



## RESUMO

Árvores, argilas ativas e flutuações sazonais no lençol freático são muitas vezes os raízes dos problemas com fendas e recalques em edifícios. Os árvores são muito importantes no ambiente urbano, mas influenciam também negativamente nas construções. As vezes não é sempre a presença dos árvores que influi, pode até também ser a ausência. Explica-se a atuação e as funções principais do árvore, para melhor entender os mecanismos atrás as flutuações hidrológicas causadas pelos árvores. Para ter uma melhor ideia da grandeza da interferência de árvores vivos em construção civil, relatam-se vários casos. Principalmente são estruturas leves, tipo fundação direta e pavimento, que sofrem danos. O ambiente urbano é muito diversificado. Próximo de prédios o solo tende a ser alcalino, enquanto a poluição de queima de combustão emite ácidos, levando a um pH pequeno. Assim, o departamento florestal das prefeituras em cidades grandes tem que ser munidos com uma grande variação de plantas, para cada tipo de ambiente que surge. Estudou-se os árvores mais comuns em alguns cidades grandes brasileiras, Curitiba, São Paulo e Porto Alegre, e relata-se alguns tipos de árvores mais comuns. Informa-se sobre a largura de ramificação dos raízes, alturas correspondendo a certa idade e outra informação importante para a empresa que será envolvido na terraplenagem. Recomenda-se cuidados e procedimentos que podem ser tomados para eliminar problemas dos árvores. A meta deste trabalho é tentar encontrar um caminho equilibrado entre a mentalidade de arrasar qualquer vegetação que aparece a frente do trator de esteira, e a mentalidade que o ambiente é absolutamente intocável.

## Introdução

Árvores são as maiores plantas do mundo. Árvores sempre foram considerados como benefício ao homem. Os árvores absorvem calor, transpiram, purificam o ar e produzem oxigênio, oferecem sombra e reduzem radiação solar. Diminuem o pó, protegem contra vento e chuva. Benificam o espaço arquitetônico, dá vida e quebra a monotonia estática entre construções. Hospedem e alimentam pássaros e insetos, importantes elos na cadeia ecológica. Os raízes dos árvores protegem e asseguram o solo contra erosão.

## Na sombra do árvore

Árvores também têm desvantagens. Caiem e causam grande estrago, com feridos, mortes e danos materiais

na conta. Os raízes avançam longe do árvore e danificam instalações subterrâneas, por exemplo tubos de esgoto. Quebram pavimento em calçados e em ruas. As galhas encostam nas linhas de transmissão de energia e provocam curto-circuitos resultando em falta de luz. Também interferem na recepção das ondas das comunicações. Mas talvez a maior desvantagem dos árvores é a influência em estruturas leves, em fundações residenciais e em pavimentos. Estima-se que ao menos 50% das problemas de fundações são causados pelos árvores (Eastwood e Peverley).

## Atuação do árvore

Os árvores extraem do solo água com minerais dissolvidos. A partir do que o líquido entra pelos raízes será chamado *seiva bruta*. Sobem na floema, entre a casca e o câmbio. Nas folhas, a seiva bruta é transformada a seiva elaborada, através o processo de fotossíntese que adiciona dióxido carbônico e energia. A seiva elaborada pode agora alimentar todas as partes do árvore. Na queima de lenha e carvão ocorre o processo reversível, pois a cinza contém exatamente os minerais que foram extraídas do solo.

Na procura de água, os raízes do árvore estendem-se longe e implantam-se onde há maior umidade e acumulação de água, por exemplo abaixo de fundações e em emendas de instalações hidráulicas. Os raízes encontram muito rápido legumes pequenos de esgoto, e acabam a propagar radículas invadindo por dentro do tubo, diminuindo a área efetiva até entupindo ou quebrando o tubo. As radículas são os raízes pequenos de espessura de fio de cabelo, que estendem-se dos raízes. Eles aparecem e desaparecem conforme a disponibilidade de água.

Os raízes são o que mais rápido cresce no árvore, mas crescem apenas tão rápido que admite a quantidade e eficiência do fornecimento da energia das folhas. Quando o árvore passa a idade de 30 anos, normalmente desacelera a velocidade do crescimento.

O que talvez é menos conhecido, é o efeito oposto e dissecação, quando árvores está sendo removidos antes a terraplenagem e a situação hidráulica muda para ser mais saturado.

