

Muros de arrimo em solos colapsíveis provenientes do arenito Bauru: problemas executivos e influência em edificações vizinhas em áreas urbanas

Ademar da Silva Lobo*, Cláudio Vidrih Ferreira e Adilson Renofio

Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Av. Luiz Edmundo Coube, s/n, 17033-360, Bauru, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: lobo@feb.unesp.br

RESUMO. Grandes áreas do Estado de São Paulo são cobertas por arenito do grupo Bauru. O solo superficial é constituído de areia fina argilosa vermelha, com alta porosidade e normalmente não-saturado. Solos similares são encontrados nos Estados do Paraná, de Minas Gerais, do Rio Grande do Sul, entre outros. Este solo em presença de água, quando sob tensão sofre colapso, provoca bruscas reduções de volumes e causa danos nas construções. Este artigo mostra a execução de muros de arrimo nesse tipo de solo, enfocando aspectos construtivos e as danosas conseqüências em construções vizinhas edificadas junto às divisas. São fornecidos parâmetros médios desse tipo de solo, encontrado na cidade de Bauru e mostrados casos de patologias devido à não-observância de cuidados construtivos. É enfatizada a importância de se considerar nos projetos de engenharia o aspecto colapsível desse solo, assim como são fornecidas recomendações com o objetivo de contribuir para futuros projetos.

Palavras-chave: solo colapsível, muros de arrimo, patologias.

ABSTRACT. Retaining walls on collapsible-soil from sandstone of Bauru Group: execution problems and influence on neighboring constructions in urban areas.

Large sites of São Paulo State are typically underlain by sandstone of Bauru Group. The subsoil upper layer is constituted by high porous and normally unsaturated, reddish, fine clayey sand. Similar soils are found in the state of Paraná, Minas Gerais, Rio Grande do Sul and other regions. This kind of soil in presence of water, when under tension suffers collapse provoking brusque volume reduction and causing damages to construction. This article shows the execution of retaining walls, focusing the constructive aspects and harmful influence in neighboring constructions. Average soil parameters of the region where the problems occurred are supplied. The article shows cases of pathology due to the non-observance of certain constructive cares. It is emphasized the importance of considering the collapsible aspects of this type of soil in engineering, as well as recommendations are supplied with the intention to contribute to future designs.

Key words: collapsible soil, retaining walls, construction pathology.

Introdução

Vasta região territorial a oeste do Estado de São Paulo é coberta por sedimentos cenozóicos e solos residuais, provenientes da decomposição do arenito Bauru. O nível freático é normalmente profundo, não sendo encontrado na maioria das sondagens de simples reconhecimento efetuadas nessa região, resultando espessas camadas de solo não-saturado.

Esse solo, com predominância de partículas de areia fina, interligadas por grumos de argila coloidal e óxidos de ferro, apresenta uma coesão temporária ou fictícia, provocada por tensões de sucção. Havendo um aumento no teor de umidade do solo,

ocorre redução nas tensões de sucção e enfraquecimento dos agentes cimentantes, reduzindo, assim, a resistência ao cisalhamento e provocando reduções de volume do solo, quando sob tensão.

Essa propriedade, que nos últimos anos tem despertado a atenção de inúmeros pesquisadores, recebe o nome de colapso, e o solo, com essa característica, de colapsível. Esse comportamento é típico de clima tropical, no qual ocorre alternância de estações chuvosas e estações de relativa seca, provocando intensa lixiviação dos finos do horizonte superficial.

No Brasil, tem-se observado a presença desse tipo de solo em muitas regiões, tais como: São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Bahia, Rio Grande do Sul, Distrito Federal, dentre outros.

A grande espessura de solos colapsíveis, em algumas regiões, chega a se constituir em um grave problema para a estabilidade e a integridade de obras civis, principalmente as de médio e de pequeno porte, para os quais soluções mitigadoras se tornam caras e inviáveis, considerando o poder aquisitivo de grande parte da população afetada.

Uma das obras civis que mais sofre o efeito danoso e indesejável da infiltração de água é o muro de arrimo, uma construção muito freqüente em áreas urbanas, onde o alto custo da terra acaba indicando sua utilização em substituição à execução de taludes.

Para auxiliar o meio técnico nacional, objetivando minimizar ocorrências de patologias em muros de arrimo e em fundações em solos arenosos colapsíveis, a cerca de 10 anos está se desenvolvendo um trabalho de pesquisa na Unesp de Bauru com o objetivo de estudar o comportamento desse solo, no que diz respeito a sua identificação, caracterização e comportamento.

