

PROJETO EXECUTIVO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO
CIE - CENTRO DE INICIAÇÃO AO ESPORTE (QUADRAS REVERSÍVEIS)
MINISTÉRIO DO ESPORTE
MEMORIAL DESCRITIVO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO - CIE - R40-45
MINISTÉRIO DO ESPORTE CIE - R40-45 - CENTRO DE INICIAÇÃO AO ESPORTE
(QUADRAS REVERSÍVEIS)
Projeto Executivo de Estruturas de Concreto

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO - ESTRUTURAS DE CONCRETO

ÍNDICE

1. Introdução;
2. Orientações Gerais;
3. Projeto;
4. Locação da Obra;
5. Alinhamentos e Posições;
6. Memória Técnica;
7. Concreto;
8. Cimento;
9. Agregados;
10. Água de Amassamento;
11. Aditivos;
12. Dosagem;
13. Mistura e Amassamento;
14. Transporte;
15. Lançamento;
16. Adensamento;
17. Cura e proteção do Concreto;
18. Controle Tecnológico;
19. Moldes e escoramentos;
20. Descimbramento e Desforma;
21. Armaduras para Concreto Armado;
22. Arquibancada;
23. Estruturas de Aço;
24. Fundações – Hélice continua;
25. Memorial de cálculo – Fundações tipo hélice continua;
26. Taxas e cargas admissíveis pelo terreno;
27. Sondagem

1 - Introdução

Todo desenvolvimento do projeto estrutural em questão baseou-se nos elementos fornecidos pelo projeto arquitetônico, sendo que questões dúbias foram dirimidas diretamente com o autor do mesmo.

O projeto estrutural da edificação denominada: **Centro de Iniciação ao Esporte** – utiliza elementos resistentes constituídos de concreto armado moldado in loco, e estruturas de aço. Tal solução vem de encontro às necessidades oriundas do cronograma previsto para o empreendimento e de racionalização dos processos construtivos.

Desta maneira, este memorial será dissertado em grandes tópicos, a saber:

- ☐ Orientações gerais;
- ☐ Orientações construtivas;
- ☐ Descrições específicas e particularidades;
- ☐ Quantitativos.

2 - Orientações gerais

A estrutura foi concebida em elementos hábeis para usufruir todo o potencial que suas formas e relações internas e externas oferecem. O projeto estrutural e o cálculo estático de todas as peças obedeceram às imposições de valor universal da estabilidade das construções e aos dispositivos das normas brasileiras, particularmente da NBR-6118, NBR-6120, NBR-6122 e NBR-8800. A construção, portanto, seguirá rigorosamente as prescrições destas normas com relação aos procedimentos construtivos, cuidados e controle de materiais e elementos auxiliares de construção. O detalhamento do projeto deverá ser obedecido em todos os seus detalhes, sendo que dúvidas de qualquer natureza serão dirimidas, em instância final obrigatória, com os autores do projeto.

No que segue, alguns itens de interesse mais geral serão destacados em caráter orientativo, não substituindo o conhecimento e aplicação dos textos normativos, inclusive aqueles outros todos referentes aos materiais a serem utilizados.

3 - Projeto

O projeto executivo, integrante da licitação, foi detalhado até o nível de projeto executivo, seguindo rigorosamente os procedimentos recomendados pelos textos pertinentes mantidos pela ABNT.

4 - Locação da obra

A obra deverá ser locada com instrumentos de apurada precisão, capazes de determinar com erro máximo de um milésimo (1/1000) de metro a posição dos centros de gravidade e arestas dos blocos de fundação, pilares e vigas do baldrame, em seus diversos níveis. Todo dispositivo de memória da locação, auxiliar da construção, deve ter vida útil, em perfeita operação, compatível com o prazo previsto para uso, sem deformações ou deslocamentos.

5 - Alinhamentos e posições

Em todas as etapas, em todos os níveis, a determinação da posição de qualquer elemento da estrutura será decisiva em seu desempenho, pois garantirá a correta inter-relação dele com os demais componentes da estrutura. Em especial, os desvios de prumo dos pilares devem ser implacavelmente descartados, pois introduziriam esforços não previstos por razões econômicas. Apenas reservas obrigatórias da norma, insuficientes para fazer frente a excessos de qualquer natureza, prejudiciais à operação destes elementos, foram considerados neste projeto.

6 - Memória técnica

Todas as etapas de construção deverão ser cuidadosamente anotadas em diário próprio (um diário de obra, por exemplo), de forma que permita estabelecer com perfeição o estágio em que se encontra toda a obra por ocasião de qualquer evento de construção, como execução de qualquer elemento ou retirada de escoras, por exemplo.

Carregamentos e pesos específicos adotados neste projeto:

Concreto = 2500 kgf/m³

Gesso Acartonado = 60 kgf/m³

Alvenaria de tijolo cerâmico 6 furos = 230 kgf/m²

Forro + instalações = 100 kgf/m²

Divisórias leves em qualquer posição = 50 kgf/m²

Impermeabilização + proteção mecânica = 150 kgf/m²

Carga accidental de uso, carga útil de multidão:

Mezanino (academia)= 600 kg/m²

Arquibancada= 400 kgf/m²

Lajes com reservatórios= 600 kgf/m²

Sobrecarga de cobertura = 50 kgf/m²

Esquadrias + vidros = 50 kgf/m²

Orientações construtivas

7 - Concreto

É necessária a observância nas etapas de concretagem no local da obra, que são indispensáveis para a perfeita execução da estrutura do projeto em questão.

O concreto pré-misturado ou não, moldado no local deverá ter curva granulométrica fechada (usando duas granulométricas de areia mais cinza ou sílica), abundante em argamassa para concreto a vista, com dosagem volumétrica ou a peso e controle de umidade dos agregados, conforme NBR, para resistência característica aos 28 dias (fck) conforme indicado em projeto e com fator água / cimento menor que 0,55, salvo indicado em contrário. Todos os concretos, exceto as faces que ficam em contato com o solo ou faces superiores de lajes deverão receber moldes adequados e estanques para concreto de acabamento “a vista”.

8 - Cimento

O cimento recebido em obra deve ser acompanhado de documento que comprove o atendimento às especificações das normas vigentes correspondente ao período de produção do lote entregue. Não deverá ser aceito se tiver sua embalagem original danificada no transporte, só podendo ser aberto quando de sua aplicação. Deverá ser refugado cimento que apresentar sinais de início de hidratação (empedramento).