## Casos

Em Estados Unidos, após os anos -70, os estudos da influência dos árvores nas construções aumentaram conforme a preocupação dos custos enormes para consertar os estragos. Segundo Penman, 20% dos estragos de argilas ativas – que orçou-se a 6 bilhões

US\$ - são causadas pela atividade secante pelos árvores. Por exemplo, em Arlington, Texas, USA, notou-se que fundações próximo de carvalhos deslocaram-se verticalmente cada ano sazonalmente entre inverno e verão, entre 30 mm até 85 mm.

Em Houston, Texas, na época dos -50, mais do que 100.000 casas foram construídos em novos bairros sudoeste a cidade, em solo muito expansivo. Eram antigos campos de pasto, apenas com vegetação pobre. Os novos moradores começaram plantar árvores e quando cresceram ao tamanho maduro, a demanda de água chegou a secar os horizontes superficiais dos terrenos, e os problemas de recalques das casas surgiram.

Outro caso de Houston, também do início da década - 50, ocorreu no centro da cidade. Neste caso, tratava-se de um fenômeno de expansão. Casas antigas próximo do centro turístico viraram populares e foram procurados como residências. Em geral, as casas eram pequenas e os compradores solicitaram maior espaço, o que resultou que muitas foram aumentadas durante a reforma. Neste caso, foi removido um árvore de Pecan. Era 1952. Sinais de problemas de fundações surgiram após alguns anos e agravaram-se em 30 anos seguinte. Como fundação, usaram tubulões de 1m de diâmetro e de 3,30 metros de comprimento. Logo após os primeiros sinais de problemas, o prédio foi monitorado com topografia em 7 diferentes pontos. Durante os primeiros 6 anos, o levantamento seguiu um progresso linear, tendo 20 mm de levantamento por ano. Após 10 anos, a tendência declinou, mas ainda 30 anos depois era possível medir levantamentos da grandeza de 1 mm nos dois pontos mais próximos o antigo árvore de Pecan. Após 30 anos, o recalque diferencial foi estimado a 140 mm!

Também em Australia existe bastante de pesquisa.

### **Estruturas leves**

Falando de estruturas leves intencionamos principalmente pavimentos e fundações diretas em radier. Estas estruturas de pouca carga são projetadas em função de economia, risco, tipo de solo, forma de fundação e carga estrutural. Demais vezes, por falta de investimento correto no projeto, as fundações estão sendo sub- ou super-dimensionadas. Mesmo superdimensionada às cargas estruturais, um tal fundação pode também sofrer danos por influência de argilas ativas, por exemplo provocadas pelo árvores ignorados ou não existentes na época do projeto. Não existe projetos de fundação de risco zero. As mudanças no tempo são dificilmente monitoradas e tratadas com engenharia adequada.

Buckley propôs 1974 que árvores não devem ser plantadas mais próximo duma fundação do que a altura final do árvore. Foi baseado num estudo que mostra que quando a razão entre a distância D e a altura H do árvore está diminuindo do  $D/H < 1$ , aproximando-se ao zero, o gráfico de recalques sobe exponencialmente.

Quando uma construção “impermeável” está sendo colocado no subleito, a evaporação da umidade do solo está impedido. Se o solo está sendo secado durante a construção, a umidade vai acumular-se no centro da fundação, deixando as periferias mais secas. Durante as épocas secas, as radículas dos árvores vão estender-se para locais úmidos, acabando a tirar água abaixo das construções, e conseqüentemente, o solo adensa e retrai. A construção recalca.

### **Árvores brasileiros**

O pinheiro, o pinho do Paraná, também chamado Araucária Angustifolia, é um espécie da classe Coníferas, são árvores com folhas de formato de escamas ou agulhas perenes e geralmente resistentes a invernos rigorosos. Existem cerca de 400 espécies de coníferas conhecidas cuja maior parte constitui as grandes florestas no hemisfério norte que fornecem as madeiras moles mais empregadas na construção civil.

Os árvores com folhas largas e geralmente caducas (folhas de um ano), está dividido em dois ordens, as Monocotiledôneas e as Dicotiledôneas. A primeira inclui as famílias palmas e gramíneas (bambu), cuja utilidade maior é na produção de frutos. Os seus troncos não tem boa duração, são em geral pouco resistentes e tem baixa densidade, assim são pouco empregados na construção civil

As Dicotiledôneas são árvores que atendem bem a produção de madeira para marcenaria e construção civil. Comuns em Brasil são os espécies maçaranduba, peroba, jacarandá e mogno. Ainda mais comum neste grupo é o eucalipto, implantado da Australia, que é o árvore mais popular no reflorestamento em função da sua velocidade de crescimento e grande utilidade, principalmente na indústria de papel e fabricação de chapas de fibras de madeira.