Chama a atenção o grande número de ocorrência de patologias envolvendo muros de arrimo. Destaca-se que a maioria das ocorrências de patologias observadas está relacionada a danos em edificações nas vizinhanças dessas obras.

Neste trabalho, são apontados os principais erros construtivos e de projeto que têm sido observados, sendo feitas recomendações para minimizá-los. Espera-se que, com este artigo, os engenheiros, os construtores e os proprietários sejam despertados para a importância de considerar a característica porosa e colapsível do solo no projeto e na construção desse tipo de obra.

Características geotécnicas do solo típico da região de Bauru

A região central do Estado de São Paulo, que inclui a cidade de Bauru, é coberta tipicamente por arenito do grupo Bauru. A camada superficial é não-saturada, normalmente constituída de areia fina argilosa, vermelha ou marrom escura. Esse solo, geneticamente residual, sofreu processo de evolução pedogênica, tendo ocorrido lixiviação dos finos dos horizontes superficiais para camadas mais profundas, resultando em um solo poroso e estruturalmente instável.

Resultados de ensaios de sondagens de simples reconhecimento apontam que nos primeiros metros

o SPT é muito baixo, variando entre 2 e 3, ocorrendo um crescimento praticamente linear quanto à profundidade, até por volta de 10m a 14m.

Ferreira *et al.* (1994), ao analisarem inúmeros resultados de sondagens efetuadas em Bauru, indicam que até essa profundidade o SPT resulta, de forma aproximada, numericamente igual à profundidade (em metros), com dispersão muito pequena.

Ensaio realizados em amostras coletadas em poços de inspeção, que chegaram a atingir 25m de profundidade, têm mostrado que após essa primeira camada se encontra uma camada com maior teor de argila e características geotécnicas diferentes da primeira.

A análise de inúmeras sondagens indica que nessa segunda camada ocorre um crescimento mais acentuado dos valores do SPT, atingindo, em poucos metros, valores da ordem de 30 a 40 e, até mesmo, camadas impenetráveis às ferramentas de avanço da perfuração. O nível de água é normalmente profundo, sendo raramente encontrado nos furos de sondagem, resultando em um solo não-saturado. A Tabela 1 fornece valores médios dos parâmetros geotécnicos desse solo, até a cota 12m, e a Figura 1 mostra um perfil geotécnico típico desse solo.

Tabela 1. Parâmetros geotécnicos médios.

Propriedades	Unidades	Médias
Granulometria		
areia média	%	5
areia fina	%	69
silte	%	11
argila	%	15
Índices físicos		
teor de umidade (w)	%	10
massa específica do solo (ρ)	(10 ³ kg/m ³)	1,77
massa específica dos sólidos (ρ_s)	(10 ³ kg/m ³)	2,68
índice de vazios (e)		0,67
grau de saturação (sr)	%	42
massa específica seca (ρ_d)	(10 ³ kg/m ³)	1,60
Limites de consistência		
limite de liquidez (LL)	%	22
índice de plasticidade (IP)	%	6
Resistência (efetiva)		
resistência à compressão simples (RC)	kPa	39
coesão (c)	kPa	14
ângulo de atrito interno (ϕ)	GRAUS	30

Característica colapsível dos solos da região de Bauru

Vários pesquisadores concluíram, por meio de ensaios de campo e de laboratório, tratar-se de solo com características colapsíveis, ocorrendo perdas de capacidade de carga significativas, quando o solo sofre um aumento no teor de umidade, tanto para fundações rasas quando para estacas curtas, segundo

Lobo (1991), Agnelli (1992) e Ferreira (1998). Carvalho e Souza (1990) e Cintra (1995), entre outros, observaram essa propriedade em solos superficiais de várias localidades do Estado de São Paulo e em muitos outros estados brasileiros, inclusive no Estado do Paraná.

