

Análise Numérica de Estrutura de CONTENÇÃO Grampeada do Tipo Estaca Justaposta

Clecius Nerby Alves da Rocha

UniCEUB, Brasília, Brasil, clecius.nerby@gmail.com

RESUMO: Ultimamente com a crescente ocupação das áreas urbanas, criou-se uma necessidade de aproveitar melhor os espaços. Uma das soluções encontradas foi a criação e utilização dos subsolos. Esta alternativa, apresentada pelas empresas de engenharia, fez com que obras de contenção do solo ficassem cada vez mais frequentes e obrigatórias nos projetos das edificações. O presente trabalho tomou como parâmetro o estudo destes projetos, especificamente o realizado com estacas justapostas grampeadas. Escolhido para análise uma obra localizada no Setor de Indústria Gráfica (SIG) quadra 01 lotes 685 e 705 – Brasília DF, e tem a composição de 3 subsolos, 1 pavimento térreo e 2 superiores tipo, totalizando uma área de 4.500 m². Para fins de projeto, as contenções foram divididas em trecho, sendo os mais críticos o Trecho A e o EPIG, sendo estes, objeto de estudo deste trabalho. A contenção do trecho A e EPIG consistem em estacas justapostas de 60 e 70 cm, respectivamente, com profundidade de 26 metros, possuem 8 linhas de grampos de 25 cm de diâmetro. As primeiras linhas de grampos foram perfuradas com a perfuratriz TM 300 e preenchidas com concreto auto adensável. Para a análise deste projeto de contenção foi necessário o uso de ferramentas que contemplem a análise de construção em camadas, para simular o processo construtivo, a deslocabilidade das estruturas, a presença de elementos estruturais como estacas e grampos. Por este motivo foram selecionados os programas: GEO-FEM e GEO-Studio. Foram feitas análises nestes programas e comparações entre os resultados da simulação numérica, apresentado assim aspectos interessantes e satisfatórios sobre o comportamento real da obra, concluindo que a metodologia apresenta por essa comparação é uma ferramenta decisiva para a elaboração de projeto de estruturas e de contenção considerando a deslocabilidade das estruturas e melhor definição do custo da obra. Outro aspecto que merece destaque refere-se à importância de se realizar ensaios geotécnicos para dimensionar obras de contenção.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Grampeado, GEO-FEM, GEO-STUDIO, Análise Numérica.

1 INTRODUÇÃO

Os registros mais antigos de obras de contenção apontam para muros de alvenaria de argila contendo aterros na região sul da Mesopotâmia (Irã) construídos por sumerianos entre 3.200 e 2.800 a.C. Obras construídas seguindo preceitos de engenharia moderna começaram a surgir apenas no início do século XVIII, fruto de trabalhos de engenheiros franceses.

De fato, a engenharia moderna de obras de contenção iniciou-se com o trabalho de Coulomb publicado em 1776, sobre regras de máximos e mínimos aplicadas a estrutura de

arrimo, o que causou enorme impacto na concepção destas estruturas. O desenvolvimento desta ciência, naquela época, foi motivado pela expansão colonizadora europeia, iniciada no século XVI, que requereu a construção de diversas estruturas de defesa e fortificações militares, em locais e terrenos os mais variados possíveis, em quase todos os continentes da Terra.

Foram esses tipos de estrutura as primeiras obras introduzidas no Brasil no século XVIII (fortes costeiros) e que tiveram seu uso expandido para obras portuárias e contenções urbanas no século XIX, na Bahia e no Rio de

Janeiro, com a vinda da Corte Portuguesa. A difusão deste tipo de estrutura no Brasil só iria ocorrer no século XIX, com a expansão das obras ferroviárias particulares (Imperial Estrada de Ferro de Petrópolis, 1854) e estatais (Companhia Estrada de Ferro Dom Pedro II, 1864). (ABMS/ABEF, 1997).

Obras de contenção do terreno estão cada vez mais presentes nos projetos de engenharia devido à crescente ocupação das áreas urbanas, realizadas para melhor aproveitar os espaços.

