

0	12/04/11	C	Emissão Inicial
REVISÃO Nº	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
Tipo de Emissão	A. Preliminar B. Para Aprovação C. Para Conhecimento D. Para Cotação E. Para Construção F. Conforme Comprado G. Conforme Construído H. Cancelado I. De Trabalho		
 ENGEACORPS corpo de engenheiros consultores			
PROJETO: PACL <i>PACLR</i> REG <i>RA</i> RKC <i>RKC</i>		DATA:	12/04/11
PROJETO:		DATA:	12/04/11
VERIFICAÇÃO: ACMM <i>[assinatura]</i>		DATA:	12/04/11
APROVAÇÃO: MOG <i>[assinatura]</i>		DATA:	12/04/11
 MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO NORDESTE SETENTRIONAL			
PROJETO EXECUTIVO - LOTE A			
NOTA TÉCNICA ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE GEOTECNIA			
	DATA	RUBRICA	APROVAÇÃO
PROJETISTA			
DESENHISTA			
VERIFICADO			
			CLIENTE
ESCALA	DOCUMENTO Nº PROJETISTA: 885-MIN-ISF-NT-E3196 CLIENTE: 1210-NTC-1601-04-02-001		
	REVISÃO 0		

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

MI

**Projeto de Integração do Rio São Francisco
com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

Eixo Norte

ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE GEOTECNIA

885-MIN-ISF-NT-E3196

1210-NTC-1601-04-02-001

Abril/2011

Rev 0

ÍNDICE

PÁG.

1.	INTRODUÇÃO.....	3
2.	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	3
2.1	DESMATAMENTO, DESTOCAMENTO E LIMPEZA	3
2.2	ESCAVAÇÃO DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA (SOLO)	4
2.3	ESCAVAÇÃO DE MATERIAL DE 2ª CATEGORIA	6
2.4	ESCAVAÇÃO DE MATERIAL DE 3ª CATEGORIA (ROCHA A CÉU ABERTO).....	6
2.5	PRÉ-FISSURAMENTO	8
2.6	ESCAVAÇÃO EM ÁREA DE EMPRÉSTIMO (SOLO).....	9
2.7	MOMENTO EXTRAORDINÁRIO DE TRANSPORTE.....	10
2.8	ESPALHAMENTO DE MATERIAL EM BOTA-FORA	11
2.9	PREPARO E TRATAMENTO SUPERFICIAL EM SOLO PARA ATERROS COMPACTADOS.....	11
2.10	PREPARO E TRATAMENTO SUPERFICIAL EM ROCHA PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	12
2.11	ATERRO COMPACTADO	14
2.12	ENROCAMENTO COMPACTADO	18
2.13	TRANSIÇÃO GROSSA COMPACTADA	19
2.14	ENROCAMENTO DE PROTEÇÃO	20
2.15	REGULARIZAÇÃO DE TALUDES COM SOLO-CIMENTO.....	21
2.16	DRENOS "FINGER"	22
2.17	GEOCOMPOSTO DRENANTE	22
2.18	REGULARIZAÇÃO DOS TALUDES COM CONCRETO POROSO	23
2.19	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM AREIA	23
2.20	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	24
2.21	CONCRETO DE REVESTIMENTO E PROTEÇÃO DA GEOMEMBRANA	31
2.22	FORNECIMENTO DE FIBRAS SINTÉTICAS	34
2.23	CONCRETO PROJETADO.....	35
2.24	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE FIBRAS METÁLICAS PARA CONCRETO PROJETADO.....	39
2.25	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOGRELHAS NA PROTEÇÃO DE TALUDES	39
2.26	CHUMBADORES	40
2.27	TIRANTES DE BARRA, FIOS E CORDOALHAS.....	41
2.28	EXECUÇÃO DE DRENOS HORIZONTAIS PROFUNDOS (DHPs)	46
2.29	INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO NOS PREPAROS DE FUNDAÇÕES	48
2.30	CANALETAS DE DRENAGEM MOLDADAS "IN LOCO"	50
2.31	TUBOS PERFURADOS DE DRENAGEM	50
2.32	ESTRUTURA DE SAÍDA E MEDIÇÃO DE VAZÃO	51
2.33	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE MANTA GEOTÊXTIL.....	52
2.34	EXECUÇÃO DE DRENOS DE BRITA COM GEOTÊXTIL.....	52
2.35	FORNECIMENTO DE BRITA.....	53

1. INTRODUÇÃO

Estas especificações técnicas referem-se às obras geotécnicas das Estações de Bombeamento, do Trecho Norte do Projeto de Integração do rio São Francisco (PISF), que constituem o Lote 8 de obras. Elas apresentam a descrição dos diversos serviços que compõem a implantação das estações que, por serem repetidos nas diversas etapas de obra, configuram esta especificação como padrão de execução a ser seguido pela empresa executora contratada (Construtora), pela Fiscalização e pela equipe de Acompanhamento Técnico das Obras (ATO).

2. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

2.1 DESMATAMENTO, DESTOCAMENTO E LIMPEZA

Os serviços de desmatamento e limpeza das áreas de construção e empréstimo deverão incluir:

- ✓ Desmatamento de toda a vegetação, incluindo corte e destocamento de todas as árvores e arbustos, bem como de troncos;
- ✓ Corte e empilhamento de madeira utilizável em locais determinados pela FISCALIZAÇÃO;
- ✓ Demolição ou remoção de pequenas edificações e de outras benfeitorias localizadas nos limites das áreas de construção e empréstimo;
- ✓ Remoção de blocos de rocha e outros materiais existentes no terreno e transporte até os limites das áreas desmatadas ou até locais previamente determinados pela FISCALIZAÇÃO;
- ✓ Tomadas as devidas precauções para evitar a propagação do fogo às vizinhanças, queima dos materiais resultantes das operações de desmatamento e limpeza, somente após aprovação da FISCALIZAÇÃO; e,
- ✓ Raspagem e expurgo final da camada superficial do terreno natural, em todas as áreas de construção e empréstimo, até 20 cm de espessura, para eliminar qualquer material não aproveitável remanescente. O material expurgado, a critério da FISCALIZAÇÃO, deverá ser estocado nas laterais das obras para que, ao final do serviço, seja feita a recomposição das áreas degradadas, refazendo a cobertura vegetal danificada.

Todas as áreas a serem desmatadas e limpas serão delimitadas pela FISCALIZAÇÃO, de acordo com os desenhos do projeto.

A madeira utilizável deverá ser identificada pelo CONTRATANTE, de quem será propriedade.

Em nenhuma hipótese será permitido o lançamento do material de desmatamento e limpeza em cursos d'água, açudes, cacimbas e leitos secos de rios e riachos.

Os volumes removidos em excesso deverão ser repostos pelo CONSTRUTOR com materiais apropriados, sem ônus para o CONTRATANTE. O CONSTRUTOR será responsável por quaisquer danos e prejuízos a propriedades limítrofes alheias, resultantes das operações de desmatamento, limpeza e remoção.

2.2 ESCAVAÇÃO DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA (SOLO)

Será de competência exclusiva da FISCALIZAÇÃO a classificação dos materiais a serem escavados.

O critério a ser utilizado na classificação dos materiais a serem escavados será a dificuldade intrínseca do material à remoção ou a resistência que oferece ao desmonte.

Os materiais de 1ª categoria incluem todo material solto, de baixa ou elevada consistência ou compacidade, como cascalho, areia, silte, argilas, ou misturas desses materiais, com ou sem matéria orgânica, que possam ser escavados com equipamentos convencionais de escavação, tipo pá carregadeira, trator com lâmina, retroescavadeira e moto *scraper*.

Dentre os materiais de 1ª categoria incluir-se-ão os blocos de rocha, pedras soltas ou pedregulho com diâmetros iguais ou inferiores a 15 cm, independentemente do teor de umidade ou volume, e, em geral, todo tipo de material que não possa ser classificado como de 2ª ou 3ª categorias, segundo o disposto a seguir.

A ocorrência de blocos de rocha com diâmetro maior que 15 cm, em volume menor que 40% do total escavado e não inferior a 10.000 m³ em trechos contínuos, manterá o material escavado na 1ª categoria.

As áreas a serem escavadas devem ser previamente limpas e destocadas, nos termos das especificações correspondentes.

As escavações deverão ser realizadas dentro dos alinhamentos, greides e dimensões apresentadas nos desenhos de projeto. Durante a execução dos serviços poderá ser necessário ou conveniente alterar a inclinação dos taludes, os greides ou dimensões das escavações, com a anuência da FISCALIZAÇÃO e equipe de ATO.

Todas as informações disponíveis a respeito dos materiais a serem escavados serão fornecidas ao CONSTRUTOR a fim de permitir o perfeito planejamento dos trabalhos. A aceitação dos dados pelo CONSTRUTOR não o exime, sob nenhuma circunstância, da total responsabilidade pela qualidade dos trabalhos de escavação.

O CONSTRUTOR tomará todas as precauções para preservar todo o material abaixo ou além dos limites de escavação indicados nos desenhos de projeto. Danos causados às escavações, às fundações ou às estruturas temporárias ou permanentes, por atividade do CONSTRUTOR, deverão ser reparados às suas expensas, conforme estabelecido pela FISCALIZAÇÃO. As subescavações não serão aceitas pela FISCALIZAÇÃO.

Não poderá ser lançado nenhum material ou executada qualquer construção permanente sobre as fundações das estruturas de concreto, terra ou enrocamento, sem prévia inspeção, aprovação e liberação pela FISCALIZAÇÃO e anuência da equipe de ATO.

Caso ocorram alterações nas condições da fundação em consequência de atrasos no início da colocação dos materiais das estruturas, novas escavações poderão ser exigidas pela FISCALIZAÇÃO até profundidades onde ocorram materiais adequados. Nesse caso, estes serviços adicionais serão executados às expensas do CONSTRUTOR. Caso tais atrasos não decorram de circunstâncias da responsabilidade do CONSTRUTOR, os serviços adicionais serão pagos conforme os correspondentes itens deste documento.

Quando a superfície do terreno, situada acima da crista do corte, apresentar depressões que permitam o empoçamento de águas e consequentes infiltrações que possam comprometer a estabilidade do talude, tais depressões deverão ser preenchidas com material apropriado e executadas as drenagens necessárias.

Previamente ao início dos serviços de escavação, as cristas dos cortes deverão ser protegidas com elementos de drenagem provisórios e/ou definitivos, de forma a captar as águas pluviais, afastando-as dos taludes.

O CONSTRUTOR deverá tomar medidas adequadas, de forma a manter a "praça" de trabalho com configuração que permita o rápido escoamento das águas e pronta retomada dos serviços.

Serviços adicionais, cuja necessidade seja oriunda de atrasos do CONSTRUTOR na colocação destas proteções, serão executados às suas expensas.

Durante os trabalhos de escavação, o CONSTRUTOR será responsável pela estabilidade dos taludes ou escoramento adequado das escavações indicadas nos desenhos de projeto. No caso em que eventuais deslizamentos ou desmoronamentos venham a ocorrer, devido a operações indevidas ou negligência do CONSTRUTOR, a reparação dos danos e a retirada do correspondente material serão realizadas pelo CONSTRUTOR, às suas expensas.

O CONSTRUTOR submeterá à aprovação da FISCALIZAÇÃO, antes do início de qualquer escavação, o correspondente planejamento para execução dos trabalhos, consubstanciado em levantamentos topográficos, sondagens, mapas geológicos, cronogramas, destino dos materiais de escavação, observações pessoais e conforme as exigências dos desenhos de projeto e destas especificações.

O plano do CONSTRUTOR deverá apresentar o dimensionamento do equipamento previsto para realização dos trabalhos de escavação e transporte, bem como as estradas de serviços propostas.

Deverão compor esse planejamento os esquemas necessários para esgotamento e drenagem superficial das áreas escavadas, durante e após a realização das escavações. O planejamento

levará em conta também as necessidades e os locais de aplicação dos materiais removidos, de forma a otimizar o aproveitamento dos materiais oriundos das escavações obrigatórias.

Além dos detalhes desses trabalhos, deverá ser indicado o fluxo entre as áreas de escavação e os locais de aplicação do material removido, devendo ser minimizadas as operações de remanuseio dos materiais e suas distâncias de transporte. Deverá ser considerado, ainda, o cronograma de lançamento de concreto de forma a minimizar interferências entre essas atividades e as escavações em rocha.

2.3 *ESCAVAÇÃO DE MATERIAL DE 2ª CATEGORIA*

Os materiais de 2ª categoria incluem aqueles com resistência ao desmonte mecânico inferior ao das rochas não alteradas.

As escavações deverão ser efetuadas mediante uma combinação de métodos que envolvam escarificação, com emprego de escarificadores pesados acoplados a tratores de esteira, eventual utilização de explosivos e outros processos equivalentes. Estão incluídos nesta categoria os blocos de rocha, os matacões e as pedras de diâmetro superior a 15 cm e igual ou inferior a 1,0 m, desde que ultrapassem 40% do volume total escavado e não sejam inferiores a 10.000 m³ em trechos contínuos.

Para serviços de escarificação deverão ser empregados tratores de esteira tipo CAT D-8, ou similar, acoplados a escarificadores de um ou mais dentes, dependendo do serviço e do material a escavar. Só serão permitidos escarificadores movidos por sistema hidráulico.

A direção de escarificação deverá ser programada com vistas a otimizar a operação de carregamento e considerando as características estruturais do material a escavar.

Sempre que possível, a escarificação deverá ser feita segundo um plano inclinado e descendente, para que se aproveite a componente do peso do trator.

O espaçamento máximo de escarificação será de 1,5 m. Em casos de rocha muito fragmentada e alterada ou de baixa coerência, a critério da FISCALIZAÇÃO, poderão desenvolver-se espaçamentos maiores.

Quando a escarificação for executada com um só dente e caso não se consiga alcançar toda a área do projeto, os limites das áreas das escavações deverão ser escarificadas com o canto da lâmina do trator, que será equipada com um dente especial para este tipo de serviço.

O material escarificado será removido para pilhas de estoque, bota-foras ou aterros em construção, de acordo com o planejamento do CONSTRUTOR.

2.4 *ESCAVAÇÃO DE MATERIAL DE 3ª CATEGORIA (ROCHA A CÉU ABERTO)*

Os materiais de 3ª categoria incluem aqueles em formações naturais que resultem da agregação natural de grãos minerais, ligados por forças coesivas permanentes e de grande

intensidade, que oferecem resistência ao desmonte mecânico equivalente àquela oferecida pela rocha não alterada.

Para ser classificado como rocha, o material deverá possuir dureza e textura tais que não possa ser afrouxado, desagregado com ferramentas manuais ou com trator de esteira do tipo CAT D-8, provido de *ripper* com um dente, mas apenas com o uso sistemático de explosivos, cunhas, ponteiros ou dispositivos mecânicos semelhantes para permitir a sua remoção.

Estão incluídos nesta categoria os fragmentos de rocha, pedra solta ou pedregulhos com diâmetro superior a 1 m.

As escavações em rocha a céu aberto englobam os desmontes para a implantação das câmaras de carga (*forebays*), estruturas de concreto das estações elevatórias, sistemas de adução e obras complementares, onde deverão ser obedecidos os alinhamentos, as declividades e as dimensões estabelecidas nos desenhos de projeto.

Todo o material que ficar saliente dentro dos alinhamentos estabelecidos (subescavação) deverá ser removido, o que poderá ser realizado em qualquer época durante o andamento do trabalho, de acordo com as orientações da FISCALIZAÇÃO. As sobreescavações deverão ser recompostas pelo CONSTRUTOR, nos locais onde será executado concreto de revestimento ou estruturas diversas. Para os taludes escavados nas seções hidráulicas que não necessitam de revestimento, deverão ser respeitadas as sobreescavações limites definidas nos desenhos de projeto ou conforme orientação da equipe de ATO.