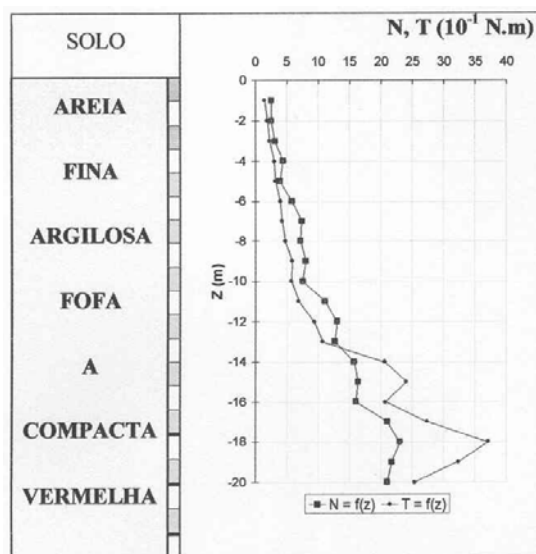


Figura 1. Perfil geotécnico típico desse solo.

Os solos colapsíveis caracterizam-se por apresentarem uma mudança brusca de comportamento quando ocorre infiltração de água no solo. Com o aumento do teor de umidade, ocorre um enfraquecimento dos agentes cimentantes, reduzindo a resistência ao cisalhamento e provocando reduções de volume do solo, quando sob tensão.

Esse enfraquecimento nas ligações provoca perda de resistência ao cisalhamento e redução quanto à capacidade de carga de fundações diretas e de estacas curtas, resultando em indesejáveis recalques.

Não é raro, nessa região, casos de obras que durante muito tempo apresentaram bom desempenho, repentinamente, começaram a apresentar problemas de trincas, de fissuras e de rachaduras, sendo notadamente maiores as ocorrências nos meses de chuvas intensas (de novembro a março).

Sobrecargas de aterros em terrenos vizinhos, aliadas à falta de cuidado na execução do muro de contenção, têm sido responsáveis por grande número de ocorrências de patologias em obras existentes junto à divisa de terreno.

O solo existente, muitas vezes ressecado superficialmente, apresenta uma aparente resistência, devido ao alto valor da sucção matricial. Quando

ocorrem as primeiras chuvas, há uma redução na sucção do solo, o que provoca enfraquecimento das ligações e colapso da estrutura gerando recalques da ordem de vários centímetros. Quando não são providenciadas juntas entre as construções, o recalque dos muros de arrimo acaba arrastando, para baixo, as paredes da edificação vizinha.

Essa característica colapsível tem acarretado inúmeras patologias em construções, principalmente nos meses de verão, onde ocorrem as maiores precipitações pluviométricas, tendo sido responsável por centenas de processos de ação civil por perdas e danos, envolvendo proprietários de imóveis, vizinhos, responsáveis técnicos e construtores.

Muros de arrimos

Muros de arrimo são estruturas muito utilizadas em áreas urbanas, construídas quando se deseja manter uma diferença de nível na superfície do terreno, sem recorrer a taludes, devido à grande área que se perde, ao se utilizar este recurso.

Os muros de arrimo podem ser executados com diversos materiais, podendo-se citar madeira, aço, concreto, solo-cimento, pedra e solos armados, envelopados, grampeados, ou, ainda, reforçados com geotextil, dentre outros.

Quanto à estabilidade, os muros podem ser classificados, de forma geral, em muros de gravidade, muros de gravidade aliviados, muros de flexão e cortina de estacas prancha. É possível, ainda, utilizar recursos de gigantes, de tirantes, de chumbamento, etc.

As cargas atuantes nos muros de arrimo são: o peso próprio, o peso de terra e, principalmente, o empuxo de terra, que é o resultante das pressões laterais de terra e/ou de água.

A amplitude do empuxo depende de diversos fatores, podendo-se citar a magnitude do desnível entre um lado e outro do muro, o tipo de solo, a inclinação do terreno e a movimentação sofrida pelo muro, dentre outros fatores.

Este último fator, movimentação sofrida pelo muro, é muito importante para o cálculo da magnitude do empuxo, assim, o empuxo é classificado como ativo, quando o movimento do muro conduz a um alívio da pressão horizontal do terreno, passivo em caso contrário e em repouso, quando o muro não sofre qualquer tipo de movimento, seja ele horizontal ou de rotação.

Um tipo de muro de uso consagrado em várias regiões do Brasil é executado com painéis de alvenaria e concreto armado, suportados por estacas armadas, que trabalham à compressão e à flexão. Dependendo do desnível a ser vencido pelo muro,

pode-se utilizar o recurso de tirantes, de concreto armado, inclinados cerca de 45 graus, que são suportados por estacas armadas executadas a cerca de 1,5m a 2,0m de distância do muro. Para desníveis até por volta de 1,5m, normalmente não se utiliza o recurso de tirantes.