Está frequente a criação e utilização de subsolos para estacionamento em edifícios urbanos. Escavações são geralmente realizadas na vertical e precisam de reforço para manterem seu equilíbrio nessa nova configuração. Por esse motivo, a contenção é feita pela introdução de uma estrutura ou de elementos estruturais compostos, que apresentam rigidez distinta do solo contendo-o.

As estruturas de contenção em balanço do tipo “estacas justapostas” são obras utilizadas quando o nível de escavação não ultrapassa 5 metros. Ultrapassando este limite, o comprimento da ficha da estaca, para garantir o equilíbrio com uma margem de segurança adequada, passa a ser grande, tornando-se, assim, economicamente inviável nos dias atuais. Portanto, faz-se necessário a inclusão de elementos estruturais de reforço. Uma técnica utilizada nas grandes cidades é a de se utilizar grampos passivos nas estruturas de contenção, ancorando-as.

Os grampos são elementos estruturais de reforço em solos. A técnica de solo grampeado, tem origem na França como uma extensão do Novo Método Austríaco de Túneis (NATM). O conceito fundamental do solo grampeado é reforçar o terreno com inclusões passivas pouco espaçadas com a finalidade de introduzir resistência à tração e ao cisalhamento do solo. A técnica do solo grampeado é de custo relativo baixo, fácil instalação e, geralmente, essas escavações são temporárias para a construção de edifícios que utilizarão o subsolo para estacionamento de veículos.

A estrutura de contenção grampeada foi construída no Setor de Indústrias Gráficas – SIG Quadra 01 Lotes 685 e 705 – Brasília DF, totalizando uma área de 4.500 m² com dimensões de 150 m por 30 m conforme a Figura 1.

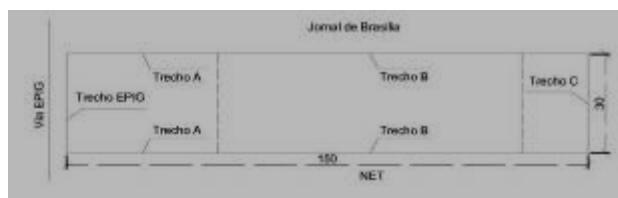


Figura 1 - Local em destaque da obra no Setor de Indústrias Gráficas, Brasília D.F. Fonte: Google Earth 2014.

O empreendimento objeto deste trabalho possui três subsolos, um pavimento térreo e dois superiores. Para executar o subsolo, foi preciso fazer uma escavação que variou de 14 m a 19 m (de quatorze a dezenove metros). Para tal escavação com segurança, foi preciso executar um projeto de contenção.

O projeto de contenção foi desenvolvido pela empresa Mísula Engenharia LTDA. Esta empresa destaca-se pela atuação na área de fundação, sondagens, contenções, projetos e reforços estruturais.

O projeto de contenção foi dividido em quatro trechos, sendo estes: A, B, C e EPIG, como demonstra a Figura 2. Esta distinção foi realizada apenas para fins de projeto, devido ao extenso comprimento do lote supracitado.



2 ESTUDO DE CASO: OBRA LOCAL

Figura 2 - Esquema das divisões dos trechos das contenções.

O projeto das cortinas de contenção com estacas justapostas obteve uma variação em vários parâmetros devido as condições de carregamento diferentes nos trechos. Os mais críticos são o Trecho A e EPIG, sendo estes, o objeto de estudo deste trabalho.

2.1 Projeto de Contenção

O Trecho A é composto por estacas com profundidades maiores, devido ao desnível do terreno, já o Trecho EPIG, além do desnível acentuado, está localizado em frente a pista Estrada Parque Indústria Gráfica (EPIG) que possui intenso tráfego de caminhões e de carros na pista, principalmente no horário de pico, das 7h às 9h e das 17h às 19h e devido a este fato, necessitou de estacas com profundidades e diâmetros maiores.

