

Boas vibrações para a sua obra

Embora na grande maioria das obras os vibradores de imersão (ou vibradores internos) sejam considerados uma ferramenta ordinária de trabalho, cuja seleção não exige muita consideração por parte de engenheiros e encarregados, uma escolha acertada pode significar maior praticidade para os operários, maior economia para o construtor e melhor qualidade do produto final, que é o concreto endurecido.

Um vibrador de imersão é composto de três partes distintas: a fonte de energia (pneumática, motor elétrico ou a gasolina), a agulha vibrante e a mangueira. A seleção entre os diversos tipos de equipamento existentes no mercado – tamanho, frequência, amplitude – fica mais simples se for entendido como funciona o vibrador.

A finalidade

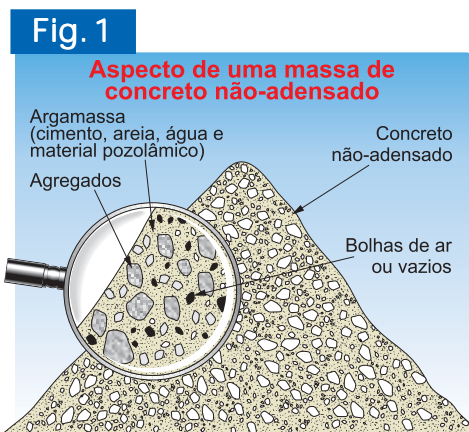
Quando uma massa de concreto é lançada no local de aplicação, pode-se notar sem dificuldade a grande heterogeneidade da massa: os agregados ficam “soltos” e a quantidade de vazios é muito alta (Figura 1). Se o concreto endurecer dessa forma, terá alta porosidade, propriedades físicas duvidosas, não preencherá convenientemente o espaço entre as fôrmas, e não aderirá de forma eficiente à armadura, além de ficar esteticamente desagradável. O método preferível de adensamento (ou compactação) é a vibração interna. Sua vantagem está no fato de que o vibrador age imerso no concreto fresco, maximizando a transferência dos impulsos de vibração. Além disso, ele pode ser aplicado em

diversos pontos da massa, otimizando a saída do ar e reduzindo os vazios existentes.

Durante a vibração, primeiro a argamassa desloca-se para os vazios entre os grãos de agregado graúdo. Só depois é que o ar aprisionado na argamassa começa a ser eliminado. Nessa segunda fase, não se percebe grande movimentação do concreto, mas é justamente aí que a maior parte do adensamento acontece. Quando o vibrador é imerso na massa, o concreto próximo a ele tende a agir como um líquido viscoso. Assim sendo, o atrito entre os agregados fica reduzido, permitindo o deslocamento das partículas. À distância até onde o efeito do vibrador se faz sentir dá-se o nome de raio de vibração (Figura 2).

Frequência e amplitude

A ação de um vibrador é conseguida pela rotação de um excêntrico localizado no interior da agulha (ou cabeça)

