\%$ , da umidade ótima para o corpo do aterro e da camada final, respectivamente;

- b) determinação da densidade aparente seca máxima e umidade ótima, conforme NBR 7182<sup>(1)</sup>, a cada 1.500 m<sup>2</sup> de um mesmo material do corpo de aterro e a cada 750 m<sup>2</sup> de um mesmo material das camadas finais de aterro;
- c) determinação da massa específica aparente *in situ* conforme NBR 7185<sup>(8)</sup> e da umidade *in situ* conforme DER M145<sup>(6)</sup> ou similar, na profundidade mínima de 75% da espessura da camada, imediatamente após a compactação, e determinação do grau de compactação em relação aos valores obtidos no item b, uma determinação a cada 350 m<sup>2</sup> de camada compactada do corpo de aterro e a cada 250 m<sup>2</sup> de camada final de terraplenagem;
- d) verificação da espessura do material solto lançado no aterro, e acompanhamento do número de passadas do equipamento, ida e volta. A espessura solta e compactada deve ser igual à estabelecida pela fiscalização. O número de passadas do equipamento é definido em função do tipo de equipamento utilizado, das características geotécnicas do material e do grau de compactação exigido para a respectiva camada, O número de passadas deve ser constante para camadas similares.

### 6.3 Geométrico

#### 6.3.1 Controle de Espessura e Cotas

A espessura da camada e as diferenças de cotas devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m, conforme nota de serviço.

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20 m; devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e dois pontos intermediários.

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 conferidas pela fiscalização desde o início e até o término das operações, de modo a permitir as correções eventualmente necessárias.

#### 6.3.2 Controle da Largura e Alinhamentos

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena, executadas pelo menos a cada 20 m.

## 7 ACEITAÇÃO

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





CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMISSÃO	mar/2006	FOLHA	9 de 17

## 7.1 Materiais

Os materiais constituintes do aterro devem ser aceitos quanto ao CBR desde que:

- a análise estatística dos resultados de CBR realizada de acordo com a equação 3 do anexo B, para conjunto de no mínimo quatro e no máximo dez amostras, apresentem CBR iguais ou superiores ao especificado em projeto, no mínimo iguais a 2%, quando se tratar do corpo do aterro, e para camada final do aterro atenda ao especificado no item 5.3;
- os valores individuais da expansão devem ser  $< 4\%$ ; para corpo de aterro e  $\leq 2\%$  para camada final; ou atender às especificadas em projeto, nunca superiores às fixadas nesta especificação;
- os materiais da camada final devem pertencer aos grupos da classificação MCT, especificados em projeto.

## 7.2 Grau de Compactação

O grau de compactação e umidade do material é aceito desde que:

- a) não se obtenham, para as camadas do corpo de aterro, valores individuais de grau de compactação inferiores 95%, e a umidade esteja compreendida no intervalo de  $\pm 3\%$ ;
- b) não se obtenham, para a camada final, valores individuais de grau de compactação inferiores 100%, e a umidade esteja compreendida no intervalo de  $\pm 2\%$ ;
- c) alternativamente, a análise estatística dos resultados do grau de compactação realizada de acordo com a equação 3 do anexo A, para o conjunto de no mínimo quatro e no máximo dez amostras, apresente grau de compactação maior ou igual a 95% e 100%, para as camadas do corpo do aterro e para camada final do aterro, respectivamente.

## 7.3 Geometria

Os serviços são aceitos com a relação à geometria se as variações de cota e largura encontrarem-se dentro das seguintes tolerâncias:

- a) variação da cota  $\pm 0,05$  m para eixo e bordas;
- b) variação máxima da largura da plataforma de + 0,30 m. Não se admitindo valores inferiores para a semi-largura da plataforma.

## 8 CONTROLE AMBIENTAL

As medidas de controle ambiental que devem ser tomadas durante a execução de aterros referem-se à execução dos dispositivos de drenagem, proteção vegetal dos taludes previstos no projeto para evitar erosões e conseqüente carreamento de material.

Os aterros implantados em áreas de preservação permanente, próximos a rios, várzeas etc, devem contar com cuidados especiais.