O diâmetro das estacas no Trecho A, é de 60cm espaçadas a cada 1m e as profundidades variam por volta de 26m, diferente do trecho EPIG que as estacas são de 70cm espaçadas a cada 1,10m com profundidade de 26m. Considerando todos os trechos, as estacas têm uma profundidade que variam de 19m à 26m. A ficha delas altera de 5 à 7m, dependendo do trecho.

As estacas foram escavadas mecanicamente com a utilização de uma perfuratriz montada sobre caminhão (perfuratriz TM 300). Esta máquina possui as seguintes características: 140hp de potência instalada, 4.000Kgm de torque máximo, 25rpm de rotação máximo de perfuração, 80rpm de rotação de descarga, 8.000Kg de força de extração do guincho, 13.000g de “pull down force” (Força de empuxo axial efetivo).

De acordo com as especificações do projeto, as estacas deverão ser escavadas e concretadas alternadamente, para evitar desmoronamento e entupimento das mesmas na hora da execução. O concreto da estaca deve ter F_{ck} de 20Mpa e a brita utilizada foi a 0.

2.1.1 Detalhamento das Estacas

No Trecho A e EPIG as armaduras das estacas foram executadas de maneira distintas, devido aos esforços solicitantes. Estas foram armadas do início ao final com enrijecedores a cada 6 m mudando apenas as configurações das barras de aço de acordo a Figura 3 e a Figura 4, respectivamente. A Figura 5 mostra o detalhamento dos enrijecedores.

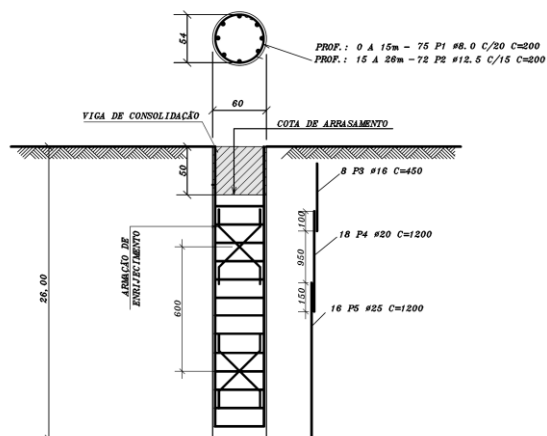


Figura 3 1 - Detalhe da Armação da Estaca no Trecho A

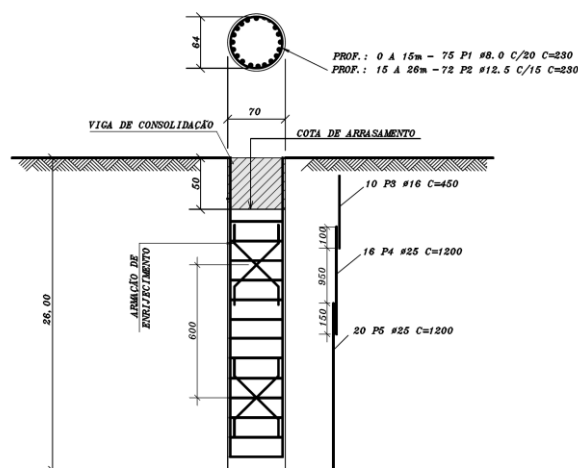


Figura 4 - Detalhe da Armação da Estaca no Trecho EPIG

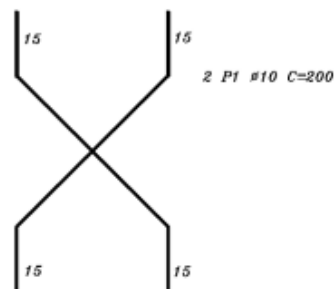


Figura 5 - Detalhe do Enrijecedores

Para executar o travamento das estacas é necessário ter uma viga na cabeça delas. Esta viga é classificada como viga de consolidação ou coroamento. No projeto em questão, a viga possui 40 x 60 cm (quarenta por sessenta centímetros) de dimensão e são executadas com concreto armado, posteriormente a concretagem das estacas e antes do início das escavações.

