



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS  
18 a 20 de maio, 2016 - Everest Rio Hotel

## **Verificação da Influência da Interação Solo-estrutura nos Esforços Atuantes em Edifício Garagem Concebido sob Fundação Direta**

**Sofia Ximenes Lopes<sup>1</sup>, Gleicilene Bione Santos<sup>2</sup>, José Martins de França Neto<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP – DeVry Brasil / Departamento de Engenharia Civil / sofia\_ximenes@hotmail.com

<sup>2</sup>Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP – DeVry Brasil / Departamento de Engenharia Civil / gleicilenebs@gmail.com

<sup>3</sup>Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP – DeVry Brasil / Departamento de Engenharia Civil / jmf\_net@hotmail.com

### **Resumo**

A Interação Solo-Estrutura (ISE) consiste no mecanismo gerado a partir da interação dos três constituintes de um sistema estrutural de uma edificação: a superestrutura, convencionalmente constituída por lajes, vigas e pilares; a estrutura de fundação e o maciço de solo, no qual se assenta as fundações. Esse mecanismo provém da consideração das estruturas de fundação como elementos deslocáveis, devido ao caráter anisotrópico, heterogêneo e de propriedades singulares dos maciços de solo, admitindo-se suas deformações características. Apesar dos trabalhos sobre a influência dessa interação no comportamento dos esforços atuantes na estrutura, essa consideração ainda é incomum nos projetos estruturais que, em sua maioria, são concebidos considerando as fundações como “ind deslocáveis”, hipótese essa não condizente com a realidade. Este trabalho foi concebido no intuito de estudar os efeitos da ISE nos esforços atuantes nas edificações por conta da presença do solo, verificando-se as variações de esforços normais nos pilares, assim como, os esforços cortantes e momentos fletores nas vigas. Realizou-se uma modelagem computacional de um edifício garagem com fundação direta do tipo sapata isolada, considerando-se a princípio os apoios rígidos e ind deslocáveis e em segundo momento, a estrutura sofrendo influência da presença do solo com apoio flexível. O comportamento do solo foi adotado como sendo elástico linear conforme a hipótese de Winkler, sendo adotados dois tipos de solo: solo arenoso compacto e solo argiloso rijo, de modo a evidenciar as modificações impostas à estrutura pela presença da ISE e as variações desta para solos distintos. Os resultados obtidos apresentaram uma variação máxima da ordem de 55% para esforços normais nos pilares, assim como, 86% e 48% para momentos fletores e cortantes, respectivamente, nas vigas. Evidencia-se a importância da consideração da deformabilidade do solo, ainda que de forma simplificada, em substituição à hipótese de apoios ind deslocáveis nos projetos estruturais.

### **Palavras-chave**

Interação solo-estrutura (ISE); esforços normais em pilares; apoios ind deslocáveis; apoios deslocáveis.

### **Introdução**

As estruturas ou “esqueleto” da edificação caracterizam-se por serem as partes mais resistentes de uma construção, são elas que absorvem e transmitem os esforços a que estão sujeitas, esforços estes que são oriundos da sua constituição própria (peso próprio) e pelo fim



a que se destinam (cargas advindas do tipo de uso da edificação), sendo, essenciais para a garantia da segurança e da solidez de uma edificação.

Uma estrutura é formada por elementos estruturais, que combinados dão origem aos chamados sistemas estruturais. Nos sistemas atualmente empregados, são facilmente identificadas três partes responsáveis por garantir a estabilidade da edificação: a superestrutura (pilares, vigas e lajes), a estrutura de fundação ou subestrutura e o maciço de solo, no qual se assenta as fundações. Tem-se então a superestrutura suportando as ações provenientes dos carregamentos e do meio, que por sua vez são transferidas para as fundações da edificação, onde são descarregadas no maciço de solo.

De acordo com MOTA (2009), a interação dessas três partes gera o mecanismo denominado de Interação Solo-Estrutura (ISE), sendo caracterizado como um dos fatores que controlam o desempenho dos sistemas estruturais dos edifícios e, que na maioria das vezes é desprezado, sendo esta interação diretamente influenciada pela rigidez relativa entre o solo e a estrutura, o número de pavimentos, o efeito tridimensional do pórtico, o processo construtivo adotado, a forma de planta da edificação e a deformabilidade deste.

Nos escritórios especializados em cálculo estrutural, é comum o engenheiro de estruturas supor os apoios como sendo indeslocáveis. Desse modo o projeto estrutural resulta em reações verticais, horizontais e momentos fletores que são passados ao engenheiro responsável pelas fundações, para que este a projete de modo que os deslocamentos do solo sejam compatíveis com os da estrutura já calculada, não ocasionando danos que comprometam a estabilidade, a utilização e a aparência estética desta, ou seja, os “apoios indeslocáveis” deverão possuir comportamento rígido e indeslocável.