Em caso de dúvida quanto à adequação do material, o mesmo deverá ser submetido a ensaios de verificação previstos na NBR-5741.

O armazenamento será em local coberto e ventilado (mas ao abrigo de correntes de ar, principalmente em dias úmidos). Os sacos deverão ser estocados sobre estrado de madeira distante cerca de 30cm do piso e paredes, e 50cm do teto. O empilhamento deverá ser feito com no máximo 10 sacos ou, caso o período de armazenagem seja inferior a 15 dias, 15 sacos. Na impossibilidade de estocar em local coberto, os sacos deverão ser protegidos com lona plástica impermeável e de cor clara, por período inferior a 5 dias. A ordem de disposição no depósito deve ser tal que permita sempre o consumo do cimento recebido anteriormente.

9 - Agregados

Os agregados não poderão ser reativos com o cimento, e deverão ser suficientemente estáveis diante da ação dos agentes externos com os quais a obra estará em contato. A estocagem deverá ser feita de modo a não permitir a junção de dois ou mais tipos diferentes de agregado, ou a contaminação por materiais estranhos como terra, vegetação, cavacos e serragem de madeira etc. Para evitar que porções inferiores da pilha de agregados tenham umidade superior às das porções superiores, recomenda-se o desprezo de uma faixa de agregados de 15 centímetros próxima ao solo, que deverá ser previamente inclinado para permitir a drenagem. Este procedimento evita também a contaminação do agregado com o solo.

Tendo em vista que a elevação de temperatura dos agregados altera a trabalhabilidade do concreto fresco, podendo até causar fissuras na fase de endurecimento, recomenda-se abrigá-los da incidência direta do sol, principalmente no verão. Caso isto não seja possível, aconselha-se, para o agregado gráudo, o umedecimento da pilha em tempo suficiente para que permita a evaporação do excesso de umidade antes da utilização do material.

Os agregados deverão estar isentos de substâncias prejudiciais; tais como torrões de argila, materiais friáveis, materiais carbonosos, materiais pulverulentos, matéria orgânica, etc; que possam vir a diminuir sua aderência à pasta de cimento, ou que prejudiquem as reações de

pega e endurecimento do concreto, e alteram sua resistência mecânica e durabilidade, além de provocar possível desagregação do concreto.

A qualificação de um agregado, graúdo ou miúdo, para o emprego em concretos estruturais baseia-se no atendimento das exigências mínimas preconizadas pela NBR-7211 e NBR-12654. Esta qualificação deverá ser comprovada mediante documento entregue pelo fornecedor, representativo de um período máximo de seis meses de produção.

De acordo com a NBR-7211, agregados miúdos são areias de origem natural ou resultante da britagem de rochas estáveis, ou a mistura de ambos; cujos grãos passam pela peneira #4,8mm, e ficam retidos na peneira #0,075 mm. A carência de finos no lote de agregados miúdos pode gerar coesão deficiente do concreto fresco, permitindo a ocorrência de segregação e fuga de nata de cimento, além de dificultar as operações de lançamento e acabamento do concreto (a mistura apresenta-se “áspera”). Por outro lado, um excesso de finos pode resultar na necessidade de adição de mais água para manutenção de trabalhabilidade. Com isso, se não for aumentado o teor de cimento da mistura, haverá redução da resistência mecânica do concreto e da sua durabilidade.

Segundo a NBR-7211, os agregados graúdos são pedregulhos de origem natural ou britas obtidas de rochas estáveis, ou a mistura de ambos; cujos grãos passam por uma peneira com abertura nominal de 152mm e ficam retidos na peneira #4,8mm. A utilização de agregados graúdos de maiores dimensões gera concretos mais resistentes, devido tanto à menor quantidade de pasta de cimento para uma mesma trabalhabilidade, quanto pelo maior volume de partículas mais resistentes no concreto.

O agregado empregado na fabricação do concreto para as regiões de alta taxa de armadura será a brita tamanho máximo 19mm, recomendando-se o mesmo procedimento para o concreto das peças “a vista”.

10 - Água de amassamento

A água utilizada para amassamento do concreto deverá ser analisada quando não se conhecerem antecedentes de sua utilização em concretos estruturais, ou quando existirem dúvidas quanto à sua qualidade.

A utilização de água inadequada pode gerar alterações nos tempos de início e fim de pega, redução da resistência mecânica, corrosão das armaduras, eflorescências e ações negativas sobre a durabilidade do concreto.

Devido à alta concentração de sais de cloro nas águas do mar, e as águas com elevado “pH”, as mesmas jamais podem ser utilizadas para amassamento de concreto estrutural.

11 - Aditivos

Os aditivos não podem ser usados indiscriminadamente, devendo ser empregados em casos precisos e somente após a realização de ensaios recomendados pelo fabricante. É imprescindível a consideração das características e dosagens de todos os materiais a serem utilizados no concreto, bem como as condições externas.

O emprego de doses inadequadas pode causar efeitos contrários aos esperados, além de problemas patológicos no concreto. A dosagem de aditivo, portanto, deve ser precisa em obra, sendo seu uso recomendado somente em obras onde haja controle de qualidade dos materiais, da dosagem e da execução.

Como regra geral, recomenda-se que se evite o emprego de aditivos, recorrendo ao uso de materiais, dosagem, mistura, lançamento e cura para obtenção de concretos com as propriedades desejadas. Caso seja absolutamente necessário o emprego de aditivos, deve-se utilizar aqueles com larga experiência e reconhecidos pela boa prática.

12 - Dosagem

A aplicação da dosagem deverá resultar num produto final homogêneo e com traço que assegure massa trabalhável de acordo com as dimensões e a armadura dos elementos estruturais, bem como com os processos de lançamento e adensamento utilizados.

A granulométrica, geometria e proporção dos agregados, quantidade e tipo de cimento, o fator água / cimento e a presença de aditivos são fatores que influenciarão diretamente na trabalhabilidade de uma mistura. Assim sendo, tais fatores devem, por ocasião da dosagem, ser avaliados e otimizados.

Os métodos de dosagem do concreto deverão seguir as prescrições da NBR-2655.

13 - Mistura e amassamento

Para concretos de função estrutural a mistura deverá ser obrigatoriamente mecânica. Em dias quentes recomenda-se umedecer previamente a cuba da betoneira e agregados graúdos, com o objetivo de reduzir a temperatura dos mesmos. Se houver resíduo de água ou unidade não evaporada, deve-se reduzir (corrigir) a quantidade de água de amassamento, para permanecer o mesmo fator água/cimento do concreto.