Na situação em que não se utiliza tirantes, esse tipo de muro tem um comportamento semelhante às paredes de estacas metálicas preenchidas com pranchões de madeira, um recurso muito utilizado em escavações provisórias na execução de redes de água, de esgoto e de telefonia, dentre outras.

O elemento estrutural, nesse caso, trabalhando a flexão, é composto pela estaca, armada na parte enterrada, e pelo pilar, também armado, que é executado na continuação da estaca, apenas variando a seção transversal, que para a estaca é circular, enquanto para o pilar é usualmente quadrada, de lado aproximadamente 0,20m.

Essa parte inferior do elemento estrutural, no dimensionamento do muro de arrimo, é chamada de ficha. O empuxo ativo de terra força esse painel de concreto armado e de alvenaria para fora, fletindo-o e comprimindo-o contra o solo situado no nível mais baixo, desenvolvendo o empuxo chamado passivo. A Figura 2 mostra, esquematicamente, de forma simplificada, o tipo de empuxo que atua nesse elemento.

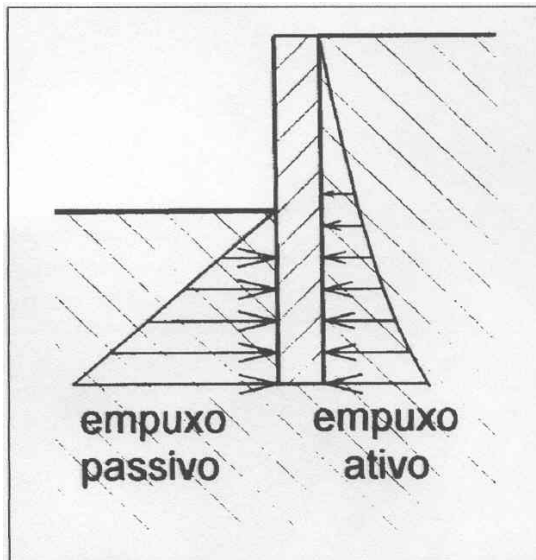


Figura 2. Esforços atuantes no muro.

O comprimento das estacas, usualmente utilizadas para apoio de muros de arrimo desse tipo, é normalmente maior do que a ficha mínima necessária para manter a estabilidade do muro.

Principais patologias observadas em muros de arrimo

Solo do aterro mal compactado

Freqüentemente, se observa terrenos baldios servirem como bolsões de lixo e de entulho. Posteriormente, esses materiais são simplesmente recobertos com camada de solo limpo, mas, na maioria das vezes, o solo lançado não sofre qualquer processo de compactação, a não ser pelo movimento dos caminhões na tarefa de descarga e de movimentação.

Mesmo em caso de se efetuar uma limpeza prévia do terreno, antes do aterramento, o solo é simplesmente lançado, sem sofrer qualquer processo de compactação. Aterros executados dessa forma resultam excessivamente porosos e compressíveis e, com o passar do tempo, após vários ciclos de secagem e de umedecimento, sofrem processo de compactação devido ao próprio peso, às forças de percolação e, eventualmente, ao peso do concreto de revestimento do piso e ao tráfego de pessoas e de veículos.

Ao sofrer o processo de compactação, o solo produz, nas paredes do muro de arrimo, um esforço de cima para baixo, equivalente ao atrito negativo das estacas. Esse esforço soma-se às cargas que estavam atuando nas estacas que, muitas vezes, acabam por ultrapassar sua capacidade de carga, resultando em indesejáveis recalques do muro, que se propagam para edificações vizinhas.

Recalque do solo de fundação em edificação vizinha

Não é raro encontrar aterros em lotes urbanos que chegam a atingir 3m ou 4m acima do nível natural do terreno, muitas vezes construídos junto às edificações existentes, que independentemente do tipo de fundação utilizada, vêm se comportando de maneira satisfatória.

Admitindo-se para o material do aterro um peso específico igual a 17 kN/m³, uma altura de 4m de aterro aplica ao solo subjacente um acréscimo de pressão de 68 kPa. Um edifício residencial tem peso aproximado de 10 a 12 kN/m²/pavimento; portanto um acréscimo de pressão dessa ordem é o mesmo que aplicaria ao solo um edifício de cerca de 6 pavimentos, diretamente apoiado ao terreno. Entendem os autores que ninguém em sã consciência apoiaria diretamente em um solo com alta porosidade como esse um edifício desse porte, faceando uma edificação existente, logicamente por temer propagação de tensões e danos na edificação vizinha. No entanto, vários têm sido os casos constatados de aterros com essas dimensões, construídos sem qualquer

preocupação com esse fato.