No entanto, a hipótese dos apoios indeslocáveis não condiz com a realidade, tendo em vista que as fundações estão apoiadas no maciço de solo, que de acordo com VELLOSO e LOPES (2004), trata-se de um material natural sobre o qual pouco se pode atuar, devendo aceita-lo como é apresentado na natureza, com suas propriedades e comportamentos específicos que muitas vezes se diferenciam daquele comportamento suposto pelo engenheiro de estruturas no início do processo de cálculo.

Desse modo, segundo SOUZA e REIS (2008), as fundações tidas como indeslocáveis no início da análise, terminam por apresentar comportamento variável, tendo em vista a heterogeneidade vertical e horizontal do maciço de solo no qual está apoiado. Com isso, estas fundações, devido à deformação do solo, solicitam a estrutura, normalmente hiperestática, com novas variáveis de carregamentos; e como essas estruturas são diferentes das fornecidas pelo modelo de apoios indeslocáveis, modificam-se assim todos os esforços atuantes na estrutura, bem como as cargas que descarregam no solo, tornando obsoleto o modelo projetado inicialmente, se distanciando cada vez mais da realidade da física e conseqüentemente, podendo vir a comprometer a estabilidade global da edificação.

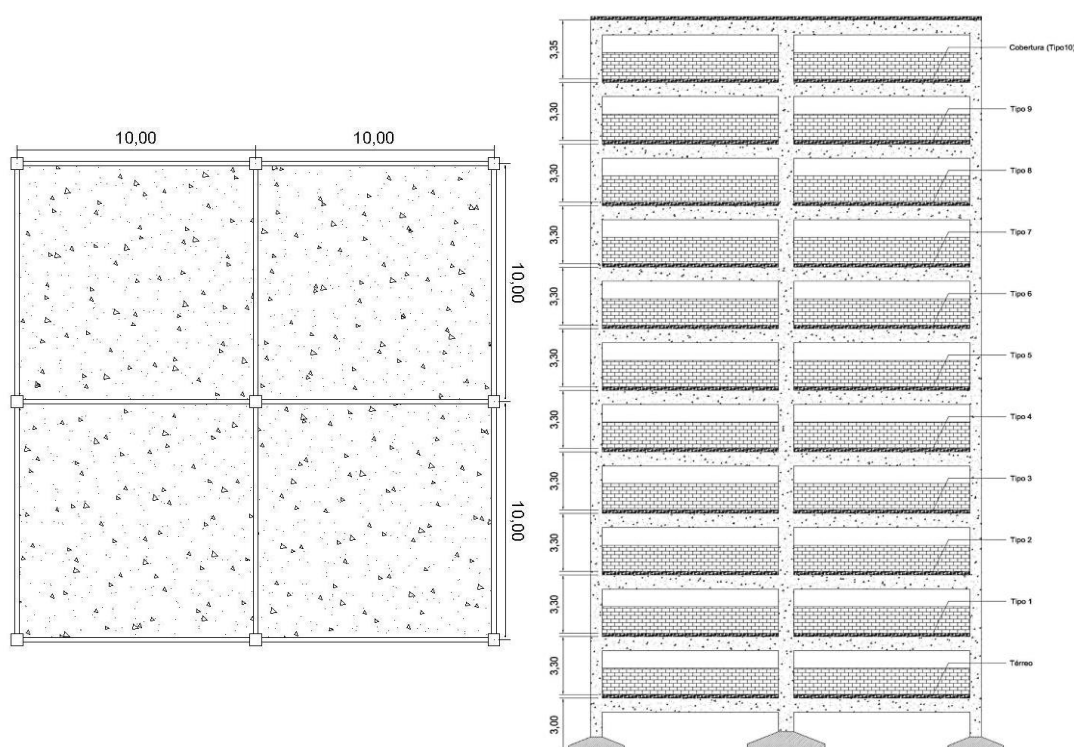
Com base nas definições acerca das considerações dos apoios tidos como deslocáveis, este trabalho se propõe a avaliar o quanto a adoção do estudo da Interação Solo-Estrutura e sua implementação no cálculo estrutural poderá interferir nos esforços internos de uma estrutura e conseqüentemente na sua estabilidade.