Observar a capacidade da betoneira, lembrando que o volume de concreto misturável corresponde por volta de 30 a 40% de sua capacidade nominal, a fim de se obter uma mistura homogênea.

O tempo de mistura dos materiais dependerá do número de rotações do misturador. Caso o tempo mínimo de mistura não seja obedecido, pode haver prejuízo para a homogeneidade e a resistência do concreto. A NBR-12655 recomenda um tempo mínimo de mistura de 60 segundos, aumentando-se 15 segundos para cada metro cúbico de capacidade nominal da betoneira, ou conforme especificação do fabricante. O prolongamento deste tempo na razão de três vezes do limite mínimo causará um certo enrijecimento do concreto prejudicando, conseqüentemente, a trabalhabilidade e favorecendo a segregação.

Com relação à ordem de colocação dos materiais na betoneira recomenda-se: 100% do agregado graúdo; 50% da água de amassamento; 100% do cimento; 50% da água de amassamento; 100% do agregado miúdo.

Cabe lembrar que a ordem em que os materiais são colocados na betoneira, influi diretamente na trabalhabilidade do concreto e na aderência pasta / agregado e, deste modo, na resistência do concreto.

14 - Transporte

Durante esta fase deverão ser tomadas precauções para evitar segregação ou perda dos componentes do concreto. Neste sentido, quando transportado em carrinhos de mão ou elevadores, dever-se-á evitar vibrações que possam causar segregação. Concretos de consistência fluída (abatimento > 70 mm no ensaio de consistência), são facilmente segregáveis neste tipo de transporte.

A perda da trabalhabilidade poderá se dar pela evaporação da água, pelo início das reações de hidratação do cimento, pela perda de pasta que fica aderida à betoneira ou, ainda, devido aos elementos utilizados no transporte. Nestes casos, de forma alguma deverá ser adicionada mais água à mistura para melhoria da trabalhabilidade, sem avaliação da necessidade de uma nova dosagem de materiais, sob o risco de se ter significativa redução da resistência mecânica do concreto quando endurecido e prejuízo à sua durabilidade.

O tempo transcorrido entre a retirada de concretos sem aditivos retardadores de pega do misturador e o seu lançamento não deverá exceder a 60 minutos, tendo em vista o início das reações de hidratação dos compostos do cimento e o conseqüente endurecimento do concreto.

15 - Lançamento

As concretagens deverão ser precedidas de acurada verificação da rigidez dos moldes, e da geometria dos moldes e armaduras, em todos seus aspectos. Previamente deverão ser garantidos a suficiência de materiais, pessoal e equipamentos, a fim de evitar descontinuidades imprevistas. Os moldes deverão estar isentos de qualquer material estranho. O uso de janelas nos moldes, principalmente em elementos verticais, facilitará a limpeza. Caso os moldes sejam absorventes, os mesmos deverão ser umedecidos abundantemente para não reterem a água de amassamento do concreto.

O concreto deverá ser lançado o mais próximo possível do local de sua aplicação, a fim de evitar perda de pasta de cimento em transportes sucessivos e impedir o início de pega por demora no lançamento definitivo. A altura de queda livre do concreto no lançamento não deverá exceder 2,0 m sob o risco de ocorrência de segregação.

Deverão ser tomadas precauções para evitar a perda de homogeneidade e de pasta de cimento do concreto, fato este que ocorre quando o mesmo é lançado contra as paredes das formas e armaduras, resultando em segregação. Utilizar funis, tremonhas ou calhas.

O lançamento do concreto deverá ser feito em camadas sucessivas com altura entre 40 e 50 cm com a utilização de adensamento mecânico (vibradores de imersão). Não será permitido o adensamento manual. No caso da utilização de vibradores de fôrma salientamos que os moldes devem ser dimensionados para resistir a massa do concreto e as vibrações, sem perder sua rigidez.

Quando o lançamento for feito através de bombas ou tremonhas, a extremidade da mesma deverá estar muito próxima ou praticamente submersa no concreto, e subir à medida que a concretagem tenha andamento. Evitar queda livre do concreto na extremidade do mangote.

Quando houver necessidade de interrupção da concretagem, a posição da junta deverá ser previamente determinada, em pontos da estrutura onde os esforços atuantes sejam mínimos. Neste aspecto, recomenda-se dispor as juntas de concretagem à aproximadamente 1/5 do vão a partir dos apoios, tanto em vigas como em lajes.

As superfícies de contato entre o concreto “velho” e o concreto “novo” são suscetíveis à formação de ninhos de concretagem, caracterizando-se como locais de aderência deficiente, e poderão afetar a estanqueidade, resistência mecânica e a durabilidade da estrutura.

Para concretagem em contato direto com o solo, em todas as superfícies de terra contra as quais o concreto será lançado deverão ser compactadas e livres de água empoçada, lama ou detritos, com paredes preparadas com chapisco de cimento e areia 1 / 3.. Solos menos resistentes deverão ser removidos e substituídos por concreto magro ou por solos selecionados e compactados até a densidade das áreas vizinhas. A superfície do solo deverá ser convenientemente umedecida antes do lançamento.

Qualquer imperfeição ou falha de concretagem deverá ser objeto de estudos por engenheiro habilitado e experiente nesta área técnica, não se admitindo uso de materiais diversos de argamassas minerais especiais para reparos superficiais ou grautes e micro-concretos aditivados para reparos profundos.

16 - Adensamento

Um mau adensamento resultará não somente na existência de “bicheiras” (ninhos de concretagem), bem como em uma redução da resistência mecânica pela presença de ar aprisionado no interior da massa.

Em certos pontos as operações de adensamento poderão ser dificultadas pela concentração de armadura devido à presença de barras de grande diâmetro e/ou em grande quantidade (armadura densa). Nestes casos, recomenda-se que seja estudada uma alteração no traço do concreto em função do diâmetro máximo do agregado aplicável à estrutura.

Não é permitido o adensamento manual, sob qualquer pretexto.