As escavações em rocha a céu aberto, sempre que possível e necessário, deverão ser executadas em duas fases, a saber:

a) Escavação da Parte Central (Núcleo)

O núcleo corresponde às partes centrais da seção de escavação afastada de, no mínimo, 5 m das superfícies finais de projeto, definitivas ou provisórias. Estes desmontes deverão ser aplicados, também, à escavação de pedreiras.

Após a escavação do núcleo deverá ser realizado o mapeamento geológico-geotécnico dos taludes escavados, para a definição dos eventuais tratamentos necessários para a estabilização dos taludes finais.

Durante os procedimentos de escavação, deverão ser observados os limites máximos de velocidade de partícula para as escavações próximas às estruturas concretadas ou em concretagem ou próximas às cortinas de injeção, conforme disposto no Quadro 2.1.

Essas definições deverão ser aplicadas preliminarmente até serem definidas, com controles sísmicos, as cargas máximas convenientes para não danificar as superfícies da rocha remanescente e as estruturas de concreto, através de testes específicos no início das obras.

QUADRO 2.1 - LIMITES DE VELOCIDADE DE PARTÍCULAS PARA AS ESCAVAÇÕES

SITUAÇÃO	PERÍODO t (dias ou horas)	VELOCIDADE DE PARTÍCULA (cm/s)
Rocha remanescente		20
Concreto	$t < 48$ h	3
	$48 \text{ h} < t < 7$ dias	5
	$7 \text{ dias} < t < 21$ dias	7
	$t > 21$ dias	10
Cortina de Injeção	$t < 7$ dias	7
	$t > 7$ dias	10

b) Escavação da Faixa Adjacente às Superfícies Finais

Entendem-se como faixas finais, as zonas adjacentes às superfícies finais, com larguras mínimas de 5 m e máximas de até 10 m.

Esses desmontes deverão ser executados com as técnicas de fogo de acabamento e de fogo controlado, ambas obrigatórias no caso das seções hidráulicas, onde serão aplicados revestimentos de concreto e geomembranas. Nessas escavações será proibida a utilização de explosivos líquidos.

Para os fogos de acabamento das paredes finais deverão ser utilizados o pré-fissuramento ou pós-fissuramento como técnicas de desmonte, cuja escolha será exclusiva do CONSTRUTOR.

Os volumes removidos em excesso serão repostos pelo CONSTRUTOR com materiais apropriados, sem ônus para o CONTRATANTE.

2.5 PRÉ-FISSURAMENTO

Os furos de pré-fissuramento deverão ter um diâmetro máximo de 75 mm, espaçados de até 80 cm, e ser coplanares, paralelos e alinhados, sendo permitido um desvio máximo de 1,5 cm/m.

A última linha de furos de desmonte, adjacente à linha de furos de pré-fissuramento, deverá ficar situada a uma distância de 0,5 E, onde E é o espaçamento entre os furos da fileira de pré-fissuramento.

A carga de explosivo máxima permitida deverá ser de 400 g/m² da superfície de pré-fissuramento, devendo ser adaptada, através de ensaios, ao tipo de maciço rochoso a escavar. Os explosivos a serem utilizados deverão ser submetidos à apreciação da FISCALIZAÇÃO e satisfazer em princípio as seguintes condições básicas:

- ✓ Velocidade de detonação máxima de 2.600 m/s;
- ✓ Força máxima - 60%.

2.5.1 Pós-fissuramento ou Fogo Cuidadoso (Smooth Blasting)

Como alternativa ao pré-fissuramento poderá ser empregada a técnica de pós-fissuramento. Para esta técnica são válidas as mesmas especificações do pré-fissuramento, com a diferença que a fileira de pós-fissuramento será detonada com o correspondente desmonte de rocha da bancada, iniciando a sua detonação após a última espera do fogo principal.

2.5.2 Perfuração em Linha

Consiste na perfuração de uma fileira de furos executada na linha do talude final que constitui um plano de fraqueza onde a detonação do fogo primário poderá quebrar. Os furos dessa fileira devem estar espaçados de uma distância equivalente de duas a quatro vezes o seu diâmetro e não são carregados.

2.5.3 Fogos Controlados

Os fogos controlados deverão ser aplicados nas faixas finais da seção molhada dos *forebays*, juntamente com os fogos de acabamento, quando deverão ser obedecidos os seguintes critérios para a proteção da rocha remanescente:

- ✓ Redução da altura da bancada final (máximo de 5 m, com a consequente redução da malha de furação, visando diminuir a concentração de explosivo por furo);
- ✓ Redução do diâmetro de perfuração para 64 mm ou menos;
- ✓ Eliminação ou redução significativa do artifício de sub-furação;
- ✓ Minimização da razão de carga e da carga máxima por espera, esta de no máximo 100 kg;
- ✓ Utilização de explosivos de baixa velocidade de detonação (até 2.600 m/s) e força de 60%;
- ✓ Realização dos desmontes com a frente da bancada inclinada de 1(H):3(V) ou 1(H):2(V).

As superfícies horizontais deverão ser planas segundo as cotas previstas no projeto, não sendo permitida a ocorrência de repé.

2.6 ESCAVAÇÃO EM ÁREA DE EMPRÉSTIMO (SOLO)

A escavação em áreas de empréstimo destina-se a prover ou complementar o volume necessário para a construção de aterros por insuficiência de escavação obrigatória, por razões tecnológicas ou mesmo razões econômicas. Sempre que possível, as escavações de material de empréstimo poderão ser feitas através do alargamento das seções de escavação, acima de sua seção molhada e dentro da faixa de desapropriação ou de áreas dos futuros reservatórios relacionados com o Projeto de Integração de Águas do rio São Francisco (PISF) para o Nordeste Setentrional.

As áreas passíveis de empréstimo deverão ser previamente aprovadas pela FISCALIZAÇÃO, que indicará a extensão e profundidade de exploração para obtenção do material de empréstimo adequado. As características das áreas de empréstimo, como a sua localização e o volume de material disponível, deverão ser informadas à equipe de ATO.

Será de responsabilidade do CONSTRUTOR o desmatamento, limpeza e raspagem das eventuais áreas de empréstimo, bem como armazenar em pilhas de estoque o solo vegetal removido.

A escolha da metodologia de correção da umidade dos solos será de responsabilidade exclusiva do CONSTRUTOR, podendo ser através de inundação das áreas de escavação, correção na praça de lançamento dos materiais, emprego de usinas móveis de homogeneização ou outro processo que se mostrar eficiente.

A superfície de escavação final de eventuais áreas de empréstimo deverá apresentar conformação suave, sem depressões ou elevações localizadas. A sua recomposição será feita pelo espalhamento do solo vegetal removido e previamente estocado, e pela adequada drenagem da área, a não ser que tais áreas localizem-se no interior de futuros reservatórios.

2.7 MOMENTO EXTRAORDINÁRIO DE TRANSPORTE

O Momento Extraordinário de Transporte de Material compreende o produto do volume escavado, medido no corte, em metros cúbicos, pela distância de transporte necessária que exceder a 1.000 m.

Inclui o transporte de materiais das escavações indicadas ou de áreas de empréstimo para solos, areias, materiais granulares diversos para transições, enrocamentos, agregados para concreto e revestimentos de estradas, assim como a remoção de materiais impróprios ou excessivos de escavações para áreas de bota-fora, aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

Os materiais e os percursos a serem desenvolvidos, deverão ser previamente aprovados pela FISCALIZAÇÃO e informados à equipe de ATO, após o CONSTRUTOR apresentar o planejamento das obras.

Notas:

1) No caso da água para utilização nos serviços de terraplenagem e por constituir-se num insumo de difícil obtenção na região do empreendimento, dependendo principalmente da época do ano em que tais serviços estejam sendo realizados, considerou-se nas composições de custo dos referidos serviços onde este insumo é necessário, a distância de transporte de 20 km, a ser utilizado pelas diversas Licitantes nos seus custos unitários.

2) No caso da execução de serviços de “Concretos” foi admitida como base para composição do custo unitários desses serviços uma distância de transporte de 8 km.

Portanto, somente será considerado Momento Extraordinário de Transporte para tais serviços, quando a distância a transportar for superior a 8 km, devidamente aprovado pela Fiscalização.

2.8 ESPALHAMENTO DE MATERIAL EM BOTA-FORA

Os materiais oriundos das escavações obrigatórias que não serão empregados na execução dos aterros ou apresentam-se inadequados para o uso, deverão ser dispostos em áreas previamente aprovadas pela FISCALIZAÇÃO. As características das áreas de espalhamento de material em bota-fora, como a sua localização e o volume de material disponível, deverão ser informadas à equipe de ATO.

Para o espalhamento de materiais em bota-fora, o CONSTRUTOR deverá observar os seguintes aspectos:

- ✓ Redistribuição do material rejeitado de modo a não introduzir formas singulares à paisagem dominante;
- ✓ Prever o tratamento da recuperação no término das obras considerando, se necessário, o cobrimento final com solos apropriados para permitir a revegetação da área com espécies nativas da região;
- ✓ Promover a implantação de sistema de drenagem superficial, através da implantação de dispositivos apropriados (canaletas, escadas, dissipadores, etc.), a fim de impedir erosões indesejáveis.

2.9 PREPARO E TRATAMENTO SUPERFICIAL EM SOLO PARA ATERROS COMPACTADOS

Este tratamento aplica-se na execução das fundações dos aterros dos *forebays* e demais aterros definitivos das obras das Estações de Bombeamento do PISF.

A escavação da fundação dos aterros compactados deverá ser feita de acordo com os critérios apresentados em desenhos de projeto ou orientações da equipe de ATO. A retirada da última camada de material, em se tratando de fundação em solo, será feita por meio de equipamento leve, sobre pneus, para garantir a integridade do solo subjacente.

Atingidas as cotas de escavação indicadas nos desenhos de projeto, dever-se-á proceder a limpeza final da superfície e seu preparo para receber o aterro compactado, para então ser liberada pela FISCALIZAÇÃO.

Antes de iniciar a compactação, deverá ser corrigida a umidade do material da fundação, tornando-a compatível com os valores especificados para o aterro sobrejacente. Após a correção da umidade dever-se-á proceder à compactação da fundação, utilizando rolo compactador pneumático, quando então se fará o gradeamento da superfície para obtenção de boa ligação entre o aterro e a fundação.

As superfícies de fundação de aterros compactados poderão ser consideradas liberadas quando, a exclusivo critério da FISCALIZAÇÃO tiverem sido observadas as normas de limpeza e tratamento acima descritas.

Em presença de nível do lençol freático aflorante, deverão ser abertas valetas laterais localizadas além do *off-set* dos aterros. As valetas conduzirão as águas de infiltração para poços de bombeamento para rebaixamento do lençol, mantendo a superfície da fundação o mais seca possível.

Mesmo após o lançamento das primeiras camadas do aterro, o bombeamento deverá ser mantido de maneira a evitar a saturação do aterro em execução por capilaridade e o aparecimento de "borrachudos" nestas camadas.

2.10 PREPARO E TRATAMENTO SUPERFICIAL EM ROCHA PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO

Esta especificação tem por objeto as diretrizes para a execução dos serviços de limpeza e tratamento de fundações rochosas para as estruturas de concreto das obras necessárias à implantação do empreendimento.

A liberação das fundações pela FISCALIZAÇÃO será condição necessária para início da construção das estruturas de concreto e o registro dos trabalhos executados (Diário de Obra) constitui o documento oficial que retrata as condições do maciço rochoso sobre o qual são assentadas as mesmas.

As superfícies de fundação somente serão liberadas pela FISCALIZAÇÃO quando apresentarem as características definidas nesta especificação e nos desenhos de projeto. Caso seja solicitado pela FISCALIZAÇÃO, o processo de liberação poderá ser acompanhado de investigações complementares.

Os procedimentos de preparo e tratamento superficial em rocha para estruturas de concreto estão apresentados a seguir.

2.10.1 Limpeza das Fundações

As superfícies escavadas a fogo deverão, antes da concretagem, ser submetidas à limpeza geral, incluindo as paredes verticais. A limpeza constará basicamente de 2 fases.

A 1ª Fase compreende a remoção de todo o material grosseiro, bem como cunhas ou blocos instáveis presentes nos taludes internos das escavações com o auxílio de equipamentos apropriados como tratores leves, retro-escavadeiras, pás carregadeiras, caçambas, etc.

A 2ª Fase compreende a limpeza fina de cavidades e bolsões preenchidos com material solto ou inconsolidado, retirada de pequenos blocos com auxílio de jatos d'água e ar, e remoção de "chocos" com o uso de alavancas, picaretas, martelos pneumáticos ou rompedores hidráulicos. Horizontes muito alterados ou fraturados, que não satisfaçam às necessidades de suporte, estanqueidade e aderência, exigidas pelas estruturas em geral, deverão ser retirados,

sendo toleradas na superfície final de fundação, de cada bloco de concretagem, um máximo de até 10% da área de superfície de apoio e que não estejam nas bordas das áreas.

2.10.2 Mapeamento Geológico-Geotécnico

Após a conclusão das operações de limpeza, o CONSTRUTOR deverá executar o mapeamento geológico-geotécnico das superfícies de concretagem na escala 1:100, visando avaliar as condições geomecânicas das fundações para a liberação ou tratamento de fundação. A FISCALIZAÇÃO poderá exigir a execução de investigações locais, por meio de furos rotativos rasos, com a finalidade de investigar a presença e distribuição espacial de discontinuidades.

As superfícies a serem mapeadas deverão ser amarradas topograficamente com implantação de marcos de referência horizontal e vertical para orientação dos trabalhos.

Deverão constar dos mapeamentos, além da litologia e dos seus graus de alteração e fraturamento, a natureza das discontinuidades e seus preenchimentos, as espessuras, direções e mergulhos, os pontos de surgências d'água e outras feições particulares.

Os dados obtidos nestes trabalhos deverão ser consolidados em relatórios específicos contendo os desenhos do mapeamento acompanhados de documentação fotográfica.

2.10.3 Tratamento Superficial das Fundações

Após os trabalhos de limpeza e mapeamento, o CONSTRUTOR deverá dar início aos trabalhos de tratamento superficial das fundações, propriamente ditos.

Todas as cavidades e bolsões isolados, com profundidades maiores que 20 cm, deverão ser preenchidos por meio de concreto de regularização, antes do lançamento do concreto estrutural.

No caso de surgência de água nas superfícies de concretagem, deverão ser tomadas as seguintes medidas de proteção:

- ✓ Isolar a surgência, envolvendo-a com brita 1, dentro da qual deverá ser deixado um tubo para esgotamento contínuo da água;
- ✓ Envolver a brita com argamassa de areia e cimento, ou outra proteção, deixando tubos de respiro convenientemente locados em seu interior e esgotando a água pelo tubo principal;
- ✓ Após a concretagem das primeiras camadas, injetar os drenos da brita por intermédio do tubo de esgotamento, até que a calda de injeção saia pelos tubos de respiro.

No caso de surgência de água com vazões apreciáveis nos taludes contra os quais se vai concretar, deverão ser colocadas meias-canais, na posição aproximadamente horizontal ou inclinada para cima, fixadas com argamassa e dirigidas para fora da área de concretagem. Após a cura da camada de concretagem, a meia-cana interligada ao sistema de drenagem da estrutura deverá ser tamponada na boca, deixando um tubo de respiro, que deve ser colocado

até o fundo da mesma. Através do tampão deverá ser injetada argamassa de cimento, até que saia calda pelo respiro, quando a meia-cana será considerada obturada.

As superfícies liberadas para a concretagem deverão ser protegidas convenientemente até o recebimento do concreto, ficando livres de lama, manchas de óleo, poças d'água, etc.