## Metodologia

Para a realização deste trabalho, inicialmente optou-se por modelar, em um *software* de dimensionamento e análise estrutural, uma edificação aporricada em concreto armado do tipo

garagem, constituída por dez pavimentos tipo e um pavimento térreo, possuindo planta quadrada, dotado de guarda-corpo de alvenaria, em todo seu entorno com altura igual a 1,50 m, apresentando lajes do tipo nervurada, com cubetas quadradas de 80 cm x 80 cm, e pé direito igual a 3,30 m. Foi obedecido às especificações da NBR 6118:2014 no que diz respeito ao cobrimento de peças, sendo considerada a classe de agressividade ambiental do tipo II. Para o carregamento das lajes foram adotadas as considerações da NBR 6120:1980, sendo desconsideradas as ações provenientes do esforço do vento e empuxos de terra, assim como as ações advindas do efeito construtivo.

Na figura 1, apresenta-se a planta de forma da edificação, bem como sua fachada lateral. A estrutura se apoia em fundações do tipo sapata isolada, com solo modelado segundo a hipótese do modelo de Winkler, método esse consagrado pela literatura para realização de estudos sobre a interação solo-estrutura, admitindo, a partir do mesmo, o solo como sendo um material isotrópico e homogêneo, representado como um sistema de molas linearmente elásticas e independentes entre si, considerando a deformação da fundação confinada somente nas regiões carregadas, devido ao carregamento aplicado (CRESPO, 2004; SILVA, 2006).



**Figura 1 – Planta e fachada lateral da edificação modelada (Cotas dadas em metro).**

Para esse trabalho foram escolhidos dois tipos de solos distintos entre si: o solo arenoso compacto e o solo argiloso rijo, com o intuito de analisar os efeitos da interação solo-estrutura para diferentes tipos de solo e, ainda, quantificar a influência das rigidezes dos maciços nos esforços internos da estrutura. A tabela 1 demonstra as especificações dos solos adotados, segundo a literatura existente.



**Tabela 1 – Propriedades dos tipos de solos adotados na modelagem.**

Propriedade	Solo Arenoso Compacto	Solo Argiloso Rijo
Coef. de reação vertical	42.000 KN/m <sup>3</sup>	24.000 KN/m <sup>3</sup>
Tensão admissível	0,4 MPa	0,2 MPa
Módulo de elasticidade	70 MPa	33 MPa
Coef. de Poisson	0,35	0,20
Ângulo de atrito interno	35°	-
Coesão	-	75 KN/m <sup>3</sup>
Peso específico	19 KN/m <sup>3</sup>	19 KN/m <sup>3</sup>

A edificação foi inicialmente modelada possuindo apoios indeslocáveis, ou seja, suas fundações foram travadas, de modo a não existirem deslocamentos verticais e horizontais, e em segundo momento foram adicionados, ao modelo indeslocável, os parâmetros correspondentes aos solos citados, submetendo a mesma estrutura do modelo indeslocável às outras duas situações, para realização da devida comparação e análise.

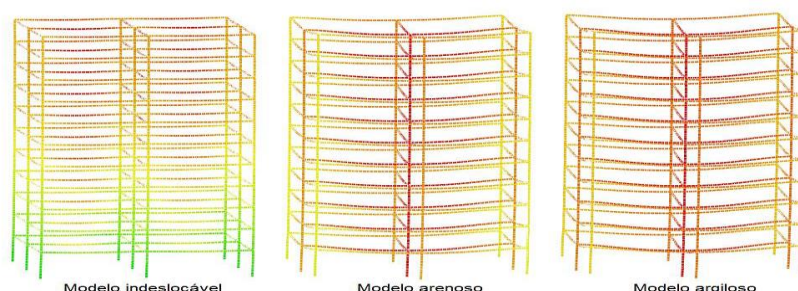
De modo a simplificar a análise, optou-se por analisar apenas as deformações imediatas do solo, desprezar os recalques horizontais do maciço, por não possuírem valores significativos quando comparado com o recalque vertical, e não considerar a rigidez das lajes na análise do pórtico espacial.

### Análise dos Resultados e Conclusões

Apresentam-se, a seguir, os resultados observados neste trabalho, de modo a evidenciar as variações ocorridas nas estruturas devido à presença da interação solo-estrutura (ISE).

De início, deve-se evidenciar que os solos tratados, foram considerados como sendo homogêneos. Desse modo, o coeficiente vertical adotado foi igual para todas as sapatas que compõem a fundação, variando apenas de um modelo computacional para outro.

Nesse estudo têm-se três estruturas distintas: o modelo indeslocável, com fundações rígidas, o modelo arenoso e o modelo argiloso. Observa-se na figura 2 os diagramas da estrutura deslocada para cada modelo citado e analisado.