Para a utilização do vibrador de imersão (tipo agulha), devem ser tomadas seguintes precauções: a) a altura da camada de concreto a ser adensada deve ter de 40 a 50 cm de altura (correspondente à cerca de $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha do vibrador); b) quando a camada inferior ainda estiver em estado plástico, a penetração da agulha até a mesma assegurará homogeneidade ao concreto das duas camadas, evitando a formação de juntas frias; c) a remoção da agulha do vibrador para colocação em outros pontos da massa de concreto deve ser feita de forma lenta, a fim de possibilitar ao concreto a ocupação completa do espaço vazio deixado, nunca devendo ser retirada a agulha com o equipamento desligado; d) o tempo de adensamento em cada ponto, deve situar-se entre 5 e 15 segundos; e) deve-se evitar a vibração das armaduras, sob o risco de prejudicar a aderência das mesmas ao concreto, principalmente em concretos de baixa trabalhabilidade; f) deve-se manter a agulha do vibrador distante das formas, a fim de evitar a formação de bolhas na região ou o acúmulo de nata de cimento.

A vibração deve ter duração adequada, uma vibração muito breve pode deixar bicheiras no concreto, enquanto que uma vibração muito prolongada pode causar segregação dos componentes, afetando a resistência mecânica da estrutura.

17 - Cura e proteção do concreto

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deverá ser protegido contra agentes prejudiciais, tais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva torrencial, agentes químicos, bem como contra choques ou vibrações de intensidade tal que possa produzir fissuração na massa do concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

A cura terá por objetivo principal manter a água de amassamento no interior da massa de concreto durante os primeiros dias, período este que compreende a pega e o início do endurecimento, ou até que o desenvolvimento das reações de hidratação tenha alcançado níveis satisfatórios; evitando assim, a formação de fissuras.

Dependendo das condições locais, dimensões e posição dos elementos, pode-se optar entre os seguintes métodos de cura consagrados pela prática: a) lâmina de água; b) camada de areia saturada; c) camada de serragem saturada; d) sacos de pano umedecidos; e) umedecimento das formas.

A pulverização de água sobre o concreto como método de cura somente poderá ser empregado quando houver um controle rigoroso de periodicidade da molhagem, sob o risco de ocorrência de fissuras no concreto pela alternância de ciclos molhar / secar.

No caso de cura úmida, o processo deverá iniciar assim que o concreto atingir um grau de endurecimento satisfatório.

Os tempos ideais de cura do Cimento Portland comum são: tempo mínimo de cura: 7 dias; tempo ideal de cura: 14 dias.

18 - Controle tecnológico

Deverá ser efetuado controle de qualidade do concreto e de seus componentes por pessoal qualificado, os quais seguirão as orientações das NBRs, pertinentes, com especial atenção a evolução da resistência mecânica e módulo de deformação.

19 - Moldes e escoramentos

Os moldes deverão ser executados rigorosamente conforme as dimensões indicadas em projeto, com linearidade e prumada perfeitas, incluindo as contra-flechas definidas em projeto, com materiais de boa qualidade e adequados ao tipo de acabamento que se pretende para as superfícies das peças concretadas. Todos os moldes deverão ser fabricados com materiais estáveis em presença de água, entendendo-se como tal, aqueles capazes de enfrentar as intempéries em prazo previsto para seu uso.

Tendo em vista que eventuais movimentações dos moldes, entre o momento do lançamento do concreto e o início da pega, podem causar fissuras na estrutura de concreto, os moldes e o escoramento devem ser rígidos, estáveis e convenientemente contraventados, dimensionados e projetados de modo a impedir estas deformações prejudiciais, quer sob a ação dos fatores ambientais (sol, chuva), quer sob ação de carregamentos assimétricos, em especial do concreto fresco, considerando seu empuxo e o efeito do adensamento. Os moldes para concreto comum são em madeira compensada resinada, e os moldes dos elementos de concreto com acabamento “a vista” são em madeira compensada plastificada.

Os moldes e escoramentos compõem uma estrutura auxiliar para realizar a estrutura permanente e definitiva objeto deste projeto, e é responsabilidade do engenheiro responsável pela execução da estrutura definitiva, a quem cabe providenciar sua estabilidade antes, durante e, pelo prazo necessário, após as concretagens; sem deformações laterais ou verticais, impedindo, assim, a introdução de quaisquer mal formações na estrutura permanente de concreto. Além disto, deverão ser capazes de auxiliar a manutenção das armaduras em suas corretas posições, sem deslocamentos que alterem seus desempenhos no interior das peças de concreto.

Antes do lançamento do concreto as juntas dos moldes deverão ser vedadas e as superfícies que ficarão em contato com o concreto deverão estar isentas de gorduras e impurezas prejudiciais à qualidade do acabamento. Os moldes de madeira deverão ser molhadas até a saturação.

20 - Descimbramento e desforma

Os moldes e o escoramento deverão ser mantidos no local o tempo suficiente para que o concreto desenvolva as resistências previstas, para evitar a deformação excessiva do conjunto e conseqüente formação de fissuras.

Da mesma forma, o carregamento da estrutura poderá se processar somente quando o concreto apresentar resistência suficiente.

Sabe-se que a relação entre a tensão e a deformação do concreto é função do tempo. Sob uma tensão constante (carga), há um aumento progressivo da deformação com o tempo, sendo que a deformação final pode ser bem maior que a deformação que ocorre no momento da aplicação da carga (deformação elástica instantânea). Este fenômeno é denominado fluência do concreto. Dentre os inúmeros fatores que afetam a fluência de uma peça de concreto, pode-se destacar como um dos mais importantes à resistência do concreto no momento da aplicação da carga. Dentro de amplos limites, a fluência é inversamente proporcional à resistência do concreto no momento da aplicação do carregamento. Portanto, todo e qualquer fator que influir no desenvolvimento da resistência do concreto, estará, conseqüentemente, afetando o fenômeno da fluência.

Por tratar-se de estrutura em concreto com vãos acima de 10,0m é prudente que a estrutura definitiva de concreto permaneça escorada o maior tempo possível (o tempo que o cronograma permitir), afim de diminuir as deformações iniciais das peças. No caso de se deixar pontaletes após a retirada do molde, estes não deverão ser colocados em posições tais que possam produzir esforços contrários àqueles para os quais a peça foi projetada. Um exemplo comum deste erro é a permanência de escoras somente na extremidade de lajes em balanço, fazendo com que a mesma se comporte como bi-apoiada; resultando, na maioria dos casos, em deformações excessivas na peça e fissuras.

No caso presente, o estrado em grelha de concreto do anexo sul, estrutura definitiva e monolítica, deverá ficar escorada no mínimo 30 dias, contados da conclusão da concretagem.