Ensaio realizados em placas, no campo experimental do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Unesp/Bauru (provas de carga diretas), de acordo com Agnelli (1992), mostram que, mesmo para pressões aplicadas ao terreno da ordem de 50 kPa, a placa de ensaio apresenta grandes recalques quando o solo sob a placa é saturado, devido à característica colapsível, já descrita em itens anteriores.

Constata-se que essas patologias são mais freqüentes exatamente nos meses de novembro a março, quando ocorrem as maiores precipitações pluviométricas, chamadas popularmente de chuvas de verão.

O solo de fundação, ao sofrer recalque, acaba “arrastando” consigo o solo adjacente sob a fundação da edificação vizinha, provocando recalques das paredes e do piso e, como conseqüência, originando trincas e rachaduras na alvenaria. Esse fato ocorre independentemente da fundação do muro de arrimo ser bem ou mal executada, como também dos movimentos que porventura o muro de arrimo venha a sofrer, motivado por outras causas.

A Figura 3 mostra detalhe de um aterro, executado em terreno anexo a uma edificação existente, construída junto à divisa do terreno, cuja altura é próxima ao nível da cobertura da edificação. O recalque das paredes da edificação vizinha ao muro e do piso foi tanto que resultou em inúmeras trincas e fissuras na alvenaria, refletindo-se em um mau funcionamento das portas e das janelas, prejudicando suas funções de abrir e de fechar regularmente. Esse fato ocorreu em um mês de dezembro, logo após as primeiras chuvas de verão. Em uma solução emergencial, parte do solo do aterro foi retirado, para evitar agravamento do problema. Nota-se na Figura 3 a existência de tirantes no muro, prática usual para muros de arrimo com altura superior a cerca de 1,5m.



Figura 3. Vista de aterro e muro de arrimo construído adjacente à construção existente.

Escavação do terreno junto ao muro de arrimo existente

Como descrito anteriormente, os muros de arrimo, dependendo do desnível a ser vencido, funcionam como muros de flexão, portanto têm sua estabilidade garantida pelo desenvolvimento das tensões passivas do lado oposto do aterro, que corresponde normalmente ao terreno vizinho. Essas tensões passivas atuam ao longo das estacas, as quais usualmente são armadas para resistir aos esforços de flexão.

Escavações no terreno junto a estruturas de arrimo provocam desconfinamento do solo de fundação, redução nos empuxos passivos atuantes na lateral das estacas de suporte da contenção e, em decorrência disso, surgem grandes deformações, muitas vezes provocando colapso total do muro de arrimo.

A Figura 4 retrata a vista de um muro que sofreu colapso total, provocado pela retirada de solo (escavação) junto ao arrimo. Observa-se a pequena altura do muro, da ordem de apenas 0,60m. Esse desabamento custou a vida do operário que executava o serviço de escavação e foi amplamente divulgado, na época, pela imprensa.



Figura 4. Vista do muro de arrimo que sofreu colapso total.

A Figura 5 destaca uma escavação efetuada ao longo de um muro de arrimo existente. Essa escavação, que atingiu cota muito inferior à do terreno confinado pelo muro, provocou desconfinamento do solo de fundação do arrimo, redução nos empuxos passivos atuantes na lateral das estacas e, em decorrência disso, surgiram grandes deformações, tanto no muro divisório quanto nas paredes da edificação, construída sobre o muro, com afundamento de cerca de 30mm do terreno confinado, resultando em grandes prejuízos e transtornos ao proprietário do imóvel, localizado à esquerda da figura.



Figura 5. Vista de escavação executada ao longo do muro de arrimo existente.

Falta de junta de movimentação entre o muro de arrimo e a edificação existente

Um outro aspecto que tem sido negligenciado por muitos construtores é a “junta de movimentação”, que necessariamente deve ser deixada entre o muro de arrimo e a edificação existente, o que corresponde a uma folga de alguns centímetros. O que se observa em várias perícias realizadas é a prática comum de utilizar a parede da edificação vizinha como forma na concretagem da estrutura do muro de arrimo (vigas baldrames, de amarração e pilares).

Em relação a esse ponto, tem-se a destacar que os pilares, dimensionados a flexão ou os tirantes de concreto, executados a cada 2m aproximadamente, só começam a ser fletidos ou tracionados se sofrerem deformação por flexão ou alongamento.