2.11 ATERRO COMPACTADO

Os materiais a serem utilizados na construção dos maciços de terra serão provenientes das escavações obrigatórias das próprias estações de bombeamento, pilhas de estoque e áreas de empréstimo, previamente aprovadas pela FISCALIZAÇÃO. Os solos vegetais de decape das áreas de empréstimo e escavações obrigatórias deverão ser estocados em local, a ser aprovado pela FISCALIZAÇÃO, para utilização na recomposição das áreas afetadas pelas escavações, salvo aquelas que se situam em locais de futuros reservatórios, onde a recomposição será dispensada.

Os materiais locais, em geral, encontram-se com umidade natural abaixo da umidade ótima de compactação. O controle da umidade dos solos a serem empregados na construção deverá ser feito sistematicamente, a critério da FISCALIZAÇÃO e sempre que houver alteração nas condições.

A escolha da metodologia de correção da umidade dos materiais será de responsabilidade exclusiva do CONSTRUTOR, podendo ser através de inundação das áreas de escavação, correção na praça de lançamento dos materiais, emprego de usinas móveis de homogeneização ou outro processo que se mostrar eficiente. A obtenção de água necessária à correção de umidade deverá ser de competência exclusiva do CONSTRUTOR, podendo ser através de perfuração de poços, transporte de açudes, cacimbas locais ou mediante captação em cursos d'água e transporte por caminhões pipa. Previamente à utilização de qualquer fonte de água, o CONSTRUTOR deverá submetê-la à aprovação da FISCALIZAÇÃO, incluindo a apresentação de ensaios que certifiquem a qualidade da água ser empregada. No caso da necessidade de emprego de água salobra, será necessária a verificação, em laboratório, da possibilidade de ocorrência de troca catiônica entre os argilo-minerais presentes no solo e na água. A literatura técnica registra casos em que tal tipo de ocorrência provocou marcante modificação nas características de solos, gerando inclusive instabilidade em corpos de aterros e taludes.

2.11.1 Procedimentos Executivos

Os lançamentos dos materiais deverão ser executados em camadas horizontais nas praças liberadas pela FISCALIZAÇÃO, após demarcação de espessuras em toda faixa lateral com cruzetas de 20 em 20 m, com dimensões máximas de aproximadamente 30 m de largura por 400 m de comprimento.

Caso sejam utilizados materiais de 2ª categoria para a execução dos aterros compactados, deverá ser feita a remoção dos blocos de rocha com diâmetro superior a 20 cm. Esta remoção

pode se feita manualmente ou utilizando motoniveladoras providas de lâminas em forma de pente com distância entre os dentes de 15 cm ou 20 cm, conforme o caso. Dependendo da quantidade de blocos existentes e a necessidade de maior produtividade poderá ser necessária a utilização de equipamentos do tipo *Grizzly*.

A espessura da camada de material lançado não deverá exceder os 25 cm, sendo este espalhado e nivelado convenientemente de maneira a obter uma superfície plana e de espessura constante de material solto, a ser compactado. Estes valores poderão ser alterados pela FISCALIZAÇÃO ou conforme orientação da equipe de ATO, caso os resultados dos ensaios de controle indiquem gradientes de compactação entre o topo e a base da camada compactada, incompatíveis com a qualidade que o maciço deverá apresentar.

Tanto o lançamento quanto o espalhamento e a compactação deverão ser executados paralelamente ao eixo longitudinal dos aterros, mantendo durante toda a construção uma declividade transversal de aproximadamente 2% para montante do aterro para facilitar o escoamento das águas pluviais.

No início dos trabalhos deverão ser executados aterros experimentais testando os vários tipos de equipamentos compactadores que o CONSTRUTOR se propõe a empregar, para definir as espessuras mais apropriadas e o número de passadas dos rolos compactadores.

Uma passada será definida como uma cobertura completa, abrangendo a totalidade da superfície e com uma superposição de 30 cm entre faixas de compactação adjacentes. Os trabalhos de compactação devem ser planejados, de maneira a permitir à FISCALIZAÇÃO o perfeito controle do número de passadas do rolo compactador.

Os parâmetros de compactação a serem aceitos são referidos ao ensaio com energia normal, regidos pela norma NBR-7182. A liberação da camada compactada será feita por inspeção visual, reforçada por ensaios de controle. Os aterros compactados deverão atender os seguintes requisitos:

- ✓ Somente 2% das determinações poderão apresentar $GC < 95\%$;
- ✓ Nenhum ponto de controle poderá apresentar $GC < 94\%$;
- ✓ A umidade do aterro, a ser verificada em todos os pontos de controle, deverá estar situada entre $h_{ot} - 2\%$ e $h_{ot} + 1,5\%$, sendo h_{ot} a umidade ótima determinada no ensaio de compactação (Proctor) com energia normal.

A frequência para o controle estatístico da compactação deverá ser mensal. Nesse controle, o grau de compactação médio, a ser determinado, poderá variar entre 97,5% e 99,0%, e o desvio padrão em cada distribuição poderá ser tolerado até $\pm 1,5\%$. Em se constatando valores fora do especificado, medidas deverão ser tomadas visando à adequação dos métodos construtivos a fim de alcançar a desejada qualidade do aterro.

Durante a construção, em função de execução de aterros experimentais e ensaios *in situ* e em laboratório, a faixa de desvio de umidade poderá alterada, a critério exclusivo da FISCALIZAÇÃO.

Quando os trabalhos de lançamento e compactação forem interrompidos por um intervalo de tempo considerado prolongado pela FISCALIZAÇÃO, a superfície do aterro deverá ser selada convenientemente através de compactação superficial e recoberta com uma camada de proteção de 50 cm de solo solto.

Os serviços adicionais necessários devido à não observância desses cuidados pelo CONSTRUTOR serão refeitos às suas próprias expensas.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir alterações nos métodos e equipamentos de lançamento e compactação, sempre que isto traga melhorias técnicas e econômicas.

O CONSTRUTOR deverá tomar os cuidados necessários a fim de manter a integridade dos instrumentos de auscultação eventualmente instalados durante a construção. A compactação na região junto a um instrumento deverá ser feita por compactadores mecânicos manuais. Todo instrumento danificado deverá ser repostado às expensas do CONSTRUTOR.

O lançamento dos aterros deverá ser conduzido até uma distância adicional (sobrelargura), estimada em 50 cm, medida na horizontal, de forma a permitir a compactação eficiente do aterro até a linha de projeto, para posterior remoção do aterro adicional até os taludes finais.

Em locais estreitos onde não seja possível o uso do rolo compactador, o solo será lançado em camadas com até 15 cm de espessura para compactação com equipamento de pneus e até 10 cm para compactação manual.

2.11.2 Controle de Construção

O controle da execução dos aterros compactados se dará no controle visual de acompanhamento dos trabalhos de compactação do maciço, bem como pela determinação da umidade e do grau de compactação *in situ* do aterro, através de ensaio de compactação (Proctor) com energia normal.

As determinações de umidade necessárias serão obtidas por secagem em estufa com lâmpada de raios infravermelhos, podendo ser utilizado, alternativamente, o Método Hilf-Proctor com cinco determinações. A liberação da camada compactada será feita mediante o ensaio Hilf e no controle estatístico da compactação devem constar os resultados em relação ao Proctor, calculados *a posteriori* com base nas determinações das umidades em estufa.

Para aterros compactados em que são observados volumes substanciais de material de 2ª categoria, os pesos específicos secos do aterro poderão ser determinados através do método da membrana plástica, e os ensaios de compactação (Proctor) normal, poderão ser realizados com cilindros de grandes dimensões.

A frequência dos ensaios de controle será de um ensaio para cada 1.000 m³ de aterro compactado, ou no mínimo de um ensaio por camada. Entretanto, durante a execução dos trabalhos a FISCALIZAÇÃO poderá alterar essa frequência, exigindo o número de ensaios que julgar necessário para o perfeito controle e liberação de cada camada.

Serão abertos poços de inspeção no maciço para análise visual e tátil de suas paredes, com frequência de 1 poço a cada 20.000 m³ de aterro compactado ou, sempre que houver necessidade, para extração de amostras indeformadas, e verificações de juntas de construção, pistas e superfícies expostas por longos períodos às intempéries.

Os valores especificados de grau de compactação e de umidade deverão ser observados ao longo de toda a espessura da camada.

Sistematicamente e para fins de verificação, a cada 10 determinações convencionais deverão ser feitas 2 determinações num ponto, correspondentes à base e ao topo da camada. A diferença no grau de compactação entre base e topo não deverá ultrapassar a ordem de 2%.

A princípio, a cada 5 determinações convencionais, deverá ser feita 1 determinação do grau de compactação da camada imediatamente inferior àquela está sendo liberada. Os valores observados nessa camada inferior deverão respeitar os limites especificados de grau de compactação (GC) e desvio de umidade (Δh). Caso isto não ocorra, deverão ser removidas as duas camadas. A critério da FISCALIZAÇÃO, tal frequência poderá ser alterada durante o transcorrer dos trabalhos.

Camadas de solo compactado que não apresentarem umidade e/ou grau de compactação aceitáveis deverão ser removidas, ter sua umidade corrigida, homogeneizadas e recompactadas. Se a recompactação não conduzir o material às faixas especificadas, a camada deverá ser substituída, às expensas do CONSTRUTOR.

O CONSTRUTOR será responsável pela integridade e estabilidade de todos os aterros por ele executados, devendo, às suas expensas, reconstruir todas as seções que venham a ser danificadas devido à negligência ou inobservância do projeto e especificações técnicas.

A critério da FISCALIZAÇÃO, poderão ser extraídos do aterro compactado blocos indeformados para realização de ensaios de caracterização, determinação da umidade e peso específico naturais, e de ensaios especiais laboratoriais. Ao lado do local de extração dos blocos devem ser determinados o grau de compactação e o desvio de umidade com a metodologia do controle de campo.

Deverá ser realizado o controle da espessura final da camada após compactação. Para tanto, deverão ser deixadas marcas ou efetuar o controle através de topografia.

2.12 ENROCAMENTO COMPACTADO

Os enrocamentos empregados na construção das estações de bombeamento serão oriundos, em geral, das escavações das próprias estações de bombeamento, podendo eventualmente ser complementados por material obtido em pedreiras. As escavações obrigatórias nas rochas conglomeráticas também fornecerão enrocamento, ainda que seja necessário efetuar a segregação do material para separação dos finos.

Como a maioria do material pétreo para execução dos vários tipos de enrocamento deverá provir das escavações obrigatórias, o CONSTRUTOR, quando da elaboração do plano de fogo para os referidos trabalhos, deverá fazê-lo tendo em mente a granulometria especificada, a fim de obter as dimensões desejadas durante os trabalhos de desmonte, evitando processamentos posteriores.

Os materiais deverão obedecer às faixas granulométricas estabelecidas nos desenhos de projeto, ou serem adequadas aos valores limites das espessuras de materiais lançados e compactados, conforme orientação da equipe de ATO e anuência da FISCALIZAÇÃO.

2.12.1 Diretrizes e Normas para Execução de Enrocamento Compactado

Os enrocamentos deverão ser lançados sobre fundação adequada, efetuando-se a remoção prévia de solos compressíveis, com baixa capacidade de suporte, colapsíveis ou orgânicos, escavando-se um mínimo de 0,50 m.

O material será lançado na praça através de caminhões basculantes e em seguida será espalhado e regularizado com trator de esteira provido de lâmina. Este espalhamento deverá ser realizado de maneira a empurrar os blocos maiores de rocha para junto às superfícies externas dos taludes.

O material empregado na execução dos enrocamentos compactados, deverá ser previamente molhado a uma razão de 100 ℓ/m^3 de enrocamento lançado, ou conforme orientação da equipe de ATO e anuência da FISCALIZAÇÃO.

Esta molhagem poderá ser feita ainda nos basculantes, pouco antes da descarga na praça de compactação. É importante que todo o material seja completamente molhado, não sendo necessário, para tanto, o emprego de monitores dotados de bomba. A aplicação de água será feita de modo que nas atividades de basculamento, espalhamento e compactação do material, este continue molhado.

Os enrocamentos deverão ser lançados e compactados em camadas horizontais, com espessura de 1 m a 1,5 m após o espalhamento. A adequabilidade dessa espessura deverá ser confirmada em pistas experimentais, logo no início dos trabalhos.

A compactação será executada por rolos lisos vibratórios apropriados, ou seja, com peso estático de 10 t. O número de passadas será estabelecido no início dos trabalhos de modo a obter o peso específico seco não inferior a 20 kN/m³.

Periodicamente serão executados ensaios para verificação do peso específico seco obtido, cujos resultados orientarão eventuais modificações no processo executivo.

2.12.2 Controle de Execução de Enrocamento Compactado

A FISCALIZAÇÃO realizará um controle topográfico e visual permanente das operações de lançamento, espalhamento e compactação do enrocamento.

A definição da espessura das camadas, bem como o controle de compactação, serão de responsabilidade da FISCALIZAÇÃO, a partir dos resultados obtidos de ensaios de determinação de peso específico seco. Serão executados ensaios de controle do peso específico seco numa frequência mínima de 1 ensaio para cada 5.000 m³ de material lançado. No decorrer dos trabalhos, a FISCALIZAÇÃO poderá, a seu critério, diminuir a frequência destes ensaios.

Os pesos específicos serão determinados pelo método do plástico e as cavas a serem abertas pelo CONSTRUTOR deverão ter diâmetro da ordem de 2 m e profundidade correspondente à altura da camada.

Os procedimentos executivos deverão ser revistos sempre que, por meio dos resultados dos ensaios de controle, os pesos específicos obtidos não atendam ao valor especificado.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir a abertura periódica de trincheiras de inspeção a fim de verificar a homogeneidade dos maciços de enrocamento compactado.

2.13 TRANSIÇÃO GROSSA COMPACTADA

Os materiais a serem utilizados na construção de transições serão provenientes de britagem do material pétreo escavado e/ou de jazidas previamente liberadas pela FISCALIZAÇÃO.

Todo material a ser empregado deverá estar contido na respectiva faixa granulométrica indicada nos desenhos de projeto e ter propriedades geotécnicas adequadas para utilização nas obras. O CONSTRUTOR deverá proceder a todas as operações de beneficiamento necessárias para que o material atenda à faixa especificada.

Os materiais a serem empregados na construção das obras devem ser controlados sistematicamente, seja nos locais de escavação obrigatória e/ou nos empréstimos, seja em estoques previamente preparados, a fim de garantir que suas propriedades se enquadrem perfeitamente nas especificações.

Os materiais granulares, tanto provenientes de jazidas naturais quanto de britagem da rocha, deverão ser constituídos por partículas duras e duráveis, não sujeitas à desagregação por ciclos de molhagem-secagem e isentas de raízes e detritos orgânicos.

Os materiais granulares provenientes de britagem (pedrisco, brita, etc.) serão controlados através de amostra coletadas nos estoques a cada 2.500 m³ aproximadamente, sendo submetidos a ensaios de granulometria. Este critério também será válido para materiais naturais de transição do tipo cascalho arenoso.

A espessura das camadas de transição grossa deverá atender às dimensões indicadas nos desenhos de projeto. O controle de compactação será de responsabilidade da FISCALIZAÇÃO, a partir dos resultados obtidos de ensaios de determinação de peso específico seco.

Deverão ser tomados os cuidados para restringir a ocorrência de segregações indesejáveis. Caso seja verificada a segregação de material para o interior da camada de enrocamento compactado, deverão ser realizados tratamentos específicos, conforme orientação da Fiscalização e equipe de ATO.

2.14 ENROCAMENTO DE PROTEÇÃO

A proteção dos taludes de solo compactado, bem como de taludes em corte de material de 1ª categoria, deverá ser realizada através de enrocamento em camada única segregada. O enrocamento de proteção deverá ser construído com blocos de rocha sã e obedecer às faixas granulométricas e geometrias indicadas nos desenhos de projeto.

Antes do lançamento do enrocamento deverá ser executada a regularização e acabamento da superfície do talude, sendo removidos os excessos de materiais lançados além da linha de projeto. O processo de lançamento deverá promover um adequado embricamento entre os blocos maiores e menores de rocha.