21 - Armaduras para concreto armado

Todas armaduras serão constituídas em aço CA-50, CA-60 conforme especificações constantes no projeto.

Deverão ser evitadas barras de aço estocadas inadequadamente por longo tempo devido às alterações de diâmetro induzidas por corrosão e oxidação. As barras deverão estar perfeitamente limpas, sem quaisquer resquícios de materiais graxos e óleos nas superfícies, a fim de evitar deficiências de aderência ao concreto.

O armazenamento das barras de aço far-se-á tomando o cuidado de deixar as barras afastadas cerca de 30 cm do solo, que deverá estar coberto por uma camada de brita, a fim de evitar danos oriundos do excesso de umidade e agentes biológicos. Além disso, a proteção com filme de poliestireno (lona preta) também é recomendada.

As armaduras deverão ser executadas de acordo com o projeto, observando-se rigorosamente as características do aço, número de camadas, dobramento de estribos e das barras retas ou dobradas. O espaçamento entre camadas deverá ser de 2cm.

O aparelhamento das barras deverá atentar para os diâmetros de dobramento de cada bitola, preconizados pela NBR-6118, para evitar escoamento e fragilização antes da introdução dos carregamentos de serviço.

Depois de montadas as armaduras deverão manter suas posições de projeto sem deformações até e durante a concretagem, de maneira a desempenhar suas funções nas seções de concreto.

Cuidados especiais deverão ser tomados para providenciar o cobrimento protetor especificado no projeto, de estribos, armaduras principais e de pele, e extremidade das barras retas, afim de garantir vida útil compatível com os níveis de agressão do ambiente em que a peça está

inserida, e principalmente das faces do concreto estrutural arquitetônico com acabamento “a vista”.

Deve-se considerar a rigidez da armadura e as características do elemento estrutural na definição do espaçamento e distribuição dos espaçadores, que não deverão distar mais de 1.5m entre si. Não deverão ser utilizadas barras de aço, brita ou outros elementos semelhantes como espaçadores entre barras ou entre barra e moldes. Também não será permitido elevar a armadura após o lançamento do concreto. Jamais fazer “garrafa” nas esperas dos pilares, para evitar “engaiolamento” do concreto com a formação de vazios no pé destes elementos.

Não cometer excessos na aplicação de líquidos desmoldantes, sob pena de prejudicar seriamente o cobrimento protetor das armaduras.

22 - Estruturas de aço

O aço utilizado no cálculo foi o ASTM A570 GR36 e o ASTM A36. Serão utilizados perfis fabricados com chapa dobrada. A estrutura metálica deverá ser executada conforme práticas recomendadas pela norma NBR 8800 – Projeto e execução de estruturas metálicas de aço em edifícios. A estrutura deverá ser pré-montada na fábrica para avaliação de discordâncias dimensionais entre conexões antes de ser transportadas para a obra, onde ocorrerá a montagem final, realizando “*in loco*” apenas pequenos ajustes. Todas medidas relativas às distâncias deverão ser confirmadas em obra antes do início de fabricação das vigas.

Todas as demãos de pintura deverão ocorrer preparação conforme indicações do fabricante de cada tinta a ser aplicada na demão. A pintura na fábrica deverá ser por pistola de ar comprimido. Deverão ser aplicadas duas demãos de zarcão de ferro Epóxi, espessura por demão (Película seca), 30 a 35 micrômetros. Após será aplicado duas demãos de tinta Epóxi semi-brilho para acabamento, espessura da demão seca de 35 micrômetros. Deverá ocorrer a preparação para transporte da estrutura metálica da fábrica à obra, de maneira que não sofram riscos na pintura. Todas as soldas feitas em obra deverão ser pintadas conforme especificação anterior, porém com pincel.

A limpeza das peças deve ser perfeita, retirando carepas e outras impurezas da oxidação com o uso de jateamento de areia ou decapol. As vigas e treliças metálicas devem ser soldadas consoles metálicos como especificado em projeto (sempre solda de cordão). Prever, no ato da compra, no resumo de aço, possíveis perdas.

As ligações de todas as peças serão através de solda de cordão, USAR ELETRODOS OK-46 DE 3.25, 4.0 ou 5.0mm DE DIÂMETRO. Adotar controle rigoroso de qualidade. Para um melhor acabamento do serviço, fechar as pontas dos perfis poderá ser utilizado chapa 14 para preservar fachadas e a penetração de água e insetos dentro dos perfis. Os cordões de solda deverão ter espessura mínima igual ou maior à espessura da chapa de menor espessura a ser soldada na conexão. As peças deverão ser soldadas em toda a extensão de contato, salvo indicação em contrário. As soldas de topo deverão ter penetração total. Deverão ser removidas todas as cascas geradas no processo de soldagem. Não deverão deixar término de cordões de solda, restos ou pontas agudas de soldas (respingos e restos de arame de solda). A limpeza do substrato deve ser por jateamento de granalha, de modo que deixe o substrato quase branco, conforme norma NBR 7348.

Introdução

A estaca hélice contínua é uma estaca de concreto moldada "in loco", executada por meio de trado contínuo e injeção de concreto através da haste central do trado simultaneamente a sua retirada do terreno.

Metodologia executiva - Perfuração

A perfuração consiste em fazer a hélice penetrar no terreno por meio de torque apropriado para vencer a sua resistência. A haste de perfuração é composta por uma hélice espiral solidarizada a um tubo central, equipada com dentes na extremidade inferior que possibilitam a sua penetração no terreno.

A metodologia de perfuração permite a sua execução em terrenos coesivos e arenosos, na presença ou não do lençol freático e atravessa camadas de solos resistentes com índices de STP's acima de 50 dependendo do tipo de equipamento utilizado. A velocidade de perfuração produz em média 250m por dia dependendo do diâmetro da hélice, da profundidade e da resistência do terreno.

Concretagem

Alcançada a profundidade desejada, o concreto é bombeado através do tubo central, preenchendo simultaneamente a cavidade deixada pela hélice que é extraída do terreno sem girar ou girando lentamente no mesmo sentido da perfuração. O concreto normalmente utilizado apresenta resistência característica f_{ck} de 20 Mpa, é bombeável e composto de areia, pedriscos ou brita 1 e consumo de cimento de 350 a 450 Kg/m³, sendo facultativa a utilização de aditivos. O abatimento ou "Slump" é mantido entre 200 e 240mm. Normalmente é utilizada bomba de concreto ligada ao equipamento de perfuração através de mangueira flexível. O preenchimento da estaca com concreto é normalmente executado até a superfície de trabalho sendo possível o seu arrastamento abaixo da superfície do terreno guardadas as precauções quanto a estabilidade do furo no trecho não concretado e a colocação da armação.