Pela lei de Hooke, toda barra, dentro do regime elástico, quando tracionada, sofre um alongamento proporcional à força aplicada, portanto, como a recíproca é verdadeira, se a barra não sofrer deformação, não estará sendo tracionada.

Dessa forma, todo empuxo horizontal, aplicado pelo aterro ao muro de arrimo, acaba sendo transmitido diretamente à parede da edificação vizinha existente, até que esta se desloque. Só a partir daí o tirante e o pilar, engastado no solo, começam a “trabalhar”, ou seja, a absorver o esforço de empuxo.

A Figura 6 mostra a vista de um muro de arrimo executado junto a uma edificação existente, onde não foi deixada nenhuma folga entre o concreto do muro e a edificação.

Má condição de drenagem

Normalmente, os muros de arrimos são dimensionados para resistir aos esforços provocados pelo empuxo ativo do solo, considerando-se a hipótese de solo não-saturado. Raramente, são projetados para resistir ao empuxo hidrostático, na

hipótese de acumular-se água ao longo do muro, pois, quando isso acontece, acaba ocorrendo acréscimo ao valor do empuxo que chega a ser da ordem de 100%, encarecendo demasiadamente o projeto.



Figura 6. Vista de muro de arrimo construído adjacente à edificação existente sem “folga”.

Assim sendo, um eficiente sistema de drenagem do solo tem que ser projetado para evitar acúmulo de água de chuva nele e, conseqüentemente, a sua saturação. Esse fato também acaba por ser, inúmeras vezes, negligenciado pelos construtores, principalmente no verão, época em que ocorrem as maiores precipitações e a situação pode se tornar ainda mais dramática. A Figura 7 realça a excessiva deformação ocorrida em um muro de arrimo, após intensa chuva e falha no sistema de drenagem do terreno.



Figura 7. Deformações devido a má drenagem do terreno.

A Figura 8 mostra o mesmo muro visto pelo lado do vizinho. A pressão hidrostática, resultante do acúmulo de água no solo, acabou provocando a ruptura da parede do muro, e o solo encharcado acabou por escoar para dentro da piscina existente no imóvel vizinho. Esse fato, por sorte, ocorreu e acabou aliviando a pressão sobre o muro, evitando seu colapso, fato que colocaria em risco a vida dos moradores da residência contígua, cujo dormitório se localiza ao lado da piscina.



Figura 8. Detalhe da ruptura da parede do muro, provocada pelo acúmulo de água de chuva.

Prescrições de normas brasileiras

Nesse item, são apresentados alguns dispositivos legais que devem nortear as atividades dos profissionais da construção civil, visando tanto à segurança quanto ao desempenho de muros de arrimo e de edificações situadas na vizinhança.

Nesse contexto, a lei n.º 9.993/99, entre outras coisas, dispõe sobre as competências do Conmetro (Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) e do Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia), da qual são destacados alguns artigos e parágrafos pertinentes.

Artigo 1.º Todos os bens comercializados no Brasil, insumos, produtos finais e serviços, sujeitos a regulamentação técnica, devem estar em conformidade com os regulamentos técnicos em vigor.

Artigo 2.º O Conmetro, órgão colegiado da estrutura do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, criado pela lei n.º 5.966/73, é competente para expedir atos normativos e regulamentos técnicos, nos campos da conformidade de produtos, de processos e de serviços.

§1.º - Os regulamentos técnicos deverão dispor sobre características técnicas de insumos, produtos finais e serviços que não constituam objeto da competência de outros órgãos e de

outras entidades da Administração Pública Federal, no que se refere a aspectos relacionados com segurança, prevenção de práticas enganosas de comércio, proteção da vida e saúde humana, animal e vegetal e com o meio ambiente.

§ 2.º - Os regulamentos técnicos deverão considerar, quando couber, o conteúdo das normas técnicas adotadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Art. 5.º As pessoas naturais e as pessoas jurídicas, nacionais e estrangeiras, que atuem no mercado para fabricar, importar, processar, montar, acondicionar, ou comercializar bens, mercadorias e produtos e prestar serviços, ficam obrigadas à observância e ao cumprimento dos deveres instituídos por esta Lei e pelos atos normativos e regulamentos técnicos e administrativos expedidos pelo Conmetro e pelo Inmetro.