2.1.2 Detalhamento dos Grampos

O projeto de contenção prevê 8 linhas de grampos (G1 a G8) a cada 2m de profundidade, conforme a Figura 6.

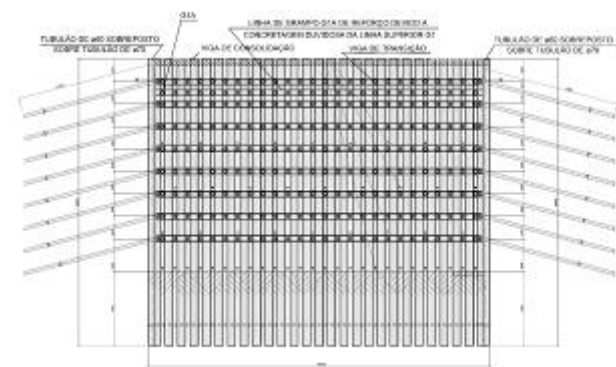


Figura 6 – Corte do trecho A da obra da Caixa Econômica Federal Fonte: Mísula Engenharia

Conforme a Figura 6, observa-se que entre as linhas G1 e G2 dos grampos existe a linha de grampo G1A. Esta foi um reforço adicional devido à concretagem da primeira linha não ter atingido o volume de concreto esperado para o preenchimento completo dos grampos.

Os grampos são constituídos com furos de 25cm de diâmetro, e comprimento de 12m no Trecho A e 14m no Trecho EPIG. Para o seu travamento é necessária uma viga denominada viga de transição, com dimensões de 25 X 40 cm de concreto armado.

De acordo com as especificações do projeto, os grampos deverão ser escavados com uma inclinação de 20° em relação a horizontal.

Nas três primeiras linhas (G1, G2 e G3) do Trecho A, os grampos foram armados como se fossem estacas. Precisou de 8 barras de aço de diâmetro de 10mm com comprimento de 12m, estribados com 23 arames de 5mm a cada 50cm

totalizando um comprimento de 85cm (Figura 7). Nas outras linhas (G4, G5, G6, G7 e G8), os grampos foram armados com 2 barras de aço de 20mm de diâmetro com 12m de comprimento (Figura 8).