Colocação da armação

O método de execução da estaca hélice contínua exige a colocação da armação após a sua concretagem. A armação, em forma de gaiola, é introduzida na estaca por gravidade ou com o auxílio de um pilão de pequena carga ou vibrador. As estacas submetidas a esforços de compressão levam uma armação no topo, em geral de 2 a 5,5m de comprimento. No caso de estacas submetidas a esforços transversais ou de tração, somente será possível para comprimentos de armações de no máximo 16m, em função do método construtivo. No caso de armações longas, as "gaiolas" devem ser constituídas de barras grossas e estribo espiral soldado na armação longitudinal para evitar a sua deformação durante a introdução no fuste da estaca.

Equipamentos

O equipamento empregado para cravar a hélice no terreno é constituído de um guindaste de esteiras, sendo nele montada a torre vertical de altura apropriada à profundidade da estaca, equipada com guias por onde corre a mesa de rotação de acionamento hidráulico.

Os equipamentos disponíveis permitem executar estacas de no máximo 25m de profundidade e inclinação de até 1:4 (H:V)

Controle executivo

Para controlar a pressão de bombeamento do concreto, a Fundesp possui instrumento medidor digital, que informa todos os dados de execução da estaca, tais como: inclinação da haste, profundidade da perfuração, torque e velocidade de rotação da hélice, pressão de injeção, perdas e consumo de concreto. Os parâmetros indicados no mostrador digital são registrados e fornecidos a um microcomputador para aplicação de software que imprime o relatório da estaca com as informações obtidas no campo.

- Em centros urbanos, próximo a estruturas existentes, escolas, hospitais e edifícios históricos, por não produzir distúrbios ou vibrações e de não causar descompressão do terreno.
- Em obras industriais e conjuntos habitacionais onde, em geral, há um grande número de estacas sem vibrações de diâmetros pela produtividade alcançada.

Como uma estrutura de contenção, associada ou não a tirantes protendidos, próximo à estruturas existentes, desde que os esforços transversais sejam compatíveis com os comprimentos de armação permitidos.

24 - Memorial de cálculo- Fundação tipo hélice continua.

$$\phi = 16\text{mm}$$

Comprimento das estacas (cm)	Número de estacas	Número de barras	Total em centímetros	Total em metros
405	27	8	87.480,00	874,80
430	67	8	230.480,00	2.304,80
630	33	8	166.320,00	1.663,20
	127 estacas			4.842,80

$$\text{Tabela de aço } \phi = 16\text{mm} = 1,57\text{Kg/m} = 4.842,80 \times 1,57 = 7.603,19\text{Kg}$$

$$\phi = 6,30\text{mm}$$

Comprimento das estacas (cm)	Número de estacas	Espaçamento em centímetros	Total em centímetros	Total em metros
405	27	20	10.935,00	546,75
430	67	20	28.810,00	1.440,50
630	33	20	20.790,00	1.039,50
	127 estacas			3.026,75

$$\text{Tabela de aço } \phi = 6,30\text{mm} = 0,248\text{Kg/m} = 3.026,75 \times 0,248 = 750,63\text{Kg}$$

Comprimento total das estacas

Comprimento das estacas (cm)	Número de estacas	Total em centímetros	Total em metros
405	27	10.935,00	109,35
430	67	28.810,00	288,10
630	33	20.790,00	207,90
	127 estacas		605,35

Volume de concreto

Estaca $\Phi = 25\text{mm}$

$V = A_b \times h = 29,70\text{m}^3$

25 - Taxas e cargas admissíveis pelo terreno

Tipos de solo e investigação do subsolo: entenda o ensaio a percussão e seu famoso índice SPT

A sondagem a percussão é também chamada de de “Simples reconhecimento” ou, ainda, de “Sondagem SPT”. Este nome vem da abreviação dos termos ingleses “Standard Penetration Test”, ou seja, “Teste de Penetração Padrão”. Este processo é muito usado para conhecer o sub-solo fornecendo subsídios indispensáveis para escolher o tipo de fundação. Conheça um pouco mais sobre este teste tão importante para a Arquitetura e a Construção Civil.

O projeto de fundações é uma etapa importante de qualquer construção, de todos os portes. Afinal, é sobre a fundação que repousa todo o peso da obra, e de nada adiante construir sobre uma base instável.

O conhecimento do tipo de solo, conforme já mostramos em artigo anterior, é importante para se conhecer o comportamento esperado ao receber as cargas, mas para saber o melhor tipo de fundação é preciso saber:

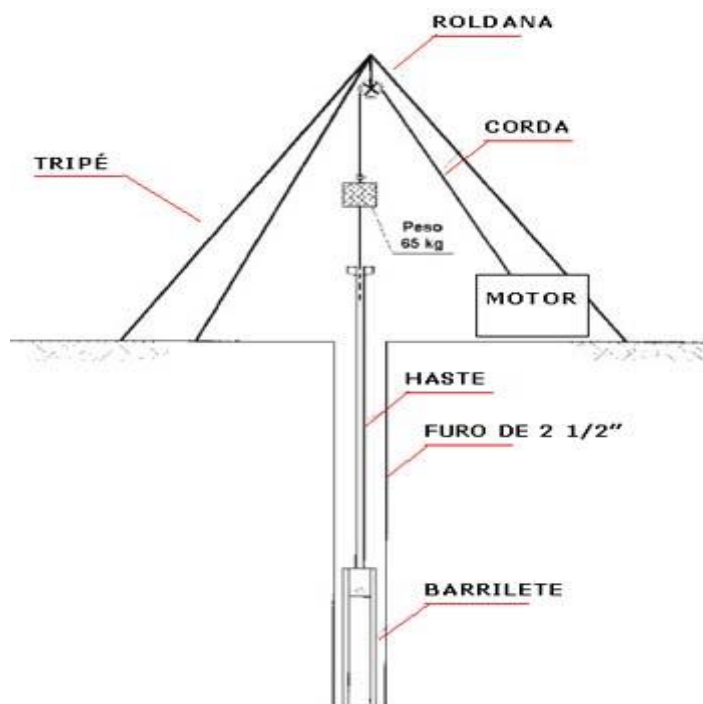
- Quais são os tipos de solo que estão sob a obra, e a que profundidade;
- Qual é altura do lençol freático;
- Qual é a capacidade de carga do sub-solo, em diversas profundidades;
- Como o solo se comporta ao receber carga.