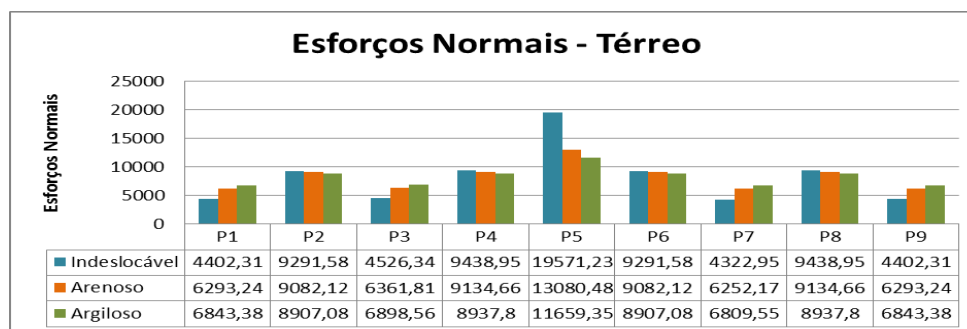
**Figura 2 – Diagrama das edificações para cada modelo simulado.**

Nesse trabalho serão abordados todos os pilares da edificação para os pavimentos térreo, tipo 5 e cobertura, a fim de se obter uma melhor visualização dos efeitos da interação, assim como as vigas V1 e V2, haja vista a simetria da planta da edificação, e conseqüentemente dos esforços internos destes. Serão apresentados os esforços normais dos pilares, os momentos fletores e os esforços cortantes das vigas.

Na análise dos pilares, foram verificadas diversas modificações impostas à estrutura pela mudança do tipo de solo e pelo acréscimo da interação solo-estrutura ao modelo da edificação.

Inicialmente observam-se os esforços normais atuantes nos pilares, ressaltando o fato de que estes sofreram modificações significativas de tal modo que não possuíam seções satisfatórias para suportar os novos esforços internos gerados pela redistribuição dos esforços. O gráfico ilustrado na figura 3 retrata um comparativo inicial entre os esforços normais para cada pilar do pavimento térreo.

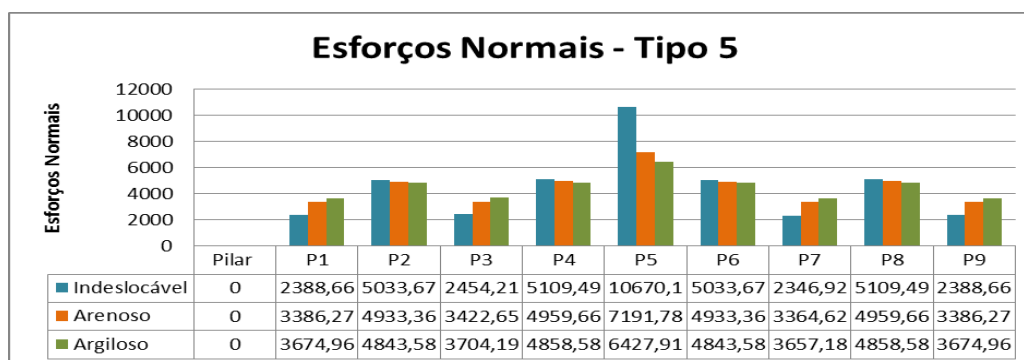
Nesse trabalho serão apresentados os comportamentos de todos os pilares da estrutura, de modo a visualizar as diferenças de magnitudes entre pilares simétricos, causadas pela consideração das imperfeições globais da estrutura e pelos processos de cálculo adotado pelo *software*, sendo notáveis pequenas variações entre os pilares simétricos P1, P3, P7 e P9, e entre os pilares P2, P4, P6 e P8, para todos os pavimentos da edificação.



**Figura 3 – Esforços normais (em kN) nos pilares no pavimento térreo.**

Vê-se que, para o cenário indeslocável, há picos de esforços no pilar de centro P5 e nos pilares de extremidade P2, P4, P6 e P8, em comparação com os esforços atuantes nos pilares de canto P1, P3, P7 e P9. Comparando este, com os outros cenários adotados (arenoso e argiloso), percebe-se um balanceamento de cargas, entre os pilares da edificação, fato que corrobora a ideia de uma redistribuição dos esforços internos da estrutura. Percebe-se ainda que, para o cenário argiloso, houve uma redistribuição maior das cargas da edificação.