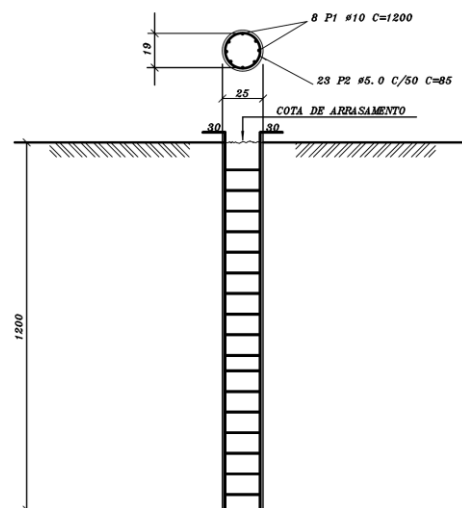


Figura 72 - Armação das linhas G1, G2 e G3 do Trecho A

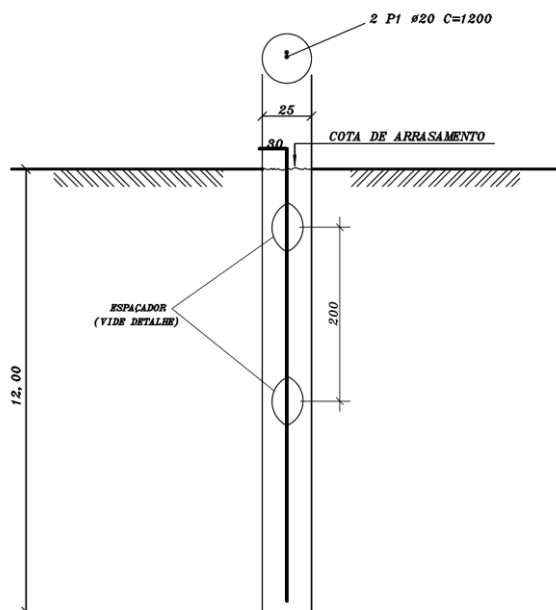


Figura 8 - Armação das linhas G4, G5, G6, G7 e G8 do Trecho A

No Trecho EPIG, os grampos das três primeiras linhas (G1, G2 e G3), também foram armados como se fossem estacas. Precisou de 8 barras de aço de diâmetro de 12mm com comprimento de 14m, estribados com 28 arames de 5mm a cada 50cm totalizando um comprimento de 85cm (Figura 9). Nas outras

linhas (G4, G5, G6, G7 e G8), os grampos foram armados com 2 barras de aço de 25mm de diâmetro com 14m de comprimento (Figura 10).

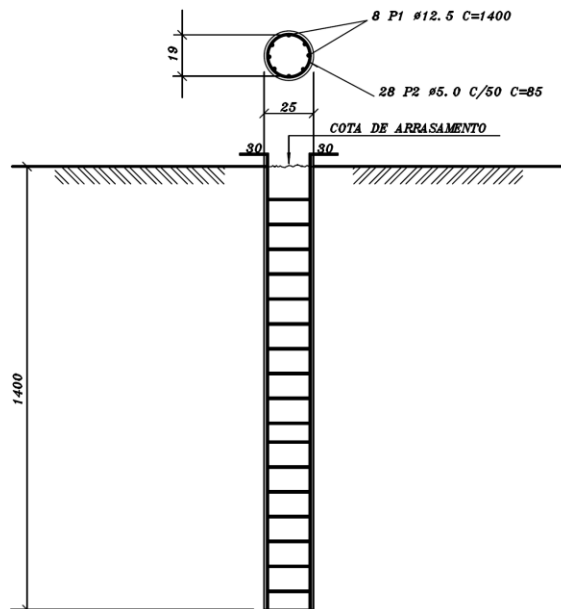


Figura 93 - Armação das linhas dos grampos G1, G2 e G3 do Trecho EPIG

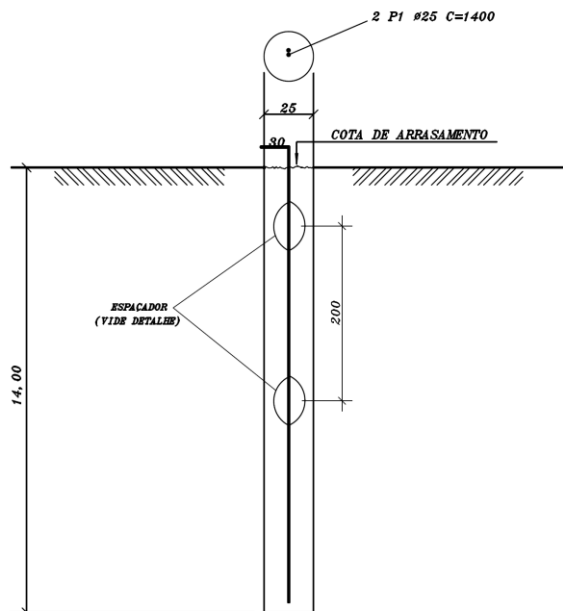


Figura 10 - Armação das linhas G4, G5, G6, G7 e G8 do Trecho EPIG

Nas linhas G4, G5, G6, G7 e G8, em ambos os trechos, foi utilizado espaçadores para garantir a distância mínima necessária entre a barra de aço e o solo. A Figura 11 mostra o detalhe dos espaçadores.