Para a execução do enrocamento de proteção, não será permitida a utilização de material com blocos de rocha de tamanho uniforme, devendo estes ser bem graduados, contendo blocos de grandes diâmetros até frações de areia. Esta condição deverá ser verificada quando da coleta de material das pilhas de estoque, evitando-se a utilização de material granulometricamente uniforme.

Caso seja constatado que a granulometria dos materiais presentes na pilha de estoque difira da faixa granulométrica apresentada nos desenhos de projeto, com a presença de blocos muito graúdos, poderá ser exigida, a critério da FISCALIZAÇÃO, a execução de uma camada de transição. A granulometria da camada de transição será definida após a realização de ensaios geotécnicos específicos (granulometria, compactação, etc), conforme orientação da equipe de ATO e da FISCALIZAÇÃO.

O material deverá ser depositado na crista do talude, e então empurrado com trator de esteira de tal modo que a sua lâmina fique acima da superfície do terreno, a uma distância

aproximada de 20 cm, provocando uma segregação dos materiais mais finos para junto da superfície do talude e dos blocos maiores de rocha para a parte exterior da camada lançada.

O controle de granulometria do enrocamento de proteção será feito na frequência de 1 ensaio a cada 2.000 m³ de material lançado.

2.15 REGULARIZAÇÃO DE TALUDES COM SOLO-CIMENTO

Após a conformação dos taludes do *forebay* de jusante, em aterro compactado e/ou solo natural, a superfície deverá estar isenta de irregularidades e materiais pontiagudos, devendo ser utilizado solo-cimento compactado para o preenchimento de eventuais depressões a serem regularizadas, para posterior instalação da geomembrana de impermeabilização.

Para execução do solo-cimento deverão ser utilizados materiais arenosos que ocorrem na área (solos coluvionares, aluvionares contendo ou não cascalho), devendo este ser isento de matéria orgânica e outras impurezas. O cimento a ser utilizado na mistura deve ser Portland comum que respeite as normas da NBR 5732.

A água a ser utilizada deverá ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis e de pH neutro ou próximo da neutralidade. Para tanto, a mesma deverá ser analisada de forma a se verificar o cumprimento das exigências descritas.

A princípio prevê-se a preparação de misturas de solo-cimento com teores de 4% a 8% em peso de solo seco. A porcentagem correta será definida logo no início dos trabalhos através de ensaios específicos. Sobre cada mistura pesquisada deverão ser realizados ensaios de compactação de acordo com o método ASTM D-588, com energia normal. Para cada mistura serão moldados seis corpos de prova com teores de umidade próximos à umidade ótima determinada nos ensaios de compactação, os quais serão submetidos a ensaios de compressão simples e durabilidade (12 ciclos) de acordo com os métodos de ensaio SC-2, SC-3 e SC-4 da “Norma de Dosagem e Métodos de Ensaio de Solo-Cimento” da ABCP.

As características de resistência à compressão simples e de durabilidade deverão ser as seguintes:

- ✓ Resistência a compressão simples > 2 MPa;
- ✓ Perda de peso no ensaio de durabilidade < 10%.

A metodologia de mistura deverá ser definida pelo CONSTRUTOR, podendo ser executada em betoneira ou em usina dependendo dos volumes de materiais a serem executados e do cronograma da obra.

As operações de transporte, lançamento e compactação do solo-cimento não poderão superar 1h. Durante o transporte, o solo-cimento deve ser coberto por lona para evitar perda de umidade.

A área onde será aplicado solo-cimento deverá estar isenta de materiais soltos e deve ser previamente umedecida através do espargimento de água uniformemente distribuído no talude. Não serão permitidos ajustes de dosagem e de umidade na praça de compactação.

O solo-cimento deverá ser apiloado manualmente ou conforme metodologia proposta pelo CONSTRUTOR, desde que previamente aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

As superfícies das camadas deverão ser mantidas úmidas por borrifamento de água, em intervalos de tempo regulares, desde o final da compactação até a retomada dos trabalhos. Será vedada a utilização de água sob pressão para umedecimento do solo-cimento.

As superfícies que ficarão expostas a longo prazo deverão ser mantidas úmidas pelo procedimento acima descrito, por um período de 7 dias.

Os volumes removidos em excesso das praças de lançamento e aqueles que não atenderem os requisitos previstos nas Especificações Técnicas, deverão ser dispostos em locais pré-definidos pela FISCALIZAÇÃO.

2.16 DRENOS “FINGER”

Após a regularização dos taludes do *forebay* de jusante, através do emprego de solo-cimento ou outro procedimento aceite pela FISCALIZAÇÃO, deverão ser implantados os drenos tipo “finger”, para criar um elemento de drenagem sob a camada de revestimento de impermeabilização dos taludes.

Esses drenos deverão ser executados mediante a escavação de “valetas” nos taludes, perpendicularmente ao eixo do *forebay*, com largura de 0,50 m e profundidade de 0,10 m, e espaçadas a cada 4 m longitudinalmente. As “valetas” deverão ser escavadas ao longo de todo o talude e serem interligadas ao sistema de drenagem existente (colchão drenante) no fundo do *forebay* de jusante.

Após a remoção de todo o material escavado e a limpeza da superfície dessas “valetas”, estas deverão ser preenchidas com areia grossa lavada, sendo realizada manualmente a regularização da superfície final. Imediatamente após o lançamento da areia, deverá ser instalada a geomembrana de impermeabilização, a fim de evitar que condições atmosféricas adversas venham a comprometer a estrutura desses drenos.

Os materiais escavados para a execução dos drenos tipo “finger” poderão ser reutilizados, conforme planejamento do CONSTRUTOR, ou dispostos em bota-foras, indicados pela FISCALIZAÇÃO.

2.17 GEOCOMPOSTO DRENANTE

O CONSTRUTOR poderá apresentar geocompostos drenantes, como elementos de drenagem dos taludes, em substituição ao emprego de drenos tipo “finger”.

Os geocompostos drenantes são produtos sintéticos, compostos por um núcleo drenante (geomanta, georrede ou geoespaçador) revestido em ambas as faces por um geotêxtil não tecido, atuando como elemento filtrante. Os requisitos básicos para o emprego do geocomposto drenante, em substituição aos drenos tipo "finger", estão apresentados a seguir:

- ✓ Espessura mínima de 5 mm do núcleo drenante;
- ✓ Largura superior a 0,30 m;
- ✓ Geotêxtil não tecido aderido em ambas as faces;
- ✓ Capacidade drenante, mesmo quando submetidos a carregamentos de 60 kPa.

Se optar por este esquema, o CONSTRUTOR deverá apresentar a metodologia, com a descrição do processo executivo, acompanhada pela certificação e durabilidade do produto para a função proposta, para anuência da equipe de ATO e FISCALIZAÇÃO.

2.18 REGULARIZAÇÃO DOS TALUDES COM CONCRETO POROSO

O concreto poroso deverá apresentar as características indicadas em projeto ou conforme determinações da equipe de ATO e FISCALIZAÇÃO, que fornecerá as dosagens a serem utilizadas.

O adensamento do concreto poroso lançado no local deverá ser realizado por meio de sapo mecânico ou similar, não sendo permitido o uso de vibradores de imersão.

A cura do concreto poroso será realizada pela cobertura com sacos de aniagem, que deverão ser mantidos permanentemente úmidos, durante o tempo mínimo decorrido de 7 dias a contar do início do lançamento no campo.

Os volumes removidos em excesso das praças de lançamento e aqueles que não atenderem os requisitos previstos nas Especificações Técnicas, deverão ser lançados em locais pré-definidos pela FISCALIZAÇÃO.

2.19 REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM AREIA

Previamente à instalação da geomembrana, a base do *forebay* de jusante deverá ser regularizada com uma camada de areia. Além da regularização, esta camada atuará como elemento drenante, devendo estar limpa e isenta de material fino.

A camada de regularização deverá apresentar, após o lançamento e compactação, espessura final de 10 cm. Na região próxima às estruturas de concreto, empregadas na fixação da geomembrana, a compactação da areia deverá ser mais rigorosa, restringindo/minimizando a ocorrência de recalques desta camada, que podem ocasionar esforços localizados na superfície da geomembrana.

2.20 FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Para o revestimento rígido-flexível do projeto poderão ser utilizadas duas opções de geomembrana:

- ✓ Opção I - Geomembrana de PVC (Policloreto de Vinila) acoplada a geotêxtil;
- ✓ Opção II - Geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade).

Na opção I com geomembrana de PVC acoplada a geotêxtil não tecido, esta deverá se constituir de mantas de PVC, com espessura mínima de 1 mm, acoplada a um geotêxtil de características drenantes, com gramatura mínima de 150 g/m². O geotêxtil deverá ser colocado entre a geomembrana e a camada de concreto, para evitar o deslizamento do concreto sobre a geomembrana.

Na opção II com geomembrana de PEAD esta deverá apresentar espessura de 1 mm e ser texturizada nas duas faces. As faces texturizadas devem ser obtidas durante o processo de fabricação de modo a não ser possível sua remoção por absorção química de produtos ou por abrasão.

Com relação à composição dos produtos (percentagem do polímero base e aditivos), as geomembranas empregadas no revestimento dos *forebays* devem atender aos critérios das normas vigentes no país e/ou tabelas de referências, como as especificações apresentadas pelo PVC Geomembrane Institute, através da PGI-1104, para geomembranas de PVC, e pelo Geosynthetics Research Institute, através da GRI-GM13, para geomembranas de PEAD.

2.20.1 Recebimento

O CONSTRUTOR deverá apresentar à FISCALIZAÇÃO, os certificados de ensaios de qualidade de cada partida ou lote de geomembrana a ser aplicada, pelo menos 30 dias antes do início da instalação da geomembrana, bem como amostras da geomembrana que será fornecida, para serem ensaiadas por laboratório especializado da seguinte forma:

- ✓ Uma amostra com comprimento de 1m pela largura padrão do fabricante;
- ✓ Uma amostra de solda, com comprimento mínimo de 1m e pelo menos 30 cm de geomembrana dos dois lados da solda.

O Fabricante deverá fornecer o Certificado de Controle de Qualidade de toda a geomembrana fornecida, incluindo:

- ✓ A quantidade de bobinas fornecidas com as respectivas identificações de cada bobina, de acordo com a norma NBR 12592, ou seja, contendo uma etiqueta, que além de identificar o produto com o número da bobina, indique suas principais características, tais como espessura, largura, comprimento e peso;

- ✓ Resultado dos ensaios do Controle de Qualidade, contendo espessura, resistências à tração e alongamentos, segundo as normas aplicáveis ao tipo de geomembrana, de acordo com o que se estabelece nestas Especificações.

O descarregamento dos painéis e/ou das bobinas, na obra, deve ser feito por equipamentos apropriados que permitam o içamento e a movimentação segura. O içamento deverá ser efetuado utilizando cintas de poliéster, tomando o cuidado para não estrangular o material e efetuar o içamento através de no mínimo dois pontos de sustentação, para evitar deformação do mesmo. Não deverão ser utilizados cabos e/ou cintas metálicos.

Será feita a inspeção visual dos painéis ou das bobinas recebidos, sem que os mesmos sejam abertos, a menos que se suspeite de danos ou defeitos no seu interior. A geomembrana exterior deve estar livre de perfurações, bolhas, cortes, dobras, rachaduras, etc.

2.20.2 Estocagem

As geomembranas de outros tipos deverão ser estocadas conforme as recomendações do fabricante.

O armazenamento deve ser feito em local de chão firme e plano, de modo a facilitar a movimentação de descarga e carga e para evitar deformações nas bobinas.

O empilhamento, na estocagem, deverá atender as recomendações do fabricante.

Todas as precauções deverão ser tomadas para não danificar a geomembrana quando de uma estocagem prolongada no canteiro de obras.

O CONSTRUTOR deverá:

- ✓ Dispor de uma área plana, de resistência suficiente para permitir a circulação de máquinas, desembaraçada de quaisquer materiais ou ferramentas;
- ✓ Colocar as extremidades do eixo das bobinas num suporte, de maneira que o peso da bobina não comprima a camada externa, em caso de bobina de peso elevado;
- ✓ Não sobrepor os painéis/bobinas em falso ou em camadas perpendiculares umas às outras;
- ✓ Dispor a geomembrana em posição horizontal e, em lugar seco, ao abrigo do calor. As superfícies e, particularmente, os bordos, deverão ser protegidos para evitar qualquer degradação dos materiais.

2.20.3 Transporte

Igualmente, durante o transporte e nas operações de carregamento e descarregamento, o CONSTRUTOR deverá tomar todas as precauções destinadas a evitar dano nas primeiras camadas dos painéis/bobinas.

2.20.4 Instalação

O fabricante deverá apresentar garantia do material contra qualquer defeito de fabricação por um período de no mínimo 5 anos após a aplicação da manta.

O fornecedor deverá prestar assistência técnica na instalação da manta, através de pessoal técnico especializado.

Os serviços de preparação da superfície de apoio da geomembrana deverão ter defasagem mínima da sua colocação, para evitar a deterioração do terreno, produzida pela chuva, vento, perda de umidade do solo e trânsito local.

A superfície sobre a qual será colocada a geomembrana, no fundo da escavação e nos taludes, deve estar nivelada, compactada e isenta de qualquer tipo e tamanho de pedras ou resíduos, raízes, afloramentos rochosos, depressões e mudanças abruptas de inclinação do terreno, que possam danificar o material.

A ancoragem terá a função de impedir o deslizamento da geomembrana sobre o talude e ajudar na resistência da geomembrana, não lastreada, aos esforços de elevação gerados pela ação do vento. Para a ancoragem deverão ser observados os detalhes construtivos indicados nos desenhos de projeto.

O reaterro das canaletas de ancoragem, previsto nos desenhos de projeto, deverá ser feito cuidadosamente, de modo a não se formarem áreas tracionadas ou de levantamento da geomembrana.

O reaterro deverá ser efetuado, de preferência nas primeiras horas do dia seguinte após a colocação dos painéis e respectivas ancoragens temporárias, de forma que a geomembrana se encontre em seu estado mais contraído. Provisoriamente poderão ser empregados sacos de areia na ancoragem.

Para ligação com estruturas, a geomembrana deverá ser fixada no concreto através de perfis de aço ou de insertos, este último embutido no concreto, de tal forma que seja garantida uma perfeita estanqueidade. Deverão ser observadas as recomendações do fabricante, conforme o tipo de geomembrana a ser utilizado.

O CONSTRUTOR deverá assegurar a manutenção da geomembrana no topo do talude antes da execução da ancoragem. Deverá ser efetuado imediatamente um lastreamento parcial na trincheira de ancoragem. Se for o caso, deverão ser utilizadas fixações pontuais no fundo da trincheira (grampos de ferro cravados). Deverão ser adotadas todas as disposições necessárias para que o cordão de lastreamento não sofra erosão ao longo do tempo.

O CONSTRUTOR deverá cuidar da execução de qualquer ancoragem provisória, conforme orientação de projeto ou recomendação da equipe de ATO e FISCALIZAÇÃO.

Nestes taludes as ancoragens serão realizadas por lastreamento ao nível da rampa, aguardando a execução do revestimento de proteção. O preenchimento e compactação da trincheira de ancoragem deverão ser efetuados de modo a evitar:

- ✓ Tensionamento da geomembrana;
- ✓ A perfuração da geomembrana na ancoragem ou na crista do talude;
- ✓ A queda de materiais no interior da obra;
- ✓ A penetração de água sob a geomembrana (risco de erosão);
- ✓ A estagnação de água na crista da obra.

O CONSTRUTOR deverá utilizar materiais argilosos e pouco permeáveis na compactação da trincheira.

O CONSTRUTOR deverá apresentar para aprovação prévia da FISCALIZAÇÃO, um planejamento da instalação, incluindo a modulação, a identificação dos painéis e o sistema de ancoragem, com indicação de como serão executados os detalhes das interferências com estruturas de concreto, tubos, etc.