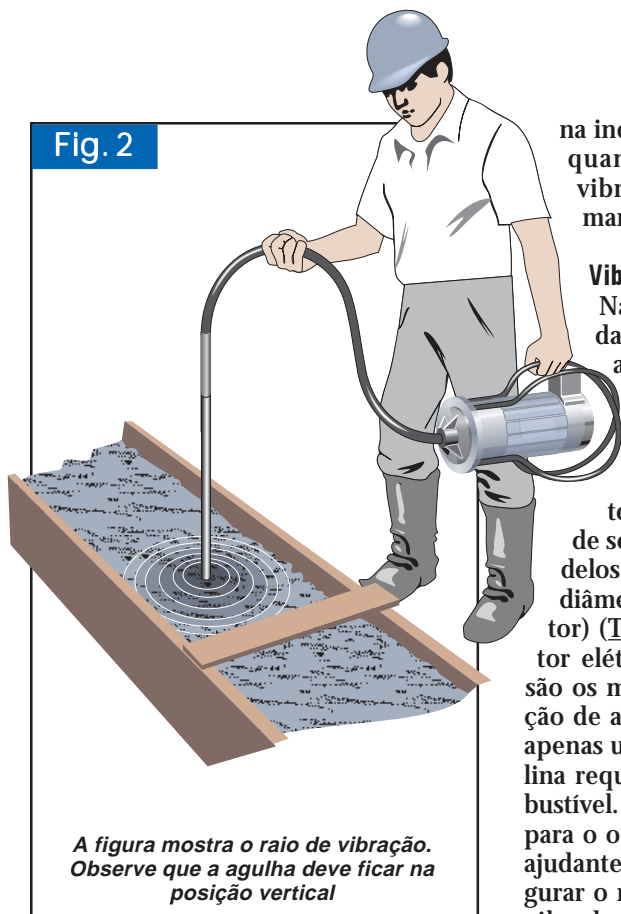


Fonte: Inspeção e Controle de Qualidade do Concreto

A vibração do concreto talvez seja a etapa mais importante da concretagem. Se malfeita, pode representar o surgimento futuro de trincas, a exposição precoce de armaduras e até o comprometimento da peça. Saiba como escolher um vibrador de imersão e acompanhe as dicas para melhorar a vibração do concreto na sua obra

Aldo Dórea Mattos
Engenheiro civil

(Figura3). A eficiência da operação cresce com a razão entre o peso do excêntrico e o peso total do vibrador. A frequência do vibrador, normalmente dada em *rotações por minuto* (rpm) ou *vibrações por minuto* (vpm), é o número de ciclos do excêntrico na unidade de tempo. Encontram-se vibradores comerciais na faixa de trabalho de 8.000 a 12.000 vpm. A amplitude é o deslocamento do vibrador em relação ao ponto de origem, ou seja, a distância que o vibrador atinge em relação ao seu ponto de repouso. A amplitude é geralmente dada em *centímetros* e varia entre 0,04 cm e 0,20 cm. Um vibrador de alta frequência normalmente tem amplitu-



na indústria da construção civil que quanto maior a frequência do vibrador maiores os gastos com manutenção e menor a vida útil.

Vibrador de motor externo

Na maioria dos vibradores, a unidade de força localiza-se fora da agulha. A geração do movimento do excêntrico vem do motor através da mangueira flexível. Os vibradores de motor externo são normalmente mais baratos e versáteis, além de serem encontrados em mais modelos comerciais (formato da agulha, diâmetro da mangueira, tipo de motor) (Tabela 2). Os vibradores de motor elétrico, monofásico ou trifásico, são os mais leves e permitem a operação de adensamento do concreto com apenas um homem. Os motores a gasolina requerem um tanque para o combustível. Se o peso for relativamente alto para o operário, pode-se empregar um ajudante, que ficará encarregado de segurar o motor, agir nos controles. Nos vibradores pneumáticos, o ajudante

também tem como função deslocar o compressor de ar à medida que a vibração do concreto vai mudando de lugar.

A utilização de agulhas muito grandes para a capacidade do motor é um problema comum nas obras. Isso acontece quando se dispõe de vários vibradores e os operários trocam as agulhas arbitrariamente. Outro problema é a perda de carga em vibradores elétricos. Em boa parte das vezes isso se dá porque a mangueira é muito longa ou o concreto muito pouco trabalhável (abatimento alto).

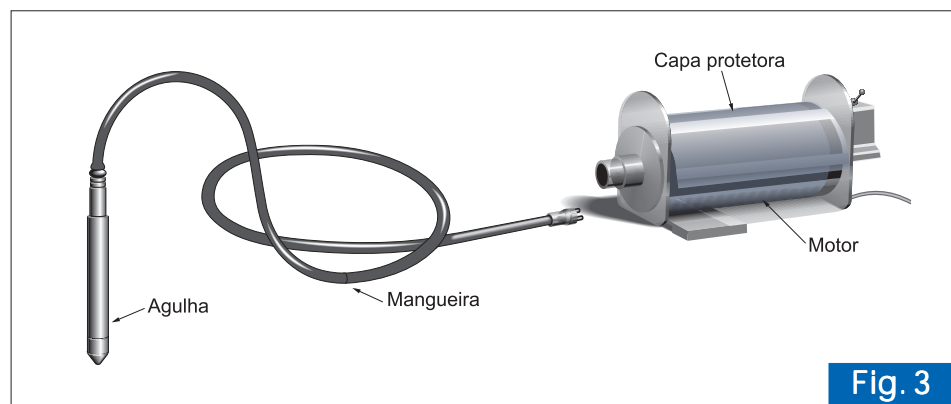
Vibrador de motor interno

Nestes vibradores, o motor fica localizado na própria agulha. A mangueira então não auxilia o giro do excêntrico, apenas encobre um fio que liga o motor à fonte de energia (compressor ou ponto de eletricidade). Por ser mais flexível do que nos vibradores de motor externo, a mangueira tem uma tendência maior a ficar enganchada em peças com armadura densa. A manutenção é mais ba-