Para obter estes tipos de informação o teste mais econômico e elucidativo é o ensaio SPT. A partir dele o projetista de fundações poderá solicitar exames mais específicos, caso ache necessário.

Equipamentos utilizados

O equipamento para a sondagem a percussão é simples e pode ser relativamente barato. Existem soluções mais sofisticadas em termos de facilidade e precisão, mas o material básico consiste em:

- Tripé equipado com sarilho, roldana e cabo;
- Tubos metálicos de revestimento, com diâmetro interno de 63,5 mm (2,5”);
- Hastes de aço para avanço da perfuração, com diâmetro interno de 25 mm;
- Martelo de ferro para cravação das hastes de perfuração, do amostrador e do revestimento. Seu formato é cilíndrico e o peso é de 65 kg;
- Conjunto motor-bomba para



Equipamento para ensaio de percussão e medição do SPT de subsolo.

circulação de água no avanço da perfuração;

- Trépano de lavagem constituído por peça de aço terminada em bisel e dotada de duas saídas laterais para a água a ser utilizada;

- Trado concha com 100 mm de diâmetro e helicoidal com diâmetro de 56 a 62 mm;

- Amostrador padrão de diâmetro externo de 50,8 mm e interno de 34,9 mm, com corpo bipartido (vide figura abaixo).

Com equipamento tão simples, é de suma importância que o pessoal que vai manuseá-lo seja bem treinado, sério e atento. Daí se percebe a importância de escolher uma **boa** empresa de sondagem, pois um teste mal feito pode levar a conclusões errôneas e interferir negativamente na escolha e dimensionamento da fundação, ou seja, haverá um aumento no custo e possível perda na qualidade da edificação.

Como é feito

O ensaio consiste em fazer uma perfuração vertical com diâmetro normal 2,5" (63,5mm). A profundidade varia com o tipo de obra e o tipo de terreno, ficando em geral entre 10 a 20 m. Enquanto não se encontra água, o avanço da perfuração é feita, em geral, com um trado espiral (helicoidal).

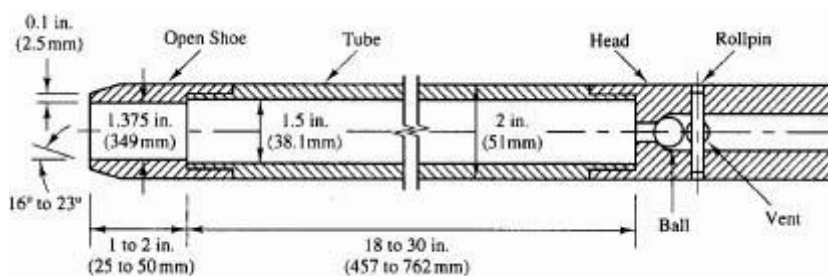
O avanço com trado é feito até atingir o nível de água ou então algum material resistente. Daí em diante, a perfuração continua com o uso de trépano e circulação de água, processo denominado de “lavagem”. O trépano é uma ferramenta da largura do furo e com terminação em bisel cortante, usado para desagregar o material do fundo do furo.

O trépano vai sendo cravado no fundo do furo por repetidas quedas da coluna de perfuração (trépano e hastes). O martelo cai de uma altura de 30 cm, e a queda é seguida por um pequeno movimento de rotação, acionado manualmente da superfície, com uma cruzeta acoplada ao topo da coluna de perfuração. Injeta-se água sob pressão pelos canais existentes nas hastes, esta água circula pelo furo arrastando os detritos de perfuração até a superfície. Para evitar o desmoronamento das paredes nas zonas em que o solo apresenta-se pouco coeso é instalado um revestimento metálico de proteção (tubos de revestimento).

A sondagem prossegue assim até a profundidade especificada pelo projetista (que se baseia na norma), ou então até que a percussão atinja material duro como, por exemplo, rocha, matacões, seixos ou cascalhos de diâmetro grande.

Durante a perfuração, a cada metro de avanço é feito um ensaio de cravação do amostrador no fundo do furo, para medir a resistência do solo e coletar amostras. Esse ensaio, denominado ensaio de penetração ou ensaio SPT, é feito com equipamento e procedimento padronizados no mundo todo, para permitir a correlação de seu resultado com a experiência consolidada de muitos estudos feitos no Brasil e no exterior.

O amostrador (figura ao lado) é cravado através do impacto de uma massa metálica de 65 kg caindo em queda livre de 75 cm de altura. O resultado do teste SPT será a quantidade de golpes necessários para fazer penetrar os últimos 30 cm do amostrador no



Amostrador padrão para ensaio SPT. A padronização internacional permite comparações entre estudos feitos em diversas parte do mundo.

fundo do furo. Se o solo for muito mole, anota-se a penetração do amostrador, em

centímetros, quando a massa é simplesmente apoiada sobre o ressalto. A medida correspondente à penetração obtida por simples apoio, ou zero golpes, pode ser expressiva em solos moles. Na penetração por batida da massa conta-se o número de golpes aplicados, para cada 15 cm de penetração do amostrador.

As diretrizes para a execução de sondagens são regidas pela NBR 6484, "Execução de Sondagens de simples reconhecimento", a qual recomenda que, em cada teste, deve ser feita a penetração total dos 45 cm do amostrador ou até que a penetração seja inferior a 5 cm para cada 10 golpes sucessivos. A cada ensaio de SPT prossegue-se a perfuração (com o trado ou o trépano) até a profundidade do novo ensaio.

No Brasil, as empresas de sondagem estão adquirindo equipamentos com sistema hidráulico e movidos por motor a combustão, para execução do ensaio SPT, cujo amostrador é cravado no terreno por meio de martelo mecânico.

Crítérios de paralisação da sondagem

O processo de perfuração, por trado ou lavagem, associado aos ensaios penetrométricos, será realizado até onde se obtiver nesses ensaios uma das seguintes condições:

- 1 -- Quando em 3 m sucessivos se obtiver índices de penetração maiores do que 45/15;
- 2 -- Quando em 4 m sucessivos forem obtidos índices de penetração entre 45/15 e 45/30;
- 3 -- Quando, em 5 m sucessivos, forem obtidos índices de penetração entre 45/30 e 45/45 (número de golpes/espaco penetrado pelo amostrador).