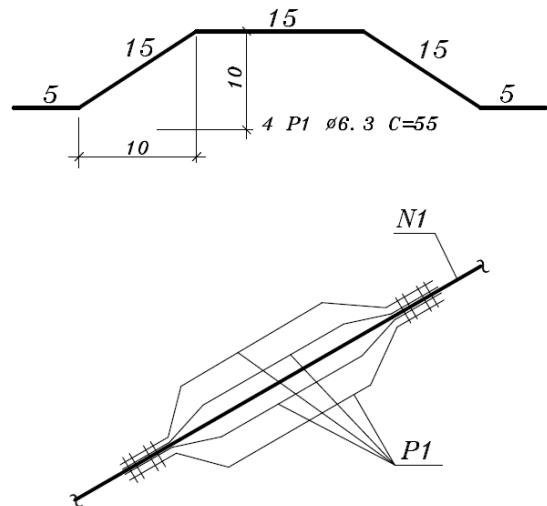


Figura 11 - Detalhe do Espaçador

A armação especial nas três primeiras linhas dos grampos deu-se pelo motivo de ter sido considerado uma sobrecarga na crista das contenções durante o desenvolvimento da obra. Essa sobrecarga ocorre, pelo peso dos caminhões que encostam na beira da contenção para descarregar material, guindastes que trabalham próximos a crista da contenção, etc. Devido a este fator, as três primeiras linhas de grampos recebem um esforço de flexo-tração, sendo necessário armar os grampos para este tipo de esforço. Como as outras linhas estão expostas apenas a tração, não fez necessário armar por completo os grampos, bastando apenas as barras de aço simples.

Diferente dos costumeiros projetos de contenções grampeadas, em que o preenchimento do grampo é realizado com nata de cimento, nesta obra específica, os grampos foram preenchidos com concreto. Optou-se por esta solução diante dos testes de arrancamento realizado nos grampos em três situações diferentes.

A primeira foi executada grampos de forma manual e preenchido com nata de cimento, a segunda foi executada de forma mecânica utilizando a máquina perfuratriz com circulação de ar e preenchidos com a mesma calda de cimento, já a terceira opção, foi executado com o caminhão perfuratriz TM 300 (Figura 12). O teste que apontou o grampo com maior resistência foi o realizado com a TM 300, mas para sua utilização é necessário que o solo tenha uma camada mole com o NSPT entre 2 e 4.



Figura 12 - Caminhão Perfuratriz TM 300 furando o Grampo. Fonte: Mísula Engenharia

Nas três primeiras linhas de grampo desta obra foi encontrado esta característica do solo, utilizando, portanto, para a perfuração dos grampos com a TM 300.

Nas linhas seguintes, a escavação deu-se através da perfuratriz com circulação de ar e preenchidos com concreto. A opção pela utilização desta máquina foi para evitar escavação com circulação de água devido ao problema do saturamento do solo argiloso. Utilizou-se dois compressores ao mesmo tempo que iam expulsando os resíduos do solo assim que a perfuratriz ia escavando.

Para garantir que a concretagem fosse eficiente, envolvendo todo o grampo foi utilizado o concreto auto-adensável (CAA). Para um concreto ser considerado auto-adensável, ele deve apresentar duas propriedades fundamentais: fluidez e estabilidade. Essas características conferem ao concreto a propriedade de transpor vários obstáculos, preencher todos os espaços da fôrma e evitar a segregação e a exsudação. Foi desenvolvido um traço juntamente com a concreteira para elaborar esse concreto.

O CAA quase não tem água quando ele chega na obra, sendo bastante duro e quase não tendo trabalhabilidade e então é adicionado, ainda no caminhão betoneira, um aditivo superplastificante. Esse aditivo faz com que o concreto apresente grande fluidez e alta trabalhabilidade, ou seja, tornasse em um concreto muito plástico.

O concreto auto-adensável está numa categoria que pode ser moldado em fôrmas preenchendo os espaços vazios e envolvendo as

barras de aço através, exclusivamente, de seu peso próprio (força gravitacional), mantendo uma adequada homogeneidade, sem a utilização de qualquer tecnologia de adensamento ou vibração externa, evitando assim, a segregação e a exsudação.