de reduzida, porque a agulha gastaria muito tempo para atingir um deslocamento grande (como é possível nos vibradores de mais baixa frequência).

Quando o vibrador está imerso, o movimento rotatório da agulha age sobre o concreto fresco. A amplitude define a intensidade de cada golpe, enquanto que a frequência indica a quantidade de golpes recebidos pela massa. A amplitude afeta mais o movimento do agregado grão. O efeito da frequência é mais sentido na pasta. A consequência disto é que traços de concreto mais plásticos, isto é, aqueles com teores de argamassa elevados, devem ser preferencialmente adensados com vibradores de alta frequência. Raciocínio análogo mostra que misturas mais ásperas e secas devem ser vibradas em baixas frequências e altas amplitudes. A Tabela 1 mostra a faixa de aplicação dos vibradores de imersão.

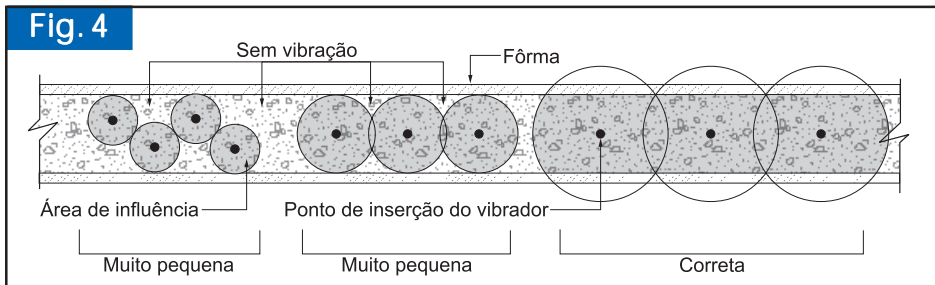
O raio de ação também depende da trabalhabilidade da mistura. Um mesmo vibrador apresenta raios maiores para misturas mais plásticas, pois o efeito da vibração da agulha se propaga melhor em um meio mais fluido. Reconhece-se



Tab. 1 Faixas de aplicação de vibradores de imersão

Aplicação	Diâmetro da agulha (mm)	Frequência (vpm)	Amplitude (cm)
Concreto fluido e plástico em peças delgadas e locais confinados	20 - 38	9000 - 15000	0,038 - 0,076
Concreto plástico em pilares, vigas, paredes, peças pré-moldadas, lajes delgadas e em juntas de construção	32 - 63	8500 - 12500	0,05 - 0,10
Concreto plástico (abatimento < 7,5 cm) em pilares, vigas, paredes, peças pré-moldadas e lajes espessas	50 - 89	8000 - 12000	0,063 - 0,125
Concreto massa e estrutural de baixo abatimento (< 5 cm) lançado em grandes porções	75 - 150	7000 - 10500	0,076 - 0,150
Concreto massa em obras como barragens de gravidade, grandes pilares, blocos maciços, etc.	125 - 178	5500 - 8500	0,10 - 0,20

Fonte: Extraído do "Guide for Consolidation of Concrete", do American Concrete Institute



Tab. 2 Vibradores de imersão para motores elétricos, a gasolina e diesel

Tipo	Vibrações por minuto	Diâmetro do tubo	Comprimento do tubo	Comprimento do eixo flexível	Força centrífuga	
					kp	peso
25	10.000 a 12.000	25 mm	330 mm	5 m	55	9,6 kg
35	10.000 a 12.000	35 mm	380 mm	5 m	230	16,0 kg
45	10.000 a 12.000	45 mm	480 mm	5 m	460	18,0 kg
60	9.500 a 11.400	60 mm	580 mm	5 m	490	22,0 kg
75	9.000 a 11.000	75 mm	540 mm	5 m	670	29,6 kg