### **Recomendações**

Seguem recomendações para execução de fundações acima de *argilas ativas*. Se existe incerteza do tipo de solo, ensaios devem sempre serem feitos. Para avaliar a profundidade de influência de raízes, sondagem até 10 metros de profundidade pode ser necessário, dependente da espécie e altura do árvore.

Estabilização do solo, utilizando sais químicos ou eletrosmos são soluções que altera as características da argila ativa, transformando-lo para ser mais inerte, mais granular.

Se o solo corre o risco de retrain, fenômeno em função de dissecação: Roat barrier. Irrigação.

Para expansão: Quando árvores são removidos, ou morrem, a sucção termina e o solo tende a saturar. Para estes casos, a fundação pode ser dimensionada para suportar o levantamento. Camadas expansivos agem tanta no base, como nas hastes das estacas. Sapatas devem ser colocadas abaixo da zona da influência de raízes dos árvores. Para quem tem planejamento em longo prazo e muito tempo disponível pode deixar o ambiente equilibrar-se, na maioria dos casos uma estação de chuva intensa é suficiente, mas para certas espécies de grande porte, em solos de baixa permeabilidade trata-se de anos antes de voltar a umidade equilibrada.

### Cuidados especiais

No Brasil, a legislação protege os árvores. Para resolver um problema incluindo árvores, é necessário informar os autoridades, normalmente IBAMA, e utilizar bom senso. Será que a legislação e as necessidades do construtor podem ser satisfeitos, às ambas das partes?

Temos um projeto, onde poupam-se os árvores. Quando o nível de terraplenagem está projetado num nível que não corresponde a nível de terra dos árvores, é importante agir com cuidado. Em aterros, o tronco deve ser envolvido com um construção, um “poço de ar”, para viabilizar respiração do tronco e dos raízes. Tal construção poderá ser feito encostando material granular junto ao tronco, numa largura variando do antigo superfície 5 vezes o diâmetro do tronco, até uma espessura final do anel envolvendo o tronco, igual do diâmetro do tronco.

Em cortes, temos o famoso pedestal que surge quando o construtor mostrou a grande vontade a satisfazer a legislação. Infelizmente, a vontade a satisfazer as necessidades do árvore não é do mesmo tamanho, e a periferia do pedestal acaba a perder solo, as raízes ficam desprotegidos, secam e acabam a não segurar o solo, que continua erodir... O matriz do solo com raízes tem que indispensavelmente ser confinado para evitar erosão, por exemplo através um muro de contenção circular em volta do pedestal.

Quando é atual a mudar um árvore de um local para outro, providências antecipantes devem ser tomadas. Cada árvore requer cuidados particulares para sobreviver uma mudança. Árvores acima de 30 anos não devem ser mudados. É importante estebelecer equilíbrio

entre a coroa e os raízes. Para desacelerar a propagação de radículas, o árvore pode ser podado, ao menos um ano antes a mudança. No outono, uma valeta em anel, no mínimo de diâmetro 1,50 m deve ser feito em torno do árvore. Raízes maiores ultrapassando a valeta serão cortados. O árvore deve ser mudado na primavera. Na mudança utiliza-se guincho. Se o árvore está mudado para um lugar exposto, por exemplo para ventos, escoramento será necessário, ao menos os primeiros 2 anos. Mudanças de árvores podem ser necessários para evitar cortar árvores preciosos ou para adiantar o paisagismo num novo projeto.

### BIBLIOGRAFIA:

DAVID E. EASTWOOD, RICHARD W PEVERLEY, 1999, *Development of design and remedial measures for lightly-loaded structures founded on expansive soils with trees in mind*

L.M. BURGER, H.G. RICHTER, 1991, *Anatomia da madeira*, Nobel, São Paulo, 154 p.

EJNAR WÁHLIN, LARS FORSBY, 1962, *Bygg BandV, Husbyggnadsplanering*, AB Byggmästarens Förlag, Stockholm.