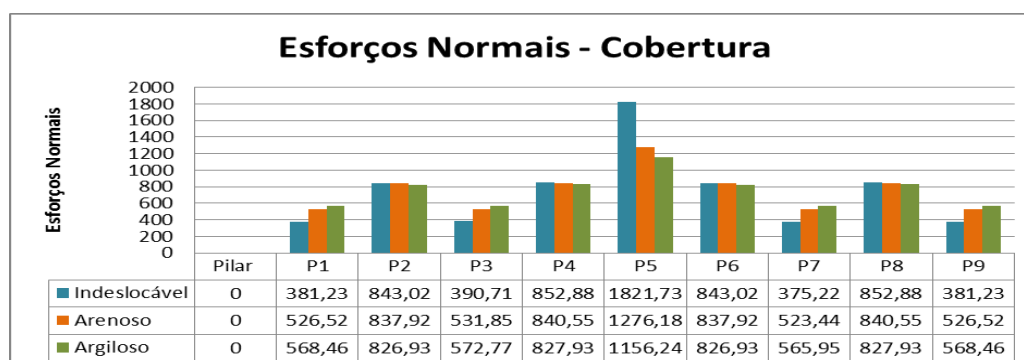
Não sendo satisfatório o estudo de apenas um pavimento da edificação para a real análise do balanceamento destes esforços, optou-se por analisar outros pavimentos da edificação, a saber: o pavimento tipo 5 e a cobertura. Desta foram tirados os gráficos, ilustrados nas figuras 4 e 5.



**Figura 4 – Esforços normais (em kN) nos pilares no pavimento tipo 5.**



No gráfico da figura 4 percebe-se que a redistribuição dos esforços na estrutura continuava presente, mesmo variando o pavimento em estudo. Nota-se ainda, que o gráfico citado possuía as mesmas características apresentadas no gráfico da figura 3. E, por fim, de modo a dirimir quaisquer dúvidas acerca dos efeitos causados pela Interação Solo-Estrutura (ISE) nas variações de esforços normais aos pilares da edificação, temos o gráfico ilustrado na figura 5, que consta os esforços normais para os pilares que sustentam as vigas e consequentemente, as lajes da cobertura.



**Figura 5 – Esforços normais (em kN) nos pilares no pavimento de cobertura.**

Com base nessas três análises é possível verificar o alívio significativo sofrido pelo pilar intermediário P5, e os pequenos alívios aplicados aos pilares de extremidade, P2, P4, P6 e P8, verificando-se o aumento do carregamento dos pilares de canto, P1, P3, P7 e P9, sendo essa observação feita para o pavimento tipo 5 e para a cobertura. Desse modo, percebe-se que a presença do solo interfere diretamente nos esforços normais da estrutura como um todo, de modo proporcional, ficando evidente que a interação afeta não apenas um pavimento da edificação, mas toda ela, tendo em vista que toda a estrutura é afetada pela deformabilidade do solo em questão.

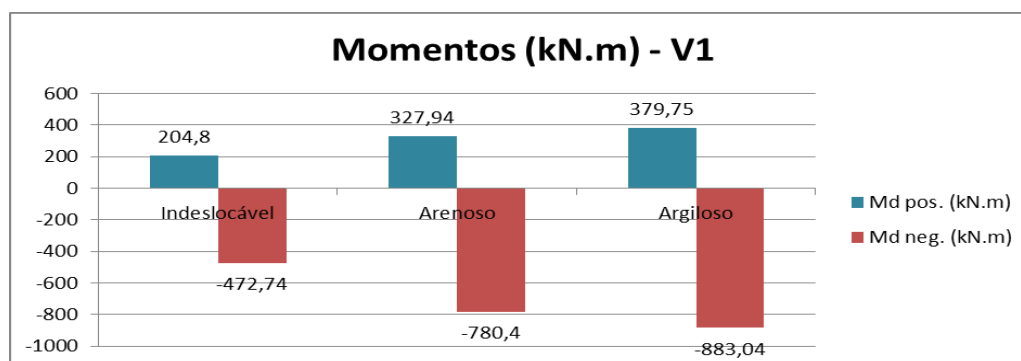
É possível dizer, ainda, que quanto mais deformável é o solo, maior será a tendência de redistribuição de cargas e consequentemente menores serão as diferenças nos esforços normais sofridos pelos pilares, quando comparados uns com os outros, havendo consequentemente uma tendência de uniformização das cargas, em toda a estrutura, como já citado por GUSMÃO (1990) e MADUREIRA et al. (2000).

Analisando os meios que favoreceram a redistribuição de esforços, devemos salientar que, conforme citado por BARATA (1986) e GOSHY (1978) apud PORTO (2010), uma edificação que possui planta quadrada, aliada a quantidade de pavimentos adotados, termina por ter sua rigidez aumentada e consequentemente, tende a uma maior tendência à uniformização dos esforços estruturais.