Caso o aterro seja executado sobre a várzea, esta deve ser adequadamente drenada, evitando o lançamento do material de aterro diretamente sobre água.



Se o aterro for implantado próximo a corpos d'água, em sua APP – Área de Proteção Ambiental, os cuidados com drenagem e estabilidade do talude devem ser redobrados.

Os serviços devem ser conduzidos de forma a causar o mínimo de danos às áreas de entorno.

## 9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço deve ser medido e pago por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de aterro compactado, apurado a partir do terreno natural, isento de camada vegetal e de elementos geométricos contidos nas seções transversais de projeto.

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita são pagos conforme os respectivos preços unitários contratuais, nos quais estão inclusos: compactação e acabamento, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, e outros recursos utilizados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
22.04.01 – Compactação de aterro, energia normal	m <sup>3</sup>
22.04.01.01 – Compactação de aterro, energia intermediária	m <sup>3</sup>

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.
- 2 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER-SP M 196**. Classificação de solos tropicais segundo a metodologia MCT. São Paulo, 1989.
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895**. Solo – Índice de Suporte Califórnia. Rio de Janeiro, 1987.
- 4 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER-SP M 191**. Ensaio de Compactação de solos com equipamento miniatura. São Paulo, 1988.
- 5 \_\_\_\_\_. **DER-SP M 197**. Determinação da massa por imersão de solos compactados com equipamento miniatura. São Paulo, 1988.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**. Solo-Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
- 7 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER-SP M145**. Método de determinação da umidade de solos pelo *speedy*. São Paulo, 1960.
- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7185**. Determinação



CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	11 de 17

da massa específica aparente *in situ*, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 1986.

\_\_\_\_\_  
/ANEXO A



CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	12 de 17

## ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE



SECRETARIA DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA (CONTINUAÇÃO)

CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	13 de 17

ENSAIO	MÉTODO	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
<b>1. MATERIAIS</b>				
CBR e expansão, na energia normal.	NBR 9895 <sup>(3)</sup>	um ensaio para cada 4 amostras submetidas ao ensaio de compactação, do corpo de aterro.	CBR $\bar{X} - KS \geq LIE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	CBR $\geq$ CBR projeto no mínimo $\geq 2\%$ Expansão $\leq 4\%$ ou $\leq$ à especificada no projeto
CBR e expansão, na energia adotada para compactação do material, normal ou intermediária	NBR 9895 <sup>(3)</sup>	um ensaio para cada 4 amostras submetidas ao ensaio de compactação, da camada final do aterro	CBR $\bar{X} - KS \geq LIE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras  Expansão valores individuais	CBR $\geq$ CBR projeto Expansão $\leq$ expansão de projeto e 0,30 m iniciais CBR $>3\%$ e expansão $\leq 2\%$ 0,40 m intermediários CBR $>5\%$ e expansão $\leq 2\%$ 0,30 m finais CBR $>3\%$ e expansão $\leq 2\%$
Classificação MCT Minii – MCV Perda de massa por imersão	DER M196 <sup>(2)</sup> DER M191 <sup>(4)</sup> DER M197 <sup>(5)</sup>	Para grupo de 4 amostras submetidas ao ensaio de compactação da camada final do aterro.	Valores individuais	Pertencerem aos grupos da classificação MCT, especificados em projeto.
Análise granulométrica	NBR 7181 <sup>(6)</sup>	Para grupo de 4 amostras submetidas ao ensaio de compactação do corpo de aterro	Valores individuais	Parâmetro de controle

/continua



SECRETARIA DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA (CONTINUAÇÃO)

CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMISSÃO	mar/2006	FOLHA	14 de 17