O CONSTRUTOR deverá fornecer e instalar as geomembranas, de acordo com as instruções do fabricante, onde indicado pelo projeto e aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

A instalação da geomembrana somente será feita através de mão de obra qualificada pelo fabricante e aprovada previamente pela FISCALIZAÇÃO. A FISCALIZAÇÃO deverá inspecionar detalhadamente toda a extensão da superfície de terraplenagem, devidamente regularizada, sobre a qual deverão ser aplicadas as geomembranas. Todas as pedras pontiagudas ou quaisquer elementos cortantes, bem como raízes, deverão ser removidos da superfície, evitando a possibilidade de dano (perfuração) da geomembrana durante sua colocação ou operação do sistema.

Deverão ser registrados, em forma de relatório, o número, a localização e a data de colocação de cada painel, e o como construído diário de toda a geomembrana instalada deverá ser apresentado à FISCALIZAÇÃO e ao Projetista.

O CONSTRUTOR conduzirá o desenrolamento ou o desdobramento de maneira a permitir a boa execução das operações posteriores de emenda e de ancoragem.

O CONSTRUTOR deverá tomar especial cuidado com os seguintes pontos:

- ✓ Não permitir rolar sobre a geomembrana, cascalho ou blocos de rocha situados no topo do talude;
- ✓ Respeitar as larguras mínimas de recobrimento e ancoragem;

- ✓ Nos taludes, de forma geral, lançar a geomembrana de cima para baixo para facilitar o assentamento e minimizar a degradação da base;
- ✓ Nos taludes, posicionar a linha de emenda seguindo a linha da maior declividade e evitar, na medida do possível, emendas horizontais;
- ✓ Desenrolar ou desdobrar a geomembrana no sentido do vento para evitar que sejam levantadas;
- ✓ Evitar também qualquer dobra considerável na geomembrana a fim de facilitar as operações de solda no local;
- ✓ Impedir o trânsito de qualquer veículo sobre a geomembrana;
- ✓ Não deteriorar a base do *forebay* onde será colocada a geomembrana, com máquinas de manuseio ou quando do deslocamento da geomembrana sobre o fundo;
- ✓ Os transpasses entre os painéis a serem emendados devem ser de 10 cm para soldas por fusão e de 7,5 cm para soldas por extrusão, ou conforme especificação do fabricante;
- ✓ Antes do início da solda os transpasses devem estar limpos e isentos de umidade;
- ✓ As emendas deverão ser numeradas de acordo com a numeração dos painéis e identificadas no relatório de instalação.
- ✓ A operação de emenda propriamente dita necessita de um recobrimento prévio entre as mantas;
- ✓ Evitar qualquer deslocamento do geotêxtil, quando este for utilizado.

O desenvolvimento ou desdobramento será seguido o mais rapidamente possível da emenda, que necessitará sempre de superfícies limpas e secas.

Quando os painéis forem as próprias bobinas, a abertura deve ser iniciada a partir da crista dos taludes, observando o sentido correto do desenrolamento.

Deve-se, imediatamente, fazer ancoragens temporárias com sacos de areia, na ponta livre da geomembrana para evitar o seu levantamento pelo vento.

Com relação às emendas, o CONSTRUTOR deverá efetuar as operações de emenda com o máximo de cuidado e deverá evitar realizá-las nas seguintes condições:

- ✓ Sob chuva ou sob água;
- ✓ Na lama;
- ✓ Em condições de vento violento;

✓ Em condições de temperatura extrema.

A FISCALIZAÇÃO só aceitará a sobreposição de no máximo três elementos em um determinado ponto.

As juntas serão efetuadas por solda térmica (ponteira aquecida ou ar quente) simples ou dupla com canal central de controle (PVC ou PEAD).

O CONSTRUTOR deverá efetuar o recobrimento entre os dois lados garantindo no mínimo as larguras definidas pelo fabricante. O CONSTRUTOR deverá adequar o recobrimento dos lados para atender estas exigências.

Para as soldas em T, o CONSTRUTOR deverá evitar qualquer dobra, mesmo mínima, quando desta operação. Deverá ser verificada a estanqueidade do ponto triplo.

Serão destacados os casos de soldas em T, situadas em zonas de tração potencial ou onde ocorrerem falhas, mesmo mínimas. O CONSTRUTOR deverá colocar uma peça de reforço para garantir a estanqueidade. Sobre a seção regularizada dos *forebays*, o CONSTRUTOR deverá colocar uma placa de madeira, ou polietileno que deverá ser deslocada a medida do avanço da solda sob a geomembrana para facilitar a emenda (limpeza da solda, facilidade de avanço das máquinas automáticas, etc.). Especial atenção deverá ser dada ao fato de que a qualidade da solda é função da limpeza das geomembranas ao nível das soldas (limpeza com estopa, água ou material limpante, do qual o CONSTRUTOR deverá estar seguro quanto à compatibilidade com o material assentado); da boa regulagem das máquinas de solda; e da qualificação e do cuidado do pessoal em serviço.

2.20.5 Controle de Qualidade de Execução

Os equipamentos de solda devem ser testados e calibrados através de ensaios que avaliem as soldas executadas, em tiras da geomembrana, nas mesmas condições das soldas dos painéis. Esta avaliação deve ser feita imediatamente antes do início de cada jornada de trabalho (pela manhã e à tarde) e sempre que houver qualquer mudança nas condições do serviço (por exemplo, quando a máquina é desligada e esfria completamente). Os ensaios são realizados em tiras de 1 m de comprimento por 30 cm de largura, com a solda centrada ao longo do comprimento.

Da tira soldada para teste devem ser cortados dois corpos de prova para serem ensaiados no tensiômetro de obra para a verificação de suas resistências ao cisalhamento e ao arrancamento. Estes corpos de prova não devem romper na região da solda. Caso haja ruptura, todo o teste de solda deverá ser refeito e a máquina de solda com o respectivo soldador não devem ser aceitos até que as deficiências sejam corrigidas e duas outras soldas de teste sejam executadas com sucesso.

Quando durante a soldagem o transpasse apresentar rugas ou “boca de peixe”, estas deverão ser cortadas de modo a tornar a área plana para a passagem da máquina. Caso as áreas

cortadas fiquem com transpasses inadequados, estes deverão receber “manchões” com formato oval ou redondo, da mesma geomembrana aplicada, conforme recomendação do fabricante, e com tamanho de no mínimo 15 cm além da área cortada. Todo cruzamento de solda resulta em ponto de concentração de esforços e as recomendações do fabricante, para execução das emendas nestes cruzamentos, devem ser rigorosamente obedecidas, para a perfeita estanqueidade da obra impermeabilizada.

O CONSTRUTOR deverá assegurar a qualidade do sistema impermeabilizante instalado através da realização dos ensaios a seguir relacionados, os quais deverão ser documentados por meio de relatórios que serão entregues à FISCALIZAÇÃO.

Deverão ser executados ensaios não destrutivos, segundo os quais todas as soldas deverão ter a sua estanqueidade verificada ao longo de todo o comprimento. Estes ensaios devem ser realizados simultaneamente com os serviços de solda, e de acordo com a norma ASTM D 4437:

- ✓ Ensaio do canal de ar;
- ✓ Ensaio de vácuo.

A FISCALIZAÇÃO deverá definir a política de amostragem, estabelecendo a frequência e localização dos ensaios e os critérios de aceitação/rejeição das amostras, que normalmente seguem as recomendações da norma ASTM D 4437.

Todo o Controle de Qualidade deverá ser documentado através de relatórios de registros. No Controle de Qualidade devem ser checados todos os procedimentos de colocação, emenda da geomembrana, ancoragem e também acompanhados os ensaios não destrutivos realizados durante os serviços de instalação.

Além disso, deverão ser realizados os ensaios destrutivos, feitos para avaliar estatisticamente a qualidade das soldas, em corpos de prova de 2,5 cm de largura por 12 cm de comprimento.

Os ensaios destrutivos devem ser executados à medida que as soldas vão sendo realizadas. É recomendável que as amostras para tal teste sejam retiradas a cada 150 m lineares de solda. Os ensaios a serem executados serão o ensaio de cisalhamento e o de arrancamento. Estes ensaios devem ser realizados de acordo com as normas ASTM D 4437, D 413 e D 638.

Deverá fazer parte do controle de qualidade também, o ensaio de pelo menos duas amostras de cada painel ou bobina, que podem ser obtidas das sobras, não havendo necessidade de danificar a geomembrana para sua retirada. Estes ensaios serão os mesmos do controle de qualidade da fabricação, quais sejam: espessura e resistências à tração e alongamento.

Todas as emendas de campo deverão ser executadas com supervisão de pessoal técnico do fabricante, observando o uso de processos de soldagem adequados para o tipo de geomembrana escolhido. A FISCALIZAÇÃO deverá executar testes de campo (ar comprimido) e revisões de todas as emendas de forma a assegurar a integridade da geomembrana,

garantindo sua finalidade de impermeabilização. Eventuais danos e perfurações deverão ser restaurados pela colagem de uma sobremanta.

Com o intuito de evitar a exposição da geomembrana a intempéries e restringir a ocorrência de danos devido à passagem de pessoal e movimentação de maquinário, o concreto de revestimento e proteção da geomembrana deverá ser lançado no menor intervalo possível, após a abertura, conformação e ancoragem da geomembrana no terreno.

Para o caso das geomembranas de PEAD, a concretagem deve ser realizada simultaneamente à instalação, preferencialmente em períodos de baixa exposição solar (tempo nublado) ou à noite, já que este material apresenta elevada variação dimensional quando exposto ao sol. A incidência solar na geomembrana de PEAD pode ocasionar tensões na região de ancoragem do material e deformações (rugas) na sua superfície, que além de dificultar o lançamento e espalhamento do concreto de revestimento, podem ocasionar a redução da espessura do revestimento de concreto a valores inferiores ao especificado em projeto.

O processo executivo das placas de revestimento em concreto deverá ser orientado de forma que sejam evitados rasgos ou perfurações da geomembrana impermeável.

Deverão ser utilizados, na concretagem, formas deslizantes ou gabaritos metálicos que se apoiem no topo das bermas, sem necessidade de cravação de grampos ou estacas que possam danificar a geomembrana.

O CONSTRUTOR deverá reparar, às suas custas, todos os segmentos não satisfatórios indicados pela FISCALIZAÇÃO.

2.21 CONCRETO DE REVESTIMENTO E PROTEÇÃO DA GEOMEMBRANA

O CONSTRUTOR deverá lançar o concreto de acordo com as dimensões e espessuras indicadas nos desenhos de projeto ou conforme orientação da equipe de ATO e da FISCALIZAÇÃO, adequando o processo executivo de forma a evitar rasgos ou perfurações da geomembrana.

Será de responsabilidade do CONSTRUTOR, o fornecimento de fôrmas e moldes (incluindo sua fabricação, colocação, emprego e remoção), o traçado de juntas, bem como quaisquer outras operações necessárias. A escolha dos equipamentos de lançamento e espalhamento do concreto será de inteira responsabilidade do CONSTRUTOR.

Previamente ao lançamento do concreto, deverá ser realizada uma nova inspeção na superfície da geomembrana, em especial nos pontos de solda. Caso sejam observados furos, rasgos ou problemas nas soldas, a região afetada deverá ser remediada, para posterior lançamento do concreto de revestimento.

O revestimento de concreto poderá ser lançado manualmente ou com equipamento mecânico, sua superfície deverá ser lisa e deverá ser garantida a espessura mínima indicada em

projeto. A execução deverá ser rigorosamente controlada, garantindo que a geomembrana esteja bem ancorada e conformada em toda a superfície do terreno. O concreto lançado não poderá se apresentar poroso, com vazios ou ninhos. A FISCALIZAÇÃO poderá exigir, a seu critério, a colocação manual do revestimento, nos locais de difícil acesso aos equipamentos ou onde julgar necessário.

Quando utilizados equipamentos de concretagem, fôrmas deslizantes, gabaritos, etc., estes deverão se apoiar no topo das bermas e eventualmente, com a anuência da FISCALIZAÇÃO, no fundo do *forebay*. Não será permitida em qualquer etapa de instalação e execução do revestimento, a cravação de grampos ou estacas que possam danificar a geomembrana. Cuidados especiais deverão ser tomados no manuseio de equipamentos e ferramentas, durante a etapa de lançamento e espalhamento do concreto. Caso sejam observados danos na superfície da geomembrana, a concretagem deve ser paralisada para a remediação da região afetada, às expensas do CONSTRUTOR.

O revestimento, quando lançado manualmente, deverá ser acabado com desempenadeira, sobre guias, tanto no fundo como nos taludes do *forebay*, de forma similar ao descrito no “Concrete Manual” do U.S.B.R. Este deverá ser executado em painéis alternados, a começar com as lajes de fundo. Cada painel terá no máximo um comprimento de 3,0 m. Especial atenção deverá ser dada à cura. Fissuras resultantes de cura inadequada serão motivo de rejeição do trecho, podendo, entretanto, o CONSTRUTOR, quando achar necessário, utilizar aditivos, previamente aprovados pela FISCALIZAÇÃO, a fim de conseguir a cura adequada. A variação máxima tolerada no declive na cota de nivelamento do revestimento de concreto para o *forebay* será de + 1 cm para cada 20 m de intervalo entre estações. Não será permitida qualquer variação para menos na espessura especificada.

Em todos os casos, os painéis do fundo deverão ser lançados primeiramente e os painéis dos taludes deverão ser lançados de baixo para cima. Os painéis intermediários somente deverão ser lançados após o endurecimento dos painéis adjacentes.

No caso do revestimento ser lançado manualmente, o concreto deverá ser espalhado sobre os lados e o fundo do *forebay* por meio de régua, declive acima, na espessura especificada. O revestimento deverá ser colocado em painéis alternados.

Poderá ser utilizada uma forma deslizante no sentido longitudinal ou equipamento distribuidor-acabadora, dotado de vibradores fixos. Em condições adequadas de operação, as superfícies trabalhadas pela fôrma deslizante requererão pouco acabamento. A superfície da fôrma deslizante e o acabamento final deverão ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Deverão ser tomados cuidados para que os espaços vazios que as fôrmas deixam em cada lado sejam iguais. Independente dos vibradores da fôrma deslizante o CONSTRUTOR deverá dispor de vibradores de imersão e ainda de régua e desempenadeiras para o acabamento dos taludes e do fundo. A concretagem do revestimento também poderá ser feita utilizando fôrmas que se

desloquem desde baixo, sobre réguas bem fixadas e alinhadas, colocando o concreto em camadas horizontais e devidamente vibrado.

As juntas transversais e longitudinais deverão ter espaçamentos e espessuras conforme indicados nos desenhos de projeto. As juntas longitudinais deverão ter a mesma declividade do trecho que estiver sendo executado.

O traçado das juntas deverá ser executado enquanto o concreto estiver fresco, mediante superfícies cortantes retas, facas mecânicas ou cortadores operados manualmente ou aparelhos ligados à fôrma deslizante. Caso sejam ocasionados danos à geomembrana, durante a execução das juntas, o revestimento (geomembrana e concreto) da região danificada deverá ser refeito, às expensas do CONSTRUTOR.

Nos locais onde houver estruturas de concreto, estas deverão ser executadas anteriormente à instalação da geomembrana e do revestimento do *forebay*. Se, nestes pontos, não for possível o uso de equipamentos para o revestimento, o CONSTRUTOR deverá interromper o revestimento no local da junta de dilatação e revestir manualmente o trecho afetado pela estrutura.

Se o equipamento utilizado pelo CONSTRUTOR não lhe permitir interromper as operações de revestimento, ser-lhe-á permitido executar o revestimento sem interrupção nas seções que alojarão as estruturas concretadas no local, removendo ou demolindo, posteriormente, a parte do revestimento necessário para alojar as estruturas. Entretanto, não serão incluídos, para fins de pagamento, os custos de mão-de-obra, dos equipamentos ou os materiais necessários para o lançamento e posterior remoção ou demolição do revestimento de concreto.