De um modo geral, o pilar P5 teve um alívio nos esforços normais de 33,16% para o solo arenoso e de 40,43% para o solo argiloso; os pilares de extremidade obtiveram, em média, um alívio de 2,74% para o cenário arenoso e de 4,72% para o argiloso, e os pilares de canto obtiveram uma média de acréscimo de esforços normais de 42,77% para o arenoso, e de 55,21% para o argiloso. Esses acréscimos terminaram por ocasionar a não conformidade dos pilares P1, P3, P4, P7, P8 e P9 para os modelos arenoso e argiloso, tendo em vista que as mesmas seções utilizadas inicialmente, no modelo indeslocável, não foram suficientes para atender os esforços solicitantes nos modelos seguintes.

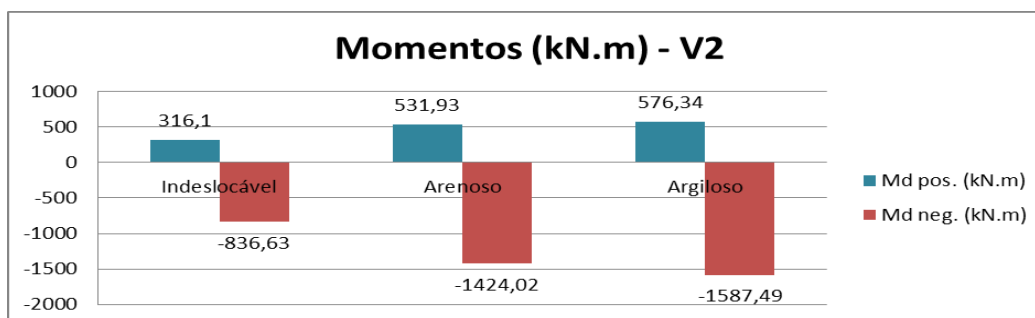
Na análise das vigas, procurou-se verificar quaisquer mudanças nos momentos fletores e cortantes da edificação. De início, percebeu-se que todas as vigas possuíam seções satisfatórias para resistir aos esforços resultantes da deformidade do solo, tanto para o modelo arenoso, como para o modelo argiloso. Desse modo, deu-se início as verificações, optando-se por analisar as vigas V1 e V2.

No pavimento térreo, já são perceptíveis as modificações ocasionadas às vigas pela presença do solo, tendo em vista que os esforços destas variam para cada modelo de cálculo utilizado. Pode-se observar, no gráfico apresentado na figura 7, as diferenças nos momentos fletores máximos para a viga V1, em cada cenário adotado, no qual observa-se também, que há um acréscimo de momento à medida que o solo se torna suscetível a deformações. Em outras palavras, quanto mais deformável o solo, maior tenderá a um aumento de momentos fletores na edificação.



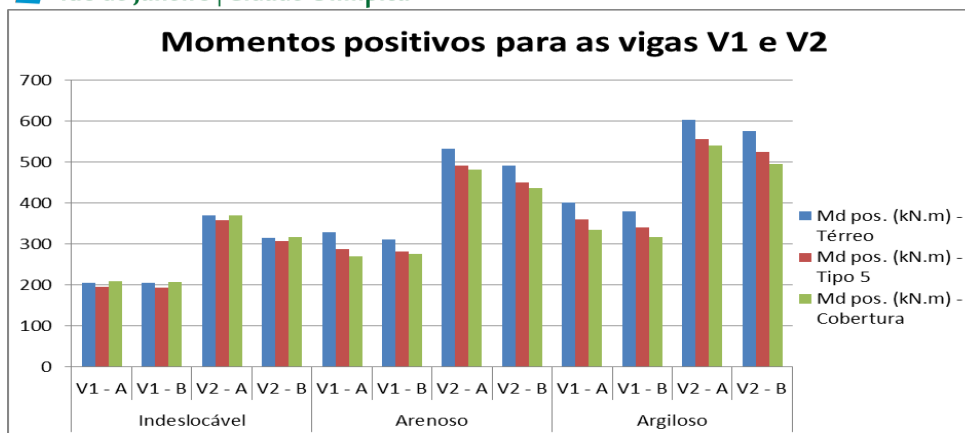
**Figura 7 – Momentos fletores na viga V1 no pavimento térreo.**

Para fins de comparação, faz-se uso do gráfico ilustrado na figura 8, que consiste nos momentos fletores acometidos a viga V2, para o modelo indeslocável, arenoso e argiloso.



**Figura 8 – Momentos fletores na viga V2 no pavimento térreo.**

De modo a analisar a variação dos momentos fletores nas vigas, ao longo da edificação, optou-se por analisar os momentos fletores positivos nos pavimentos térreo, tipo 5 e cobertura, para melhores entendimentos nas variações acometidas a estrutura pela presença do solo deformável. Tem-se, então, no gráfico da figura 9, que mostra a variação dos momentos fletores nas vigas V1 e V2 para esses pavimentos.