Caso a penetração seja nula dentro da precisão da medida na sequência de 5 impactos do martelo o ensaio será interrompido, não havendo necessidade de obedecer o critério estabelecido acima.

Entretanto, ocorrendo essa situação antes de 8,00 m, a sondagem será deslocada até o máximo de quatro vezes em posições diametralmente opostas, distantes 2,00 m da sondagem inicial.

Coleta de amostras

Na sondagem a percussão são coletadas amostras obtidas pelo amostrador e aquelas retiradas nos avanços dos furos entre um e outro ensaio de SPT, por trado ou lavagem. As amostras retiradas do amostrador devem ser acondicionadas em frascos herméticos para a manutenção da umidade natural e das suas estruturas geológicas.

As amostras de trado devem ser acondicionadas em sacos plásticos ou ordenadas nas próprias caixas de amostragem. As amostras retiradas por sedimentação da água de lavagem ou de circulação também devem ser guardadas. Elas são constituídas principalmente pela fração arenosa do solo original, pois os finos geralmente são levados pela água de circulação da sondagem.

Índice de resistência à penetração

O índice SPT foi definido por Terzaghi-Peck, que nos diz que **o índice de resistência à penetração (SPT) é a soma do número de golpes necessários à penetração no solo, dos 30 cm finais do amostrador**. Despreza-se portanto o número de golpes correspondentes à cravação dos 15 cm iniciais do amostrador.

Ainda que o ensaio de resistência à penetração não possa ser considerado como um método preciso de investigação, os valores de SPT obtidos dão uma indicação preliminar bastante útil da consistência (solos argilosos) ou estado de compacidade (solos arenosos) das camadas do solo investigadas. Veja a tabela abaixo:

Índices de resistência à penetração e respectivas designações		
Solo	Índice de Resistência á Penetração	Designação
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofo
	5 - 10	Pouco compacto
	11 - 30	Medianamente compacto
	31 - 50	Compacto
	> 50	Muito compacto
Areias e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 - 4	Mole
	5 - 8	Média
	9 - 15	Rija
	16 - 30	Muito rija
	> 30	dura

Número de furos

A NBR 8036/83 (Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios) estabelece os números de perfurações a serem feitas, em função do tamanho do edifício, conforme segue:

- No mínimo uma perfuração para cada 200m² de área da projeção em planta do edifício, até 1.200m² de área;
- Entre 1.200 m² e 2.400m² fazer uma perfuração para cada 400 m² que excederem aos 1.200 m² iniciais;
- cima de 2.400m² o número de sondagens será fixado de acordo com o plano particular da construção.

Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagens deve ser de 2 para a área da projeção em planta do edifício até 200m², e três para área entre 200m² e 400m².

Interpretação dos resultados

Na maioria dos casos, a interpretação dos dados SPT visa a escolha do tipo das fundações, a estimativa das taxas de tensões admissíveis do terreno e uma previsão dos recalques das fundações. Assim, a empresa encarregada de fazer o ensaio fornece um relatório dos trabalhos e um desenho esquemático de cada furo. A partir daí, cabe ao projetista interpretar os resultados para escolher o tipo de fundação ou, se ainda achar os dados inconclusivos, pedir algum ensaio mais específico.

A escolha do tipo de fundação é feita analisando os perfis das sondagens, cortes longitudinais do subsolo que passam pelos pontos sondados. A pressão admissível a ser transmitida por uma fundação direta ao solo depende da importância da obra e também da experiência acumulada na região, podendo ser estabelecida em função de índice correlacionado com a consistência ou compacidade das diversas camadas do subsolo.

O quadro abaixo apresenta uma correlação do mesmo tipo para solos coesivos, igualmente estabelecida por Terzaghi-Peck. Esta correlação entre o índice de resistência

à penetração e a resistência à compressão simples é ainda menos precisa que a anterior e tem também caráter indicativo.

Relação entre tensão admissível e número de golpes (SPT)			
Tipo de solo	Consistência	SPT	Tensão admissível (Kg/cm ²)
Argila	Muito mole	< 2	< 0,25
	Mole	2 a 4	0,25 a 0,5
	Média	4 a 8	0,5 a 1,0
	Rija	8 a 15	1 a 2
	Muito rija	16 a 30	2 a 4
	Dura	> 30	maior que 4
Areia	Fofa	<= 4	< 1
	Pouco compacta	5 a 10	1 a 2
	Medianamente compacta	11 a 30	2 a 4
	Compacta	31 a 50	4 a 6
	Muito compacta	> 50	> 6

Além das tabelas acima, é possível estimar a carga admissível em um solo mediante a fórmula abaixo:

$$T_{admin} = \sqrt{SPT} - 1$$

Assim, por exemplo, um solo com índice SPT de 20 teria uma tensão admissível de 3,47 Kg/cm² e outro com SPT 16 teria uma tensão admissível de 3 Kg/cm². Mas devemos ressaltar que estes valores, tanto das tabelas quanto da fórmula acima, são muito genéricos e imprecisos. Só mesmo uma análise criteriosa da sondagem por um técnico especializado pode determinar com precisão o melhor valor para a resistência do solo.

Isto porque além do tipo de solo e sua resistência SPT, o projetista deve levar em conta outros fatores inerentes às fundações -- forma, dimensões e profundidade -- e ao terreno que servirá de apoio, analisando a profundidade, nível d'água e possibilidade de recalques, além da existência de camadas mais fracas abaixo da cota de nível prevista para assentar as fundações.

Apresentação dos resultados

Os dados colhidos na sondagem são mostrados na forma de perfil individual do furo, ou seja, um desenho que traduz o perfil geológico do subsolo na posição sondada, baseado na descrição dos “testemunhos”, aquelas amostras colhidas durante a perfuração. A descrição dos testemunhos é feita a cada manobra e inclui:

- 1 -- Classificação litológica – Cor, tonalidade e dados sobre formação geológica, mineralogia, textura e tipo dos materiais.
- 2 -- Estado de alteração das rochas – Trata-se de um fator que faz variar extraordinariamente suas características. As descrições do grau de alteração das rochas, embora muito informativas, são até certo ponto subjetivas por se basearem normalmente na opinião do autor da classificação.
- 3 -- Grau de fraturamento – Uma das maneiras de avaliar o grau de fraturamento da rocha é através do número de fragmentos por metro, obtido dividindo-se o número de fragmentos recuperados em cada manobra pelo comprimento da manobra.