A.D.M. PENMAN, *The influence of vegetation on the swelling and shrinkage of clays*, London, UK

JOÃO CÉSAR HELLMEISTER, *Madeiras e suas características*, São Carlos/ SP.

HARRY S. AUDELL, 1996, Geotechnical nomenclature and classification system for crack pattern in buildings, *Environmental & Engineering Geoscience*, Vol II, N.º 2, 1996, pp. 225-248.

ROBERT W. DAY, 1996, Lightly-loaded structures on expansive soil, *Environmental & Engineering Geoscience*, Vol II, N.º 4, 1996, pp. 589-595.

JOSÉ TADEU BALBO, 1997, Pavimentos asfálticos – patologias e manutenção, Editora Plêiade Ltda, São Paulo/SP.

ROBERT W. DAY, 1996, Study of differential and lateral movements of buildings, *Environmental & Engineering Geoscience*, Vol IV, N.º 1, 1998, pp. 117-123.

VATTENFALL, 1988, *Jord och Stenfyllningsdammar*, Vattenfall, 1988.

ALEXANDRE DUARTE GUSMÃO, 1994, Aspectos relevantes da interação solo-estrutura em edificações, *Solos e Rochas*, abril 1994, São Paulo, pp. 5

- SILVANO J. TREVISÁN, 1987, *Suggestion for a site investigation manual in active clays*, La Plata University, Buenos Aires
- JOSEPH E BOWLES, 1977, *Foundation Analysis and Design*, Tokyo, Japan
- YOUSRY M. MOWAFY, GUNTHER E BAUER, Prediction of swelling pressure and factors affecting the swell behaviour of an expansive soil, *Transportation Research Record 1032*
- MOHAMED A. EL SOHBY, SAYYED A. RABBA, OSSAMA MAZEN, Role of mineralogical composition in the activity of expansive soils, *Transportation Research Record 1032*
- EDWARD E. WHITE, *Foundation Engineering Handbook*, New York
- T.S. NAGARJ, B.R. SRINIVASA MURTHY, Rational approach to predict swelling behaviour, *Transportation Research Record 1032*
- G. WISEMAN, A. KOMORNIK, J. GREENSTEIN, Experience with roads and buildings on expansive clays, *Transportation Research Record 1032*
- J.W MITCHELL, *The design of raft footings on expansive soil*, The institution of engineers, 1985, Australia
- A. KOMORNIK, D. DAVID, *Prediction of swelling pressure of clays*, Journal of the soil Mechanics and foundations division, 1969
- H.D. SCHREINER, *Swelling of soils compacted dry of the plastic limit*, 6<sup>th</sup> International Conference on Expansive Soils, 1-4 Dez 1987, New Delhi, India
- A.D.M PENMAN, *The influence of vegetation on the swelling and shrinkage of clays*, 1984
- B.G. RICHARDS, Measurements of soil suction in expansive clays, *Civil Engineering transactions*, 1981
- B.V. RANGANATHAM B. SATYANARAYANA, A rational method of predicting swelling potential for compacted expansive clays
- M.L. PEREZ-REA, E. OLMOS-ROMERO, *Práctica de la Ingeniería de cimentaciones sobre suelos expansivos en México*, XI Congreso Panamericano de mecánica de Solos e de geotecnia, [PAN99], Foz do Iguaçu, 7p
- A.W. SKEMPTON, *The colloidal activity of clays*, University of London, England
- V. DAKSHANAMURTHY, V. RAMAN, A Simple method of identifying an expansive soil, *Soils and foundations*, Vol. 13, No.1, 1973, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering
- A.W. SKEMPTON, R.D. NORTHEY, 1977, *The sensitivity of clays*
- YOUSRY M. MOWAFY, GUNTHER E BAUER, FAHIM H. SAKEB, Treatment of expansive soils, *Transportation Research Record 1032*
- J.A. HOLLAND, D.A. CAMERON, Seasonal heave of clay soils, *Civil Engineering transactions*, 1981
- SILVANO J. TREVISAN, *Soil cracking and vertical movements-hydric regime relationship. Two case histories in Argentina*, 6<sup>th</sup> International Conference on Expansive Soils, 1-4 Dez 1987, New Delhi, India
- SILVANO J. TREVISAN, *Suggestions for a site investigation manual in active clays*, 6<sup>th</sup> International Conference on Expansive Soils, 1-4 Dez 1987, New Delhi, India