A ABNT, entidade privada, sem fins lucrativos, fundada em 1940, é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil. A essa associação compete coordenar, orientar e supervisionar o processo de elaboração de normas brasileiras, bem como elaborar e editar tais normas.

Entre as inúmeras normas técnicas (sigla NBR), em especial duas merecem citação, por estarem diretamente relacionadas aos problemas executivos e interferências expostos neste artigo: a NBR 9061 (ABNT, 1985) - *segurança de escavação a céu aberto*, que fixa as condições de segurança exigíveis a serem observadas na elaboração do projeto e na execução de escavações de obras civis, a céu aberto, em solos e de rochas, não incluídas escavações para mineração e túneis; e a NBR 6122 (ABNT, 1996) - *projeto e execução de fundações*, que fixa as condições básicas a serem observadas no projeto e na execução de fundações de edifícios, de pontes e demais estruturas.

Merecem destaque alguns itens dessas duas normas que se relacionam diretamente ao problema em questão. Esses itens mostram a preocupação dos técnicos, que contribuíram com a ABNT, em relação às obras edificadas na vizinhança da escavação e às fundações.

Assim, a NBR 6122 (ABNT, 1996) prescreve no item 4.7.2: qualquer obra de fundação, escavação ou rebaixamento de lençol d'água feita próxima a construções existentes deve ser projetada levando em conta seus eventuais efeitos sobre estas construções, obedecendo ao disposto no Capítulo 9.

A observação do comportamento e a instrumentação de fundações, segundo o capítulo 9, são feitas com um ou mais dos objetivos abaixo:

- a) acompanhar o desempenho da fundação, durante e após a execução da obra, para permitir tomar, em tempo, as providências eventualmente necessárias, a fim de garantir a utilização e a segurança da obra;
- b) esclarecer anormalidades constatadas em obras já concluídas, inclusive no que diz respeito às construções existentes nas proximidades;
- c) ampliar a experiência local quanto ao comportamento do solo sob determinados tipos de fundações e de carregamentos;
- d) permitir comparação entre valores medidos com valores calculados, visando ao aperfeiçoamento dos métodos de previsão de recalques e de fixação das cargas admissíveis de empuxos etc.

Da NBR 9061 (ABNT, 1985), entre outras, destacam-se as seguintes recomendações:

Edificações vizinhas e redes de utilidades públicas (item 4.3)

É indispensável o levantamento topográfico do terreno, o levantamento das edificações vizinhas (tipo de fundação, cotas de assentamento das fundações, distância da borda da escavação) e das redes de utilidades públicas, não só para a determinação das sobrecargas, como também para o estudo das condições de deslocabilidade e deformabilidade que podem ser provocadas pela execução da escavação. Os levantamentos devem abranger uma faixa em relação às bordas de, pelo menos, duas vezes a maior profundidade a ser atingida na escavação.

Observação da obra (item 4.4)

O controle das edificações vizinhas e da escavação deve obedecer a um plano de acompanhamento através de inspeção e de instrumentação adequada ao porte da obra e das edificações vizinhas.

- a) Inspeção; tem por finalidade observar qualquer evento, cuja análise permita medidas preventivas ou considerações especiais para a segurança da obra;
- b) Instrumentação; visa a medida direta de grandezas físicas necessárias à interpretação e à previsão do desempenho das obras, com referência aos critérios de segurança e de economia adotados na fase de projeto.

Em seu item 5, que estabelece parâmetros para o projeto, destaca-se:

Fenômenos decorrentes das escavações

No projeto das escavações devem ser considerados os seguintes fenômenos:

- a) escoamento ou ruptura do terreno de fundação;
- b) descompressão do terreno de fundação;
- c) carregamento pela água;
- d) rebaixamento do nível de água.

Escoamento ou ruptura do terreno de fundação

Quando a escavação atinge nível abaixo da base de fundações num terreno vizinho, este terreno pode deslocar-se para o lado da escavação produzindo recalques ou rupturas. Se a escavação não ultrapassa a cota de base das fundações vizinhas, pode ocorrer diminuição da pressão normal confinante causando deformação do terreno vizinho.

Descompressão do terreno de fundação

Quando a proteção das paredes de uma escavação se deslocar ou se deformar, pode causar perturbação no terreno de fundação vizinho, produzindo recalques prejudiciais à construção.