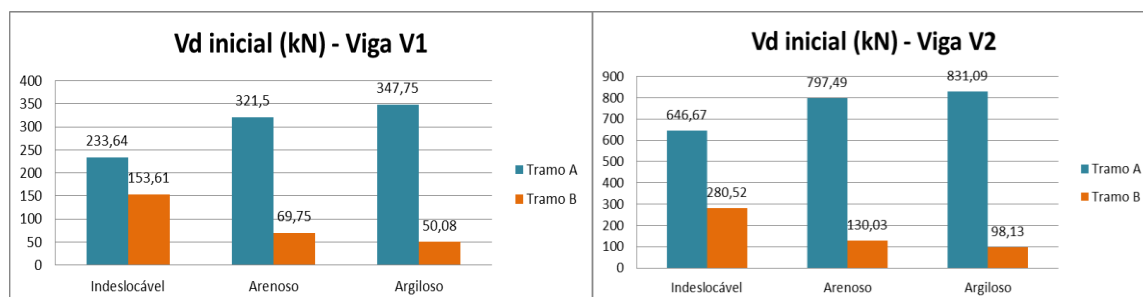


**Figura 9 – Variação dos momentos positivos para cada tramo das vigas V1 e V2.**

Percebe-se, que para os modelos arenoso e argiloso, há uma diminuição dos momentos fletores das vigas a medida que aumenta o número de pavimentos, corroborando com as afirmações acerca da influencia da rigidez da estrutura e na redistribuição dos esforços na edificação, conforme GUSMÃO (1994), MENDONÇA e AOKI (2000) e GOSHY (1978) apud PORTO (2010). Deve-se salientar ainda, que, comparando a magnitude dos momentos, para cada modelo, pode-se evidenciar que estes tendem a aumentar a medida em que cresce o fator de deformabilidade do solo.

Em linhas gerais, houve uma média de acréscimo de 62,60% para a viga V1, no cenário arenoso e acréscimo de 86,11% para o cenário argiloso. Para a viga V2, houve um acréscimo médio de 69,24% para o modelo arenoso e de 86,04% para o modelo argiloso.

Em se tratando dos esforços cortantes nas vigas estudadas (V1 e V2), pode-se observar nos gráficos da figura 10, os esforços cortantes iniciais, do pavimento térreo, sendo realizado um comparativo para cada um dos solos adotados.



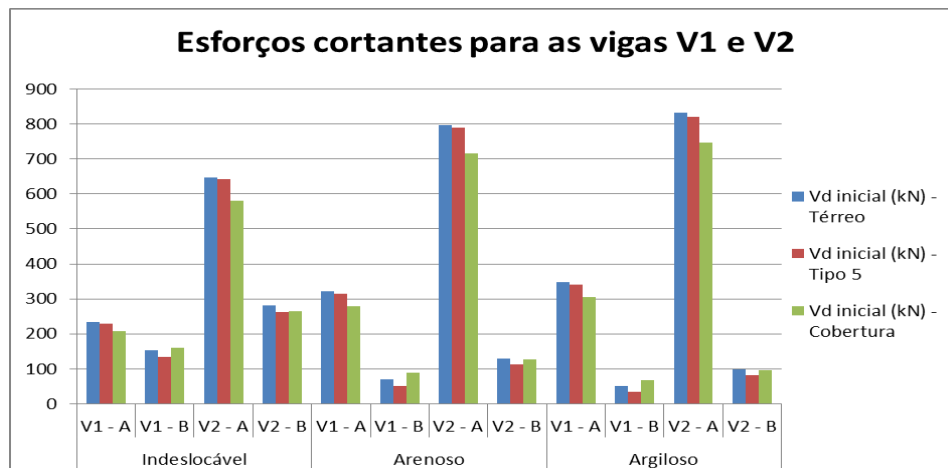
**Figura 10 – Esforço cortante nas vigas V1 e V2 no pavimento térreo.**

Torna-se fácil visualizar o aumento no esforço cortante para os solos arenoso e argiloso, sendo ocasionada pela redistribuição de esforços imposta a estrutura indeslocável. Em termos gerais, para o cortante inicial do tramo A da viga V1 houve um acréscimo médio de 37,60% para o solo arenoso, e de 48,84% para o solo argiloso; para a viga V2, percebeu-se acréscimos de esforços de 23,32% e de 28,52%, para o modelo arenoso e argiloso respectivamente, em relação ao modelo indeslocável.

Sequencialmente, realiza-se uma comparação entre os esforços cortantes para os três modelos de cálculo, como já realizado para o momento fletor, levando em consideração as variações ao



longo da estrutura, temos então o gráfico ilustrado na figura 11, que apresenta o cortante inicial das vigas V1 e V2 para cada tramo (A e B).