Se, na seção em que o CONSTRUTOR remover o concreto ou interromper o revestimento para a construção de estruturas, as superfícies da escavação do *forebay* sofrerem qualquer dano devido à erosão, enlameamento, encharcamento ou qualquer outra causa, as fundações deverão ser reparadas por conta do CONSTRUTOR. Os reparos deverão incluir as correções no próprio revestimento (geomembrana e concreto) do *forebay*.

O concreto que for removido, de acordo com estas especificações ou com a determinação da FISCALIZAÇÃO, deverá ser depositado ao pé do talude exterior do *forebay*, ou removido para local de bota-fora, aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

2.21.1 Juntas de Revestimento de Concreto

a) Juntas de Dilatação

O CONSTRUTOR executará todas as juntas de dilatação conforme estas especificações, nos espaçamentos e dimensões indicados nos desenhos de projeto, e em acordo a eventuais recomendações da FISCALIZAÇÃO e equipe de ATO.

Para tanto, o CONSTRUTOR verificará que o lançamento do concreto da placa seguinte não fique aderente ao da primeira placa. Estas juntas serão dotadas de uma ranhura seccionando toda a placa.

Pela concepção do revestimento, estas juntas não terão nenhuma função de estanqueidade e não comportarão portanto qualquer tipo de selante. Previamente à execução da junta de dilatação, deverá ser feita a total limpeza da ranhura, eliminando-se a poeira, areia, materiais soltos e/ou estranhos. Para aplicação do material de enchimento do fundo da junta é necessário que a junta esteja totalmente seca.

b) Junta de Retração

O CONSTRUTOR executará todas as juntas de retração conforme estas especificações, nos espaçamentos e dimensões indicados nos desenhos de projeto, e em acordo a eventuais recomendações da FISCALIZAÇÃO e equipe de ATO.

As juntas de retração corresponderão à ranhura a ser executada nas dimensões apresentadas nos desenhos de projeto, antes do endurecimento do concreto e o mais tarde possível, após o início da concretagem do revestimento. Conforme a concepção do revestimento, estas juntas não terão nenhuma função de estanqueidade e não comportarão produto de vedação das mesmas.

c) Juntas de Vedação

As juntas de vedação, quando previstas na junção dos revestimentos, deverão ser restritas aos locais indicados nos desenhos de projeto.

d) Juntas de Construção

As juntas de construção terão por objetivo permitir a construção da obra por etapas sucessivas de concretagem, devendo ser previamente aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

O CONSTRUTOR deverá tomar todas as precauções para que o lançamento do concreto da etapa seguinte fique perfeitamente aderente ao da primeira etapa.

Todos os materiais e procedimentos para paralisação e retomada da concretagem que obriguem a execução de uma junta de construção, serão submetidos à aprovação prévia da FISCALIZAÇÃO.

2.22 FORNECIMENTO DE FIBRAS SINTÉTICAS

As fibras são fornecidas em embalagens de papel solúvel, e deverão ser armazenadas em local seco e ventilado, conforme especificações do fabricante.

A dosagem será de 0,60 kg/m³, ou seja, um pacote para cada metro cúbico de concreto. O pacote deverá ser lançado diretamente na correia transportadora de agregados da central dosadora ou no caminhão betoneira.

Em outra forma de mistura, as fibras deverão preferencialmente ser adicionadas juntamente com a água no início do amassamento, porém poderão ser adicionadas a qualquer momento da mistura, inclusive no final, caso em que será necessário um tempo adicional de 5 minutos de mistura.

Quando a mistura for úmida, a consistência da matriz não deverá ser muito rígida nem muito fluida de modo a garantir a imediata dispersão e mistura das fibras.

Quando as fibras forem adicionadas no caminhão betoneira, cada saco deverá ser adicionado via tremonha e a mistura deverá ocorrer por no mínimo 5 minutos.

O ensaio de abatimento do tronco de cone pode indicar redução da medida do abatimento do concreto, mas a trabalhabilidade, representada pela facilidade de lançamento, adensamento e acabamento da mistura de concreto, não é afetada. Portanto, não se deve adicionar água extra ao concreto.

2.23 CONCRETO PROJETADO

O concreto projetado deverá ser empregado no tratamento eventual de superfícies expostas de rochas, em reparos de concretos executados ou onde determinado pela FISCALIZAÇÃO. Este poderá utilizar o processo de via seca ou via úmida, devendo atender às exigências aqui especificadas ou conforme orientações da equipe de ATO e FISCALIZAÇÃO.

O CONSTRUTOR poderá submeter à aprovação da FISCALIZAÇÃO um método alternativo para aplicação do concreto projetado, desde que permita a obtenção de um material de qualidade similar ao obtido de acordo com estas Especificações, à critério da FISCALIZAÇÃO.

As disposições contidas neste item são válidas tanto para o concreto projetado quanto para a argamassa projetada.

2.23.1 Materiais

Os materiais constituintes do concreto projetado deverão estar em conformidade com estas especificações, a menos que seja de outra forma decidida pela FISCALIZAÇÃO.

A dimensão máxima característica do agregado a ser empregado no concreto projetado, não deverá ser superior a 9,5 mm e o seu teor de umidade, no instante da mistura do concreto, deverá se situar entre 3% e 6%, de modo a permitir controlar a tendência da mistura a apresentar entupimentos.

Os aditivos aceleradores de pega não deverão conter materiais que possam causar a corrosão de armaduras.

2.23.2 Equipamentos

Os equipamentos a serem empregados na aplicação do concreto projetado deverão ser previamente aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

O CONSTRUTOR deverá dispor de meios e equipamentos necessários ao controle cuidadoso das quantidades de cada um dos materiais a serem utilizados na mistura de concreto projetado.

O equipamento de mistura deverá ter capacidade de suprir a espingarda de aplicação, de modo contínuo e uniforme, de material homogeneamente misturado.

A mangueira deverá apresentar resistência e diâmetro compatíveis, respectivamente, com as pressões de trabalho e com as vazões exigidas de material.

Os bicos serão do tipo de pré-mistura, com um anel perfurado de alimentação da água em seu interior, de modo a possibilitar a sua distribuição uniforme ao material da mistura do projetado, no próprio local de aplicação.

O compressor deverá ter capacidade para fornecer ar, continuamente, de acordo com as pressões e os volumes exigidos, para os comprimentos de mangueira previstos.

O compressor fornecerá também o ar necessário à remoção de respingos ou de material refletido, à limpeza de modo geral e a outros usos secundários.

Não será permitido o emprego de compressor que forneça ar contaminado por óleo.

A bomba de água deverá ter capacidade para fornecer água de modo contínuo e uniforme, nas pressões e nos volumes exigidos, para os comprimentos de mangueira previstos.

A pressão da água deverá ser sempre mantida em cerca de 0,1 MPa acima da pressão de ar utilizada.

As pressões do ar e da água serão controladas pelo CONSTRUTOR, através de manômetros de precisão adequada.

2.23.3 Testes Preliminares

Previamente ao início dos trabalhos com o concreto projetado, deverão ser realizados, pelo CONSTRUTOR, testes preliminares para definição da proporção entre os constituintes da mistura, de acordo com procedimentos a serem fornecidos pela FISCALIZAÇÃO.

Todos os materiais, equipamentos e operadores a serem mobilizados na ocasião destes testes, deverão ser os mesmos previstos para a execução dos serviços, simulando-se ao máximo as condições de serviços da obra.

Serão testadas misturas de relação cimento: agregado variável de 1:3 a 1:5, em peso.

A quantidade de água a ser utilizada será ajustada no bico para o caso da via seca e na central dosadora, no caso de ser adotado o processo de via úmida.

A quantidade de água a ser adicionada será a mínima possível de modo que o material aplicado se apresente adequadamente compactado, sem reflexão excessiva ou qualquer deslocamento ou deslocamento do material no estado fresco.

A proporcionalidade entre os materiais utilizados nas misturas a serem empregadas na obra será determinada pela FISCALIZAÇÃO a partir dos testes realizados, com base no desempenho de cada mistura durante os testes e nos resultados de ensaios de resistência à compressão das misturas testadas, realizados em corpos de prova cilíndricos extraídos de painéis para teste.

No caso de aplicação de concreto projetado no reparo de estruturas de concreto, a sua resistência deverá ser compatível com o valor característico de projeto das mesmas.

No caso do emprego de concreto projetado para o revestimento de taludes em rocha, a sua resistência característica (fck) deverá atingir os seguintes valores:

- ✓ 5 MPa na idade de 12 horas;
- ✓ 12 MPa na idade de 36 horas;
- ✓ 18 MPa na idade de 7 dias.

As superfícies contra as quais o concreto será projetado deverão ser previamente preparadas, conforme estabelecido nestas Especificações.

Antes da aplicação do concreto projetado, o CONSTRUTOR deverá instalar pinos de referência nas superfícies a serem tratadas, para indicação e controle das espessuras de revestimento.

No instante da aplicação do concreto, as superfícies a serem tratadas deverão se apresentar na condição de úmidas, superficialmente secas.

2.23.4 Dosagem e Mistura

Todos os materiais serão dosados em peso.

A mistura do cimento com os agregados será realizada a seco, para o caso da via seca, por um período mínimo de um minuto e meio.

No caso do processo da via úmida, a mistura dos constituintes do traço deverá obedecer a uma ordem de entrada na betoneira, para uma maior eficiência de mistura, a ser determinada e indicada pela FISCALIZAÇÃO.

Neste caso, a mistura no estado fresco deverá apresentar trabalhabilidade em termos de *slump*, no intervalo de 100 (± 20 mm).

O material misturado e não utilizado no intervalo de 60 minutos após a mistura ou que tenha iniciado a pega, será rejeitado, não sendo permitido o seu reaproveitamento.

Os aditivos aceleradores de pega deverão ser adicionados imediatamente antes da colocação dos outros materiais nos equipamentos, no caso de se apresentarem na forma de pó.

No caso de aditivos na forma líquida, os mesmos serão adicionados no bico de projeção, por meio de dispositivo controlador da vazão.

2.23.5 Aplicação

Os trabalhos em concreto projetado deverão ser realizados apenas por operadores habilitados, autorizados pela FISCALIZAÇÃO.

O jato de concreto deverá sair tão perpendicular quanto possível à superfície de tratamento, exceto quando deva ser direcionado com certa inclinação para preenchimento completo em regiões situadas atrás de armaduras.

O concreto que apresentar sinais de umedecimento excessivo, de escorregamento ou de deslocamento, será removido e substituído.

O CONSTRUTOR deverá tomar todas as providências para que não ocorram danos às superfícies de concreto projetado já aplicado ou a deposição de material refletido sobre as mesmas.

Todo o material refletido e qualquer concreto refugado deverão ser removidos imediatamente para regiões de bota-foras indicados pela FISCALIZAÇÃO.

Não será dado nenhum acabamento às superfícies de concreto projetado, a menos que seja determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Tão logo o concreto projetado tenha endurecido suficientemente, deverá ser curado, de modo contínuo, por sete dias, de acordo com os procedimentos estabelecidos nestas Especificações.

Qualquer concreto projetado defeituoso deverá ser reparado ou substituído por outro de qualidade aceitável.

2.23.6 Medidas de Segurança

Certos constituintes químicos utilizados na formulação dos aditivos empregados em concreto projetado são moderadamente tóxicos e podem causar irritações na pele e/ou distúrbios respiratórios.

Portanto, caso sejam empregados aditivos que contenham tais elementos, o operador e seus ajudantes deverão usar capacetes apropriados, providos de máscaras de filtro de ar, além de luvas e roupas adequadas para a proteção da pele.

2.23.7 Controle

Será de responsabilidade do CONSTRUTOR a fabricação e a concretagem de painéis de madeira, nas dimensões e formato aprovados pela FISCALIZAÇÃO, destinados ao controle da resistência do concreto projetado na obra, bem como para a extração de corpos de prova destes painéis para a realização de ensaios.

2.24 FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE FIBRAS METÁLICAS PARA CONCRETO PROJETADO

Um aspecto importante que deve ser considerado quando da utilização de fibras metálicas é a tendência a formar feixes e interfechamento produzindo bolsas. Isto pode ocorrer durante a introdução das fibras na betoneira ou durante a mistura.

O primeiro aspecto pode ser controlado manualmente ou mecanicamente pelo uso de dispersores, tela vibratória, etc.

O segundo aspecto é influenciado pela geometria e volume relativo das fibras e pelo agregado. Quanto maior o tamanho do agregado, maiores os problemas de interferência agregado/fibra.

O concreto misturado com fibras metálicas poderá ser projetado por via seca ou via úmida. A dosagem inicial estimada será de 40 kg para cada metro cúbico de concreto. Observa-se que a experiência nacional e internacional tem encontrado maiores vantagens quando se combina o uso de fibras metálicas com o processo de projeção por via úmida.

2.25 FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOGRELHAS NA PROTEÇÃO DE TALUDES

As geogrelhas serão empregadas, em geral, nas superfícies escavadas a céu aberto de material de 2ª categoria, como elemento de reforço e contenção de pequenos blocos ou porções de saprolito que podem apresentar-se instáveis.

As geogrelhas deverão suportar o transporte e o manuseio normais, sendo estocadas afastadas do solo, em grupos separados para permitir e facilitar a inspeção quando necessário, conforme especificações do fabricante.

Estes elementos deverão ser instalados nos locais indicados nos desenhos de projeto ou determinados em campo pela equipe de ATO e FISCALIZAÇÃO. As geogrelhas deverão ser instaladas conforme orientação de projeto, sendo mantidas na posição por suportes, espaçadores de concreto, chumbadores ou grampos metálicos aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

As sobreposições das geogrelhas deverão atender ao indicado nos desenhos de projeto, não devendo ser inferiores a 30 cm de lado. Se necessário, a fim de assegurar as sobreposições ou evitar abatimentos, deverão ser colocados pinos adicionais de fixação.

As dimensões (largura e comprimento) e malhas das geogrelhas, em rolos ou painéis, serão aquelas indicadas nos desenhos de projeto. Será utilizada, de preferência, a largura normal de fabricação e comprimento usuais para painéis ou rolos.

Caso não esteja previsto nenhum tipo de ancoragem para o tratamento do talude, que possa servir para a fixação da geogrelhas, a mesma deverá ser fixada através de chumbadores com diâmetro de 16 mm e comprimento mínimo de 1,0 m, aço tipo CA-50 ou equivalente, distanciados no máximo de 2,0 m na horizontal e de 4,0 m na vertical, ou conforme recomendação da equipe de ATO.

2.26 CHUMBADORES

Os chumbadores deverão ser constituídos de barras de aço CA-50 de diferentes diâmetros e características, com ou sem dispositivos de fixação especial, que serão instalados nos furos por meio de cunha, argamassa ou calda de cimento, prevendo a aplicação de um torque mínimo na porca de fixação para encosto da placa de reação.

Os tipos adequados de chumbadores, para uso na obra, deverão ter aprovação vinculada ao teste de qualificação feito no início dos serviços.

De acordo com sua finalidade, os chumbadores poderão ser eventuais ou sistemáticos.

Os chumbadores eventuais serão destinados à proteção localizada e seu local de instalação será definido pela FISCALIZAÇÃO, com a finalidade de evitar a queda de blocos soltos ou materiais sem coesão, resultantes de detonação ou de interseção de fraturas da rocha. Antes da instalação, deverão ser aprovados os certificados de ensaios de qualidade e especificações técnicas dos mesmos, complementados com desenhos, quando necessário.

Os chumbadores sistemáticos serão aqueles com finalidades estruturais de sustentação ou enrijecimento, devendo ser instalados de acordo com esta especificação e segundo as indicações dos desenhos de projeto.

Qualquer alteração de projeto somente será permitida após a aprovação da FISCALIZAÇÃO.