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
<b>2. EXECUÇÃO</b>				
Determinação do teor de umidade	DER M145 <sup>(7)</sup> ou similar	Imediatamente antes da compactação a cada 150 m <sup>2</sup>	Valores individuais	Entre ± 3% da umidade ótima de compactação para corpo do aterro e Entre ± 2% da umidade ótima de compactação para camada final do aterro
Ensaio de compactação	NBR 7182 <sup>(1)</sup>	Um ensaio para cada 1.500 m <sup>3</sup> de um mesmo material do corpo de aterro	Valores individuais	Parâmetro de controle
Ensaio de compactação	NBR 7182 <sup>(1)</sup>	Um ensaio para cada 750 m <sup>3</sup> para material um mesmo material da camada final de aterro	Valores individuais	Parâmetro de controle
Determinação da massa específica aparente seca máxima e do teor de umidade, e o respectivo grau de compactação.	NBR 7185 <sup>(8)</sup> DER M145 <sup>(7)</sup> ou similar	Uma determinação a cada 350 m <sup>3</sup> de camada compactada do corpo do aterro Na profundidade de no mínimo 75% da camada compactada	Valores individuais ou Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - KS \geq LIE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Valores individuais de GC ≥ 95% Umidade compreendida no intervalo de ± 3% da umidade ótima de compactação ou GC <sub>est</sub> ≥ 97%

/continua



SECRETARIA DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA (CONTINUAÇÃO)

CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	15 de 17

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Determinação da massa específica aparente seca máxima e do teor de umidade, e o respectivo grau de compactação.	NBR 7185 <sup>(8)</sup> DER M145 <sup>(7)</sup> ou similar	Uma determinação a cada 250 m <sup>3</sup> de camada compactada da camada final na profundidade de no mínimo 75% da camada compactada	Valores individuais ou Controle Estatístico Unilateral $X = X - KS \geq LIE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Valores individuais de GC $\geq 100\%$ Umidade compreendida no intervalo de $\pm 2\%$ da umidade ótima de compactação ou GC <sub>est</sub> $\geq 100\%$
Espessura do material solto	Medida de trena	Em todas as camadas	Resultados individuais	Igual a determinada pela fiscalização para compactação da camada.
Número de passadas do equipamento, para atingir o grau de compactação exigido para camada.	Visual	Em todas as camadas	Resultados individuais	Igual ao determinado experimentalmente
<b>3. GEOMETRIA</b>				
Cotas	Nivelamento do eixo e bordas	A cada 20 m	Resultados individuais	$\pm 0,05$ m do projeto, para eixo e bordas
Largura plataforma	Medidas de Trena	A cada 20 m	Resultados individuais	+0,30 m, não se admitindo valores inferiores aos previstos em projeto para semi-largura da plataforma.
A verificação da declividade e inclinação dos taludes deve ser executada periodicamente pela fiscalização em conjunto com executante, através de régua e esquadro, desde o início até o término das operações, de modo a permitir correções se necessário.				

/ANEXO B



CÓDIGO	ET-DE-Q00/003	REV.	A
EMIÇÃO	mar/2006	FOLHA	16 de 17

## ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO





**Tabela B-1 – Controle Estatístico**

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra ( $\bar{X}$ )	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	
2 - Desvio -padrão da amostra (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{N-1}}$	Onde:
<b>Controle Unilateral</b>		$X_i$ = valor individual da amostra
3 - Controle pelo limite inferior	$X = \bar{X} - KS \geq \text{LIE}$	$N$ = nº de determinações efetuadas
	Ou	$K$ = coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras
4 - Controle pelo limite superior	$X = \bar{X} + KS \leq \text{LSE}$	$K_1$ = coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações
<b>Controle Bilateral</b>		$\text{LSE}$ = limite superior especificado
5 - Controle pelo limite inferior e superior	$X = \bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE}$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$	$\text{LIE}$ = limite inferior especificado

**Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral**

N	K	K <sub>1</sub>	N	K	K <sub>1</sub>	N	K	K <sub>1</sub>
4	0,95	1,34	10	0,77	1,12	25	0,67	1,00
5	0,89	1,27	12	0,75	1,09	30	0,66	0,99
6	0,85	1,22	14	0,73	1,07	40	0,64	0,97
7	0,82	1,19	16	0,71	1,05	50	0,63	0,96
8	0,80	1,16	18	0,70	1,04	100	0,60	0,92
9	0,78	1,14	20	0,69	1,03	∞	0,52	0,84