**Figura 11 – Esforços cortantes para cada tramo das vigas V1 e V2.**

Percebe-se que para o tramo B de cada viga, para os pavimentos tipo 5, há a presença de um cortante menor em comparação com os da cobertura, isso se dá pelo fato de que para os cortantes iniciais do tramo B referem-se ao ponto onde se encontra a junção pilar-viga, ocasionando uma influência significativa nas rigidezes relativas, aumentando-a ou diminuindo-a ao longo da estrutura, tendo em vista a ligação adotada entre vigas e pilares (engastado). Desse modo percebe-se que para esse tramo B há para os pavimentos inferiores um decréscimo de rigidez relativa, e para os pavimentos superiores há um acréscimo de rigidez, tendo em vista a presença de rigidezes distintas ao longo dos pavimentos. No entanto, apesar de ser um fato observado ao longo da edificação, o importante a ser ressaltado aqui é a modificação nos esforços cortantes das vigas. É evidente que o modelo arenoso possuiu modificações menores que o modelo argiloso comprovando, assim, o fato de que quanto mais deformável for o solo, maior será a redistribuição dos esforços internos em cada elemento estrutural. Deve-se ressaltar aqui que, para os tramos A das vigas, os cortantes iniciais apresentaram um aumento crescente à medida que aumentava a deslocabilidade do solo, porém, os tramos B (meio da viga) apresentaram um cortante decrescente quando comparado com os esforços do modelo indeslocável, o modelo arenoso e o modelo argiloso.

Por fim, com a realização deste trabalho foi possível verificar que o solo exerce uma influência considerável no que se diz respeito à distribuição de esforços internos nos elementos estruturais.

Mesmo tendo sido adotado diversas simplificações para as modelagens, o estudo realizado mostrou-se compatível com as análises realizadas por outros autores, ou seja, que a deformabilidade do solo, nos projetos estruturais termina por ocasionar uma redistribuição significativa dos esforços internos da estrutura, de modo que ocasiona mudanças consideráveis no dimensionamento das peças estruturais, tendo em vista que, em algumas situações foram verificadas. Para os esforços normais dos pilares da edificação, acréscimo acima de 40%; para as vigas houve acréscimo de mais de 60% para os momentos fletores e mais de 30% para os cortantes iniciais. As mudanças perceptíveis estão diretamente relacionadas à deslocabilidade do solo e a rigidez da estrutura modelada, conforme apresentado no trabalho.



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS  
18 a 20 de maio, 2016 - Everest Rio Hotel

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.
- ANTONIAZZI, J. P. Interação solo-estrutura em edifícios com fundações superficiais. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2011.
- BARATA, F. E. Recalques de Edifícios sobre Fundações Diretas em Terrenos de Compressibilidade Rápida e com a Consideração da Rigidez da Estrutura. Tese (Concurso para Professor Titular do Departamento de Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.
- CHRISTAN, P. Estudo da interação solo-estaca sujeito a carregamento horizontal em ambientes submersos. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.
- CRESPO, V. A. de S. Estudo da sensibilidade de edificações em relação ao solo. Dissertação. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2004.
- GUSMÃO, A. D. Aspectos relevantes da interação solo estrutura em edificações. *Rev. Solos e Rochas*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 47-55, 1994.
- GUSMÃO, A. D. Estudo da interação solo-estrutura e sua influência em recalques de edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.
- MADUREIRA, E. L.; BEZERRA, J. E. Influência da Interação Solo-Estrutura na Distribuição de Cargas em Pilares. Seminário de Engenharia de Fundações Especiais - SEFE IV. v. 2, p. 178-184, São Paulo, 2000.
- MENDONÇA, J. C.; AOKI, N. Sistema Computacional Orientado a Objetos para Análise de Interação Solo-Estrutura de Edifícios em Fundações Profundas. IV SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS - SEFE, 4., v. 2, p. 262-270, São Paulo, 2000.
- MOTA, M. M. C. Interação solo-estrutura em edifícios com fundação profunda: método numérico e resultados observados no campo. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- PORTO, T. B. Estudo da interação de paredes de alvenaria estrutural com a estrutura de fundação. Dissertação (Pós-graduação em engenharia de estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.
- SILVA, N. U. P. Análise de Tensões Verticais em Edifícios de Alvenaria Estrutural Considerando a Interação Solo-Estrutura. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- SOUZA, R. A.; REIS, J. H. C. Interação solo-estrutura para edifícios sobre fundações rasas. *Acta Sci. Technol.*, Maringá, v. 30, n. 2, p 161-171, 2008.
- VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. Fundações, v.1: critérios de projetos: investigação de subsolo: fundações superficiais. São Paulo: Oficina de textos, 2004.