Documentação técnica

Durante toda a fase de execução e durante a existência da escavação, é indispensável ter-se no canteiro de obras um arquivo, contendo os seguintes documentos:

- a) resultados das investigações geotécnicas;
- b) perfis geotécnicos do solo;
- c) profundidade e dimensões da escavação, bem como as etapas a serem atingidas durante a execução e reaterro;
- d) condições de água subterrânea;
- e) levantamento das fundações das edificações vizinhas e das redes de serviços públicos; projeto detalhado do tipo de proteção das paredes da escavação;
- f) caso haja necessidade das ancoragens penetrarem em terrenos vizinhos, deve-se ter autorização dos proprietários para permitir a sua instalação.

É oportuno, ainda, destacar, o legado pelo eminente jurista Hely Lopes Meirelles, quando, ao referir-se às regras técnicas enunciadas pela ABNT, enfatiza que “o conhecimento e a observância dessas prescrições técnicas constituem um dever ético-profissional para todos aqueles que lidam com produtos ou executam trabalhos já normatizados, respondendo pelos defeitos e prejuízos decorrentes de sua inaplicação ou desatendimento”.

Conclusão

As diversas patologias apontadas neste trabalho

ocorrem, principalmente, em construções de baixo custo, normalmente iniciadas clandestinamente, sem qualquer acompanhamento de profissional habilitado, empregando mão-de-obra não-especializada e/ou não-qualificada.

Muitas vezes, quando da aquisição do terreno, o muro de arrimo já se encontra edificado, sem qualquer projeto ou orientação técnica de profissional legalmente habilitado e sem os mínimos cuidados executivos. Salienta-se que, em áreas mais nobres, a incidência de tais patologias é menor, devido ao acompanhamento mais freqüente de profissionais engenheiros e arquitetos, desde a fase de concepção do projeto.

Na maioria das vezes, tais patologias envolvem justamente a camada da população de menor poder aquisitivo, aquela sem condições de arcar com eventuais custos de reparação, acarretando muitas vezes sérios problemas de relacionamento entre vizinhos.

A seguir, são elencados alguns cuidados que visam minimizar a ocorrência desses problemas apontados:

- a) sempre que possível, evitar construções de aterros junto as edificações existentes, pois essa sobrecarga muitas vezes é suficiente para provocar colapso das camadas subjacentes, notadamente quando há mudança no teor de umidade do solo;
- b) quando inevitável a sua execução, compactar adequadamente o solo, pois muitas vezes o adensamento do aterro, devido ao seu próprio peso, acaba forçando para baixo as tubulações de água de abastecimento e provocando vazamentos que criam situações de colapso do solo ao redor, além de originar esforços adicionais indesejáveis na estrutura;
- c) executar eficiente sistema de drenagem ao longo do muro de arrimo, para evitar encharcamento do solo. Além disso, executar calçadas de concreto, ou alvenaria, em todo o terreno, para, com isso, evitar a infiltração de água pluvial;
- d) deixar juntas de movimentação entre o muro de arrimo e as edificações existentes, para permitir movimentação suficientemente

capaz de mobilizar esforços nas peças da estrutura de contenção;

- e) finalmente, quando da presença de solo colapsível, é recomendável levar em consideração, no projeto, uma possível redução quanto à capacidade de carga das fundações, visto que, mesmo com todos os cuidados, é impossível garantir que durante toda a vida útil da obra não venha a ocorrer mudança no teor de umidade do solo de fundação do muro.

Referências

- AGNELLI, N. *Estudo da colapsividade do solo de Bauru através de provas de carga diretas*. 1992. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9061: *Segurança de Escavação a céu aberto*. Rio de Janeiro, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: *projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro, 1996.
- CARVALHO, D.; SOUZA, A. Análise do efeito do umedecimento do solo em fundações rasas e profundas em solos porosos. In: COBRAMSEF, 9, 1990, Salvador, *Anais...* v. 2, 1990, p.109-114.
- CINTRA, J. C. A. *Fundações em solos colapsíveis*. 1995. Tese (Livre-Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.
- FERREIRA, C. V. *Efeito da inundação do solo no comportamento de estacas, moldadas "in loco" instrumentadas, em campo experimental de Bauru-SP*. 1998. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- FERREIRA, C. V. *et al.* Correlações entre Parâmetros geotécnicos de um solo residual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 10, 1994, Foz do Iguaçu. *Anais...*, São Paulo ABEF/ABMS, 1994. p. 1213-1220.
- LOBO, A. S. *Colapsividade do solo de Bauru e sua influência em estacas de pequeno porte*. 1991. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

Received on July 28, 2003.

Accepted on November 11, 2003.