2.26.1 Características dos Chumbadores

Os chumbadores deverão ser fabricados com aço de construção com mossas ou saliências, e ter resistência à tração mínima de 500 MPa.

Estes chumbadores serão fabricados no local da obra, nos comprimentos compatíveis com os detalhes dos desenhos de projeto e fixados por meio de argamassa ou calda de cimento. Os chumbadores deverão ser dotados de centralizadores e placas de apoio.

2.26.2 Instalação e Fixação

Os furos para a instalação de chumbadores deverão ser executados com equipamento de roto-percussão, sendo seu diâmetro determinado em função do tipo do chumbador a ser utilizado, conforme as recomendações do fabricante e em acordo com a FISCALIZAÇÃO.

Antes da instalação, os furos deverão ser limpos com jato de ar e ter a profundidade do furo medida, para verificar se o furo não se apresenta obstruído e garantir a perfeita aderência do ligante à superfície do furo.

As superfícies dos chumbadores, no momento da instalação, deverão estar limpas e isentas de substâncias que reduzam a aderência com a argamassa, podendo ser exigido seu jateamento com areia, se assim for necessário.

Os chumbadores serão fixados com calda de cimento ou argamassa de cimento e areia, sendo os furos injetados por meio de mangueira do fundo para a boca, após a colocação dos chumbadores.

As caldas de cimento deverão ser preparadas em misturador de alta rotação e alta turbulência, devendo os demais equipamentos atender aos serviços de injeção, conforme descrito nestas especificações.

2.27 TIRANTES DE BARRA, FIOS E CORDOALHAS

Para os tirantes de barra, a cabeça de ancoragem é composta basicamente por placas de apoio, cunha de grau e porcas, confeccionadas em aço forjado de alta resistência, com as dimensões indicadas nos desenho de projeto ou conforme orientação da equipe de ATO e FISCALIZAÇÃO. As placas de apoio, cunha de grau e porcas deverão resistir a esforços de, pelo menos, 1,5 vez o limite de resistência à tração das barras.

Nos tirantes de fios ou cordoalhas, o conjunto definido como cabeça de ancoragem inclui as placas de apoio, cunha de grau, a cabeça móvel que permite a protensão do fio ou cordoalha, o sistema de ancoragem do tirante protendido, respiros e purgadores de injeção do trecho livre e o cone de proteção da cabeça de ancoragem.

A proteção de concreto contendo a cabeça do tirante deverá permitir que o conjunto, após protensão total dos tirantes, seja perfeitamente vedado e ofereça proteção total aos cones de ancoragem e à extremidade do elemento tensor.

Cada tirante será constituído por elementos de aço, com diâmetro, limites de escoamento e tensão mínima de ruptura à tração definidos, de modo a atingir as cargas indicadas nos desenhos de projeto.

Os aços não deverão ser tratados com óleo solúvel ou qualquer outro produto antioxidante quando no estoque. Sua preservação deverá ser obtida por condições corretas de estocagem. O recebimento e aceitação dos aços pela FISCALIZAÇÃO obedecerão ao disposto na NBR-7482 - "Fios de Aço para Concreto Protendido", da ABNT.

Os tubos de injeção poderão ser de plástico (polietileno, poliestireno, etc.) ou em aço, com espessura de parede suficiente para suportar as pressões de injeção e as pressões laterais que possam ocorrer, cabendo à FISCALIZAÇÃO exigir do CONSTRUTOR os certificados emitidos

por laboratórios idôneos que comprovem as qualidades dos tubos quanto às cargas às quais estarão submetidos.

Os espaçadores ou centralizadores serão constituídos por dispositivos metálicos ou plásticos com ranhuras ou aletas que permitam a livre passagem da calda de injeção e garantam o cobrimento mínimo da barra, fios ou cordoalhas prescritos na NBR-5629 - "Estruturas Ancoradas no Terreno", da ABNT.

Todos estes elementos terão bordas arredondadas, para não danificarem os tubos de injeção e bainhas de proteção. Os elementos de aço não deverão conter liga ou qualquer revestimento de proteção que coloque em contato materiais diferentes.

No trecho de transição entre a zona livre e ancorada, deverá ser instalado um elemento que, além da função de espaçador, também funcione como um elemento de vedação.

Desta forma, procura-se garantir que a injeção do bulbo de ancoragem não interfira com a injeção do trecho livre. Este elemento, portanto, deverá permitir somente a passagem para o trecho ancorado, do tirante e do tubo de injeção principal. Os espaçadores deverão ser colocados em toda a extensão do tirante, com espaçamento máximo de 1 m.

Nos tirantes de barra, a bainha individual do tirante a ser colocada no trecho livre deverá ser de polietileno ou de poliestireno (plástico extrudado), com características mecânicas satisfatórias e estabilidade face aos agentes agressivos, não apresentando em sua composição nenhum elemento agressivo ao aço. Seu diâmetro deverá ser ligeiramente superior ao da barra, para permitir no trecho livre sua movimentação sem atrito exagerado durante a operação de protensão. Uma bainha metálica deverá ser instalada ao longo de todo o tirante, propiciando assim, uma proteção adicional. A zona de transição entre o trecho livre e de ancoragem deverá ser cuidadosamente vedada, com massa plástica epóxi para evitar contaminação com calda ou outro material estranho proveniente da zona ancorada para o interior da bainha.

Os fios ou cordoalhas no trecho livre deverão ter bainhas individuais ("espaguete") fabricadas em polietileno, poliestireno, etc., e com diâmetro ligeiramente superior ao do fio ou cordoalha, para permitir a livre movimentação do fio ou cordoalha por ocasião da protensão. Esta bainha deverá apresentar características mecânicas satisfatórias, estabilidade a agentes agressivos e não apresentar em sua composição nenhum elemento agressivo ao aço.

Além do anteriormente citado, e dependendo da agressividade dos terrenos e águas freáticas, devem-se adotar os sistemas de proteção indicados na NBR-5639 - "Execução de tirantes ancorados no terreno", da ABNT, utilizando-se o sistema de proteção mais adequado para cada caso.

Todas as vedações serão obtidas com o emprego de massas epóxicas ou equivalentes que deverão apresentar resistência suficiente para suportar as operações de manuseio e de colocação do tirante na perfuração, além de impedir qualquer penetração de calda de cimento da injeção de primeira fase na região do trecho livre do tirante. Esses materiais não poderão

conter nenhum componente nocivo ao aço de protensão e seu pH não poderá ser ácido ($\text{pH} < 7$).

O trecho ancorado deverá conter as válvulas "manchete", que permitirão o controle da pressão de injeção através do tubo de injeção.

As válvulas "manchete" deverão estar espaçadas de 0,5 m e permitir pressões de abertura de até 6 MPa (60 kgf/cm²), de modo a garantir o adequado funcionamento do bulbo de ancoragem.

A FISCALIZAÇÃO deverá exigir do CONSTRUTOR certificado emitido por laboratório idôneo que comprove a eficiência das válvulas "manchete" em operação nas faixas especificadas pelos desenhos de projeto.

Após o trecho de transição, já no trecho livre, deverá ser posicionada uma válvula "manchete", para permitir a injeção de calda de cimento entre os fios protegidos pelas bainhas individuais e o tubo externo de PVC.

A calda de injeção deverá ser de cimento e obedecer às condições prescritas na norma NBR-7681 - "Calda de Cimento para Injeção", da ABNT.

O fator água-cimento da calda não deverá ser superior a 0,5, respeitando-se ainda o especificado nos desenhos de projeto.

O índice de fluidez da calda de injeção, imediatamente antes de ser injetada, não deve exceder 18 segundos, determinados conforme a NBR-7682 da ABNT ("Calda de Cimento para Injeção - Determinação do Índice de Fluidez").

Não será admitida a utilização de calda, cujo índice de fluidez ultrapasse o valor de 18 segundos, durante o período de 30 minutos após a conclusão da mistura, determinado conforme a NBR-7685 da ABNT ("Calda de Cimento de Injeção - Determinação da Vida Útil").

A resistência mínima à compressão da calda de cimento deverá ser de 25 MPa (250 kgf/cm²) aos 28 dias. Essa resistência deverá ser atendida por ocasião dos ensaios de recebimento.

2.27.1 Perfuração

A perfuração deverá ser executada por equipamento de rotopercussão ou rotativo.

Durante a perfuração deverá ser executada a amostragem do material, a fim de caracterizar perfeitamente o terreno que propicia a ancoragem dos tirantes.

A situação do terreno na região de instalação dos equipamentos de perfuração deverá ser estável (taludes com inclinações adequadas ou escavações em nichos), a critério da FISCALIZAÇÃO.

Deverão ser executados ensaios de estanqueidade e de não intercomunicação das perfurações, devendo estes ser estabelecidos pela FISCALIZAÇÃO, em função dos resultados obtidos em furos de ensaios previstos ou nos primeiros furos das séries executadas.

2.27.2 Revestimento do Furo

Com o intuito de minimizar os efeitos de desbarrancamentos de materiais ou queda durante a operação de instalação da haste, prevê-se o revestimento deste trecho com tubo de PVC ou de aço de parede fina ("spirotubo", girotubo ou equivalente).

A FISCALIZAÇÃO poderá dispensar o revestimento, desde que seja garantida a estabilidade das paredes do furo. Ressalta-se que se os ensaios indicarem o "agarramento" do trecho livre, o CONSTRUTOR deverá substituir esses tirantes, às suas expensas.

2.27.3 Limpeza do Furo

A limpeza do furo far-se-á por lavagem, e a liberação ficará a cargo da FISCALIZAÇÃO.

A lavagem normalmente será feita por meio de injeção de água através de um tubo semirrígido, introduzido até o final da perfuração. Nesta operação não deverá ocorrer solapamento das paredes do furo, nem carreamento excessivo do material.

Caso o tempo entre o término da perfuração e a injeção exceder a 6 horas, deverá ser realizada uma nova limpeza do furo.

2.27.4 Introdução do Tirante na Perfuração

Antes da introdução do tirante na perfuração, deverá ser verificado o estado de limpeza da perfuração, a integridade de todos os componentes do tirante e o estado de oxidação do aço.

O tirante deverá ser introduzido na perfuração, evitando curvaturas excessivas para posicioná-lo corretamente.

Deve-se garantir o correto posicionamento da haste no interior do furo, com os centralizadores, de modo a se assegurar o recobrimento mínimo especificado por calda de cimento em toda a sua extensão. A extremidade inferior do tirante não deverá tocar o fundo da perfuração, devendo manter um espaço livre de aproximadamente 0,5 m.

2.27.5 Injeção de Preenchimento da Bainha

A injeção da calda de cimento para preenchimento da bainha deverá ser iniciada pelo tubo de injeção posicionado junto à primeira "manchete" da extremidade inferior.

Se tiver sido constatado um fraturamento exagerado na zona de ancoragem, deverá ser alterada a relação água/cimento da calda e ser processada esta injeção em etapas, para ser evitado um consumo exagerado de calda. Estas definições ficarão a cargo da FISCALIZAÇÃO.

A injeção deverá ser mantida até que sejam removidos todos os eventuais detritos que possam ter permanecido no fundo da perfuração ou qualquer excesso de água da eventual lavagem. O controle dessas condições será feito pela observação das características da calda que retorna à boca do furo, garantindo-se também o completo preenchimento do mesmo.

2.27.6 Injeção do Trecho Ancorado

O intervalo de tempo entre a injeção de preenchimento da bainha e a abertura das válvulas "manchete", assim como a pressão máxima admissível em cada uma delas, serão definidos pela FISCALIZAÇÃO ou conforme orientação da equipe de ATO, bem como as eventuais adaptações face às características geológico-geotécnicas locais. Este intervalo de tempo, no entanto, nunca deverá ser inferior a 24 horas. Esses mesmos ensaios definirão os limites de consumo de calda, bem como das pressões correspondentes, e as etapas de injeção, garantindo a formação de bulbos de ancoragem adequados, sem consumo exagerado de calda.

O tirante não deverá sofrer choques ou vibração até a calda de injeção ter atingido a resistência prevista.

2.27.7 Protensão dos Tirantes

Os tirantes serão protendidos quando a calda atingir a resistência característica mínima de 250 kgf/cm² (25 MPa). O tempo de espera para a calda atingir esta resistência será determinado pelos ensaios normalizados pela NBR-7684 - "Calda de Cimento para Injeção - Determinação da Resistência à Compressão" da ABNT.

A carga e a sequência da protensão de cada tirante serão definidas pelo projeto, em função das cargas de trabalho necessárias e das perdas de carga previstas a curto e médio prazo.

As placas de ancoragem com características definidas no projeto (quantidades e dimensões) deverão ser providas de 2 furos para injeção e respiros. Estas placas deverão estar assentadas em superfície plana, de modo a permitir a transmissão uniforme das cargas de protensão.

Para os tirantes de barra em particular, quando for atingida a carga especificada para o tirante, deve-se proceder à instalação da porca de fixação com os cuidados necessários à minimização das perdas de protensão.

2.27.8 Injeção do Trecho Livre

Após a protensão dos tirantes, deverá ser aberta a válvula "manchete" do trecho livre do tirante, de forma a preencher e envolver com calda, todo o comprimento livre do tirante.

Decorridas aproximadamente 2 a 3 horas após a injeção primária descrita, deverá ser executada uma injeção complementar para preenchimento de eventuais vazios resultantes da exsudação da calda.

A fixação deste lapso de tempo (2 a 3 horas) deverá ser feita a partir da observação da curva que indica o tempo de vida útil da calda. Poder-se-á utilizar a mesma calda empregada na injeção primária, ou uma nova calda com relação A/C (água - cimento) menor.

2.27.9 Ensaios de Protensão

Todos os tirantes deverão ser ensaiados (ensaios de recebimento) segundo a NBR-5629 - "Estruturas Ancoradas no Terreno - Ancoragens Injetadas no Terreno", da ABNT. Caberá à FISCALIZAÇÃO e a equipe de ATO definir a execução de ensaios de qualificação, os quais deverão obedecer igualmente à referida norma.

Os procedimentos dos ensaios, bem como os comportamentos exigidos para os tirantes e as cargas de protensão, deverão estar de acordo com a NBR-5629- "Estruturas Ancoradas no Terreno - Ancoragens Injetadas no Terreno" e com as cargas indicadas no Projeto. Os resultados dos ensaios deverão ser analisados pela FISCALIZAÇÃO e pela equipe de ATO. Em casos de comportamentos insatisfatórios, a FISCALIZAÇÃO e a equipe de ATO deverão recomendar procedimentos complementares (repetição do ensaio, execução de tirante complementar, etc.).

2.27.10 Proteção da Cabeça de Ancoragem

Após a liberação dos tirantes pelo Projetista e FISCALIZAÇÃO, face ao comportamento detectado nos ensaios, procede-se à proteção da cabeça de ancoragem, conforme o projeto ou outra forma a ser aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

2.27.11 Acompanhamento da Execução

Para cada tirante, deverá ser elaborado um boletim de campo com todas as informações necessárias, conforme o anexo da NBR-5629 - "Estruturas Ancoradas no Terreno - Ancoragens Injetadas no Terreno", para verificação e compatibilização entre a execução e o projeto.

Ao término dos trabalhos deverá ser emitido um relatório final completo de acompanhamento com informações de todos os tirantes que registrem as condições reais da execução.

2.27.12 Instrumentação

Os tirantes deverão ser instrumentados de acordo com as recomendações da NBR-5629 - "Estruturas Ancoradas no Terreno - Ancoragens Injetadas no Terreno" da ABNT ou segundo as indicações do Projeto, devendo ainda ser periodicamente vistoriados.

2.28 EXECUÇÃO DE DRENOS HORIZONTAIS PROFUNDOS (DHPs)

Os drenos horizontais profundos (DHPs) têm por finalidade principal drenar o interior de aterros ou cortes saturados, provocando um aumento de resistência e diminuição dos valores das pressões neutras atuantes.