Fonte: Claridon

Tab. 3 Erros mais comuns nas obras

Erro	Conseqüência e comentário
Arrastar concreto com o vibrador	Vibrador não é instrumento para arrastar concreto, mas para consolidá-lo. O movimento lateral do vibrador causa a segregação, pois os agregados graúdos tendem a se separar da argamassa
Vibrar com a agulha inclinada	A posição ideal é a vertical. Inclinando-se a agulha, a transmissão dos esforços não se dá de forma homogênea. Parte da energia é dissipada para o ar.
Empurrar o vibrador para dentro da massa	Deve-se deixar o vibrador afundar por si só.
Retirar a agulha muito rápido	A velocidade de retirada do vibrador deve ser tal que o concreto preencha o espaço ocupado pela agulha. Retirar rápido pode deixar vazios na massa
Usar pontos de inserção muito afastados	Se não houver superposição das áreas de influência, algumas regiões do concreto ficarão sem vibração
Encostar o vibrador na armadura	Afeta a aderência do concreto ao aço e, em vigas, pode deslocar os estribos
Vibrar camadas muito espessas	A agulha do vibrador deve ser mais comprida do que a altura da camada para haver a "costura" com a camada anterior e a peça ficar uniforme em toda a sua extensão
Vibrar por muito tempo	A sobrevibração pode causar segregação, principalmente em concretos muito fluidos
Vibrar por pouco tempo	Embora o concreto possa ficar com a superfície horizontal, o efeito do adensamento não se dá por completo
Deixar o vibrador trabalhar no vazio	Pode queimar o motor. O concreto age como resfriador.
Transitar com equipamentos sobre a mangueira	A mangueira do vibrador não é vazia como uma mangueira de jardim: ela contém cabos e fios
Manusear vibrador elétrico sem luvas e botas	O risco de choque é alto, ainda mais porque obras sempre são ambientes úmidos

rata porque o motor fica totalmente recoberto e não sofre tanta contaminação com poeira e concreto.

O manuseio correto

A agulha do vibrador deve estar completamente imersa durante a vibração, em posição vertical (a agulha só deve ser colocada inclinada ou na horizontal no caso extremo de a laje ser muito pouco espessa). A distância entre pontos de inserção consecutivos deve ser em torno de 1,25 vez o raio de ação do vibrador, a fim de que haja superposição entre as áreas vibradas (Figura 4). Os operários devem ser capazes de identificar visualmente o raio de ação (pode-se também determinar o raio cravando-se uma barra de aço no concreto fresco e medindo-se sua vibração para diferentes distâncias do vibrador).

Para peças esbeltas como pilares, vigas e paredes, o vibrador deve ser grande o suficiente para que sua área de influência ultrapasse o espaçamento entre as fôrmas. Isso reduz o número de pontos de inserção e previne a existência de vazios entre o concreto e as fôrmas, garantindo um acabamento mais satisfatório. O vibrador deve sempre atingir a camada de concreto subjacente à que se está vibrando, penetrando nela uns 15 cm, a fim de haver a "costura" entre elas. Em outras palavras, a altura da camada lançada deve ser sempre inferior ao comprimento da agulha.

A maneira correta de introduzir a agulha vibrante no concreto fresco é deixá-la "afundar" por si só. Forçar a introdução só causa desvio em relação à vertical e enganchamentos na armadura. O vibrador deve permanecer imerso por 5 a 15 segundos e então puxado para cima a uma velocidade de 7 cm/s, com o vibrador *em funcionamento*. Uma retirada muito rápida ou com o vibrador desligado pode deixar bolsões de ar na massa de concreto.

Definir o fim da vibração é algo subjetivo. Os melhores indícios são: horizontalização da superfície, aparecimento de uma fina camada de argamassa no topo da peça e cessação de desprendimento de bolhas de ar. Os erros mais comuns observados em obras estão relacionados na Tabela 3.

Leia mais: Andriolo, Francisco Rodrigues e Sgarboza, Bento Carlos. "Inspeção e Controle de Qualidade do Concreto". Newswork, 1993.