Os tubos de drenagem deverão ser constituídos de PVC rígido, com diâmetros de 2", ou tubo geomecânico, sendo perfurados em toda a sua extensão, exceto no trecho inicial de 2 m junto ao talude ou muro. A extremidade interna do tubo deverá ser tampada e a extremidade externa inferior será deixada livre com pelo menos 20 cm para fora, quando se tratar da superfície de talude. Todo o trecho perfurado deverá ser envolto com tela de *nylon* # 100.

2.28.1 Perfuração

A plataforma para a operação do equipamento de perfuração deverá ser instalada em locais previamente preparados e apiloados, com superfície aproximadamente horizontal.

As plataformas e o solo apiloado deverão ser capazes de suportar o peso do equipamento, incluindo os tubos guias de aço, hastes e pessoal de operação, assim como todos os implementos necessários para execução das perfurações dos drenos.

Os DHPs serão perfurados quase horizontalmente, com um ângulo aproximado de 5° com a horizontal. Deverão ser utilizados furos com diâmetros NX (com utilização de coroa de vídia, para perfuração em solo).

Para evitar a aeração e consequente precipitação de óxido de ferro que levaria à colmatagem dos drenos, sua saída deverá ser afogada. Para tanto, deverão ser executados com inclinação descendente em relação à horizontal.

Durante o processo de perfuração deverão ser anotadas as eventuais perdas d'água de circulação, as ressurgências d'água, por pressão artesianas, bem como as fendas ou vazios encontrados.

Nas perfurações em areia, todo o cuidado deverá ser tomado para impedir o carreamento excessivo de material junto à boca do furo. Para tanto a vazão de água de perfuração deverá ser criteriosamente controlada. Além disso, a FISCALIZAÇÃO poderá determinar a instalação prévia de um ou mais tubos de revestimento de diâmetro HX cravado ou executado com baixas vazões de água de lavagem. A perfuração NX seria feita no interior dos tubos HX, mantendo em todo o processo a saída de lavagem entre os dois tubos.

2.28.2 Instalação

A inserção do DHP será executada no furo ainda com o revestimento, o qual poderá ser retirado tão logo feita a instalação do DHP.

Após instalação dos drenos, deverão ser feitas leituras de vazão durante quatro dias, a partir da data de sua instalação, e em intervalos de 24h. As leituras posteriores serão feitas a pedido da FISCALIZAÇÃO.

As águas captadas deverão ser coletadas pelos dispositivos de drenagem previstos nos desenhos de projeto.

O número, disposição, inclinação e comprimentos previstos para os DHPs serão indicados nos desenhos de projeto ou pela FISCALIZAÇÃO.

Os tubos de revestimento deverão apresentar resistência à compressão diametral e à torção, de modo a permitir sua utilização e posterior recuperação sem avarias ou defeitos.

Os tubos de PVC perfurados deverão ser capazes de absorver uma pressão máxima de serviço de 750 kPa. Antes de sua utilização, deverá ser verificado se os mesmos apresentam superfície externa suficientemente lisa, que permita sua fácil introdução no tubo guia. Internamente deverão estar livres de qualquer obstrução.

A saída de DHPs instalados em talude deverá ser protegida contra vandalismo, através da ancoragem da extremidade externa do tubo de PVC por bloco de concreto.

As águas drenadas serão conduzidas a canaletas do sistema de drenagem pluvial, de maneira a não provocar a erosão dos taludes.

2.29 INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO NOS PREPAROS DE FUNDAÇÕES

As injeções deverão ser executadas conforme indicado nos desenhos de projeto e nestas Especificações Técnicas, sendo que os arranjos adotados poderão ser modificados e/ou complementados mediante solicitação prévia da FISCALIZAÇÃO, em função das condições geológico-geotécnicas observadas.

Os tipos de injeção projetados e finalidades compreendem:

- ✓ Injeção de impermeabilização - visa diminuir a condutividade hidráulica do maciço rochoso por meio de uma cortina constituída de uma ou mais linhas de injeção;
- ✓ Injeção de consolidação - visa o preenchimento de fraturas ou cavidades naturais ou zonas de excessivo fraturamento no maciço rochoso de fundação das estruturas de concreto;
- ✓ Injeção de enchimento - visa preencher os vazios entre o concreto e a rocha no caso de túneis revestidos por concreto;

2.29.1 Equipamentos

Os equipamentos deverão ser dimensionados para atingir os objetivos definidos no projeto e atender ao cronograma da obra, sendo obrigatório atender aos seguintes requisitos:

- ✓ Capacidade de injetar até 150 ℓ/min a uma pressão de 1,5 MPa;
- ✓ Tubulações com diâmetro interno mínimo de 38 mm;
- ✓ Possibilitar a execução de injeção simultânea;
- ✓ Dispor de um circuito de retorno para controle da calda e da pressão de injeção;

- ✓ Possibilitar a execução de ensaios de injeção.

2.29.2 Materiais de Injeção

A calda deverá ser constituída basicamente de água e cimento, podendo receber a adição de areia, aditivos e outros materiais considerados necessários. Os diferentes materiais utilizados pelo CONSTRUTOR deverão atender às diretrizes contidas nestas Especificações Técnicas. As dosagens das caldas serão determinadas pela FISCALIZAÇÃO em função das absorções, fixando, a princípio, a relação água/cimento (A/C) variando entre 0,5 e 0,7 (em peso) e no caso de argamassa, a relação cimento/areia/água na proporção 2:1: 1 (em peso).

2.29.3 Perfuração e Lavagem dos Furos

As perfurações deverão ser executadas nos locais e nas inclinações indicados nos desenhos de projeto com diâmetro mínimo de 7,5 cm, através de equipamentos de roto-percussão. Nos furos de reconhecimento e verificação deverão ser utilizados equipamentos rotativos com diâmetro NX, quando deverão ser recuperados os testemunhos de sondagem.

Os furos deverão ser lavados com jatos de água e ar, aplicados até que a água retorne limpa e sem detritos. Não serão permitidos os usos de graxa e de outros lubrificantes e também de lamas durante a perfuração.

2.29.4 Sequência de Perfuração e Injeção

A sequência de perfuração e injeção deverá obedecer ao método da diminuição progressiva de espaçamento, definindo os furos primários ou de 1ª ordem; os furos secundários ou de 2ª ordem e sucessivamente os furos de ordem superior. As injeções deverão ser iniciadas pelos furos de 1ª ordem e sucessivamente pelos furos de ordem superior. Nenhum furo de ordem superior deverá ser perfurado antes do término das injeções dos furos de ordem inferior. Em função das absorções registradas, por decisão da FISCALIZAÇÃO, os serviços de injeção poderão ser cancelados (encerrados).

As injeções deverão ser executadas em trechos ascendentes de 3 m, obrigatoriamente coincidentes aos trechos de ensaios de perda d'água, quando existirem. Quando as condições do maciço rochoso não permitirem injeções por trechos ascendentes, a critério da FISCALIZAÇÃO, poderão ser realizadas injeções por trechos descendentes.

A pressão máxima de injeção deverá ser determinada pela seguinte equação:

$$P = 0,15 \times h \text{ (MPa)}$$

Onde:

h = altura em metros, medida na vertical, entre a boca do furo e a profundidades do obturador.

Caso ocorra surgência de calda de cimento em furos ainda não injetados, a injeção deverá ser paralisada temporariamente e os furos obturados para reiniciar os serviços com injeção simultânea.

A injeção da calda de cimento de cada trecho deverá ser iniciada com relação $A/C = 0,7$ (em peso) até uma absorção de 300 kg de cimento; em seguida, passando para relação 0,6 até uma absorção de 500 kg e por fim, com relação 0,5 até a absorção de mais 1.000 kg de cimento. Alcançados esses valores, a injeção deverá ser interrompida por um período de 3 h e depois retomada, observando os mesmos critérios até atingir a pressão estabelecida. Caso não seja estabelecida a pressão determinada, a FISCALIZAÇÃO poderá optar pela utilização de caldas com areia.

As injeções deverão ser encerradas pelo critério de recusa de calda que consiste em, mantida a pressão, não ser notada vazão mensurável de calda no espaço de 10 min.

2.30 CANALETAS DE DRENAGEM MOLDADAS "IN LOCO"

Para a implantação de canaletas de drenagem moldadas "*in loco*" deverão ser escavadas valetas no terreno natural e/ou aterros, com as dimensões e declividades definidas nos desenhos de projeto.

Depois de escavadas, as valetas deverão ser limpas manualmente de modo a remover materiais soltos que porventura ainda ocorram no interior da área aberta.

A escolha da metodologia para escavação das canaletas deverá ser de responsabilidade do CONSTRUTOR. Poderão ser empregadas escavações manuais, mecanizadas e desmontes a fogo em se tratando de implantação em materiais de 3ª categoria.

O revestimento das canaletas deverá ser feito com concreto de 10 MPa, respeitando as principais características definidas para este tipo de concreto em item anterior e os detalhes construtivos apresentados nos desenhos de projeto.

2.31 TUBOS PERFURADOS DE DRENAGEM

Para a drenagem interna dos *forebays*, deverão ser empregados tubos perfurados corrugados, fabricados em PVC ou PEAD. Estes tubos deverão atender às características de resistência definidas em projeto, ou apresentadas em relatórios específicos.

Os tubos perfurados para drenagem deverão ser instalados em valetas escavadas no terreno natural e/ou aterros, com as dimensões e declividades definidas nos desenhos de projeto. Depois de escavadas, as valetas deverão ser limpas manualmente de modo a remover materiais soltos que porventura ainda ocorram no interior da área aberta.

A escolha da metodologia para escavação das valetas para instalação dos tubos perfurados deverá ser de responsabilidade do CONSTRUTOR. Poderão ser empregadas escavações

manuais, mecanizadas e desmontes a fogo em se tratando de implantação em materiais de 3ª categoria.

Após a escavação das valetas, deverão ser instaladas as mantas de geotêxtil não tecido, com a largura necessária à execução do transpasse necessário, conforme definido nos desenhos de projeto. As emendas do geotêxtil ao longo dos drenos deverão ser feitas por costuras conforme normas definidas pelo Fabricante. Emendas por transpasse somente serão aceitas com prévia autorização da FISCALIZAÇÃO.

Após a instalação da manta geotêxtil, as valetas deverão ser preenchidas com material granular definido nos desenhos de projeto, em camadas não superiores a 10 cm, devendo os materiais ser apiloados com soquetes manuais até se atingir compacidade que permitam o tráfego de trabalhadores sem ocorrência de deformações. Simultaneamente, deverão ser instalados os tubos perfurados, apresentando as características definidas nos desenhos de projeto. As junções das tubulações deverão ser convenientemente solidarizadas, a fim de se evitar que os materiais granulares no seu entorno sejam carregados para o interior dos tubos.

No lançamento das camadas deverão ser empregadas as granulometrias de brita definidas nos desenhos de projeto, sendo esta brita constituída de pedras obtidas por britagem de rocha sã, ou cascalho limpo obtido de jazidas liberadas pela FISCALIZAÇÃO. Durante toda a operação de execução dos tubos deverão ser tomados cuidados especiais para evitar a contaminação dos drenos por materiais adjacentes (solos escavados, etc) e materiais trazidos por eventuais enxurradas, quando da ocorrência de precipitações pluviométricas.

Após o término do lançamento dos materiais, deverá ser feito o transpasse do geotêxtil, o qual deverá ser mantido em sua posição final através de costuras em pontos localizados ou mediante o apoio provisório com sacos de areia, até que se cubram os drenos com pedrisco e seja feita a impermeabilização com a geomembrana e o revestimento com concreto.

Nos locais onde forem feitas as derivações para permitir o escoamento da água de percolação para fora dos *forebays*, deverão ser executadas caixas de passagem, que poderão ser pré-moldadas e/ou moldadas “*in loco*”, com aberturas laterais para permitir a junção de tubos coletores perpendiculares ao eixo principal.

2.32 ESTRUTURA DE SAÍDA E MEDIÇÃO DE VAZÃO

Nos trechos com seção em aterros estão previstas estruturas de saída do sistema de drenagem do revestimento dos *forebay*, bem como para medição de vazões, visando identificar eventuais regiões nas quais o revestimento do *forebay* poderá estar danificado. Estas estruturas deverão ser executadas em concreto estrutural com as dimensões e características definidas nos desenhos de projeto. A construção desses dispositivos deverá ser feita à medida que se promove o alteamento dos aterros, devendo se apoiar diretamente sobre os maciços compactados. Previamente à sua implantação, deverá ser feita a regularização de sua fundação com concreto magro.

Cuidados especiais deverão ser tomados para garantir a perfeita junção da tubulação do sistema de drenagem do revestimento dos *forebays*, selando essas junções com mastiques apropriadas, ou juntas JEENE.

2.33 FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE MANTA GEOTÊXTIL

O geotêxtil a ser aplicado deverá seguir as recomendações do Fabricante e aquelas próprias das Normas Brasileiras para sua utilização e manuseio. Estes deverão atender aos critérios especificados nos desenhos de projeto ou apresentados em relatórios específicos.

A aplicação do geotêxtil deverá ser feita nos locais definidos nos desenhos de projeto, somente após a remoção de todo o material solto existente no local de sua instalação. Os painéis de geotêxtil deverão ser emendados por costura, conforme normas definidas pelo Fabricante. Emendas por transpasse somente serão aceitas com prévia autorização da FISCALIZAÇÃO.

A fixação provisória das mantas em terrenos planos poderá ser feita com sacos de areia e/ou grampos apropriados para este fim.

Quando aplicados em taludes, deverão ser fixados através de valetas de ancoragem ou grampos apropriados, após previa aprovação da FISCALIZAÇÃO.

2.34 EXECUÇÃO DE DRENOS DE BRITA COM GEOTÊXTIL

Os drenos de brita deverão ser executados em valetas escavadas no terreno natural e/ou aterros, com largura de 30 cm e altura de 40cm, e as declividades definidas nos desenhos de projeto. Depois de escavadas, as valetas deverão ser limpas manualmente de modo a remover materiais soltos que porventura ainda ocorram no interior da área aberta.

Na sequência deverão ser instaladas as mantas de geotêxtil, com a largura necessária à execução de emendas, conforme definido nos desenhos de projeto. As emendas dos geotêxteis ao longo dos drenos deverão ser feitas por costuras conforme normas definidas pelo Fabricante. Emendas por transpasse somente serão aceitas com prévia autorização da FISCALIZAÇÃO.

Após a instalação da manta geotêxtil, as valetas deverão ser preenchidas com material granular definido nos desenhos de projeto, em camadas não superiores a 10 cm, devendo os materiais ser apiloados com soquetes manuais até se atingir compacidade que permitam o tráfego de trabalhadores sem ocorrência de deformações.

No lançamento das camadas deverão ser empregadas as granulometrias de brita definidas nos desenhos de projeto, devendo os materiais ser constituídos de pedras obtidas por britagem de rocha sã, ou cascalho limpo obtidos de jazidas liberadas pela FISCALIZAÇÃO. Durante o lançamento e apiloamento da brita e/ou cascalho deverão ser tomados cuidados especiais para evitar a contaminação dos drenos por materiais adjacentes (solos escavados, etc) e materiais trazidos por eventuais enxurradas, quando da ocorrência de precipitações pluviométricas.

Após o término do lançamento dos materiais deverão ser feitas as emendas do geotêxtil, o qual deverá ser mantido em sua posição final através de costuras em pontos localizados ou mediante o apoio provisório com sacos de areia, até que se cubram os drenos com aterros e/ou concretagens previstas nos desenhos de projeto.

2.35 FORNECIMENTO DE BRITA

O agregado será obtido através da britagem de rocha, selecionado dos materiais provenientes das escavações das estruturas de concreto ou de origem em depósitos de agregados naturais. A seleção da rocha para o agregado será feita depois da remoção do capeamento de solo e das camadas de rocha intemperizadas, ou seja, dos materiais inadequados para produção de agregados.