Para a concretagem dos grampos, o concreto possuiu as seguintes características: F_{ck} de 20Mpa, brita necessariamente 0 e o slump flow test de 650 +/- 50 cm. No teste de slump flow ao invés de se medir a altura do cone, mede-se o diâmetro do concreto, pois este não possui rigidez suficiente para formar um cone por ser muito fluido. A Figura 13 mostra a diferença entre o teste de slump do concreto convencional e do auto-adensável.



Figura 134 – Slump Test do Concreto Sem Aditivo e Com Aditivo

2.2 Simulação Numérica Utilizando o Programa GEO-FEM

Para as análises dos trechos foi feito, inicialmente, o traçado das estacas. Esta configuração nos trechos busca simular da melhor forma possível o processo construtivo da contenção, por isso, a geometria das camadas precisou ser mais complexa.

Foram realizadas simulações numéricas com os mesmos parâmetros de entrada apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2 para o Trecho A e EPIG, respectivamente.

Primeiramente, efetuaram-se os cálculos referentes às tensões iniciais com uma escavação de 3m, isto é, o primeiro estágio do programa GEO-FEM. O segundo estágio foi o de simular a execução do primeiro grampo, o terceiro estágio a escavação de 2m, o quarto estágio foi a instalação da segunda linha de grampo e assim

sucessivamente até atingir 19m de escavação com a instalação de 8 linhas de grampos, totalizando 17 estágios. Os grampos foram considerados atuantes apenas na zona ativa, e para fins de cálculo foi considerado um módulo de elasticidade de 210 Mpa.

Após o último estágio, o programa gera um arquivo com a saída de dados, onde podem-se obter os vetores de deslocamentos de todos os pontos da malha de elementos finitos, os momentos fletores atuantes e forças cisalhantes atuantes nas estacas. As tabelas a seguir (tabela 1 e 2) mostram estes dados referentes aos Trechos A e EPIG, respectivamente.

Tabela 1. Resultado dos Esforços e Deslocamentos das contenções no trecho A.

TRECHO A			
Estágio	Força Cisalhante (KN)	Momento Fletor (KN.m)	Deslocamento (mm)
1	15,58	27,30	5,7
2	16,79	25,12	5,1
3	36,02	75,88	12,8
4	48,31	66,37	11,6
5	59,15	118,43	22,6
6	58,89	113,02	20,7
7	57,01	107,51	29,3
8	80,60	132,28	31,1
9	103,65	163,29	34,2
10	103,65	163,29	34,2
11	95,13	134,75	31,0
12	94,27	145,79	33,7
13	149,10	135,95	35,2
14	149,58	239,92	34,8
15	133,31	164,97	34,8
16	120,32	214,38	39,2
17	168,69	288,00	41,3

Tabela 1. Resultado dos Esforços e Deslocamentos das contenções no trecho EPIG.

TRECHO EPIG			
Estágio	Força Cisalhante (KN)	Momento Fletor (KN.m)	Deslocamento (mm)
1	14,36	36,01	5,0
2	15,74	35,24	4,7
3	38,44	88,57	10,1
4	46,87	76,50	9,4
5	62,41	137,99	18,2
6	56,41	130,89	17,0
7	84,98	165,92	28,8
8	117,64	164,55	28,2
9	111,27	205,81	35,1
10	111,27	205,81	35,1
11	109,11	182,57	32,7
12	138,95	221,13	36,8
13	284,66	166,88	34,7
14	166,41	282,10	34,8
15	159,65	241,09	38,9
16	152,81	273,41	37,8
17	198,37	371,07	38,6

A partir dos resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2, pode-se concluir que a força cisalhante máxima ocorrida no Trecho A foi de 168,69 KN e no Trecho EPIG foi de 284,66 KN. O momento fletor máximo no Trecho A foi de 288 KN.m e no Trecho EPIG 371,07 KN.m. O deslocamento máximo observado no Trecho A foi de 41,3mm e o apresentado no Trecho EPIG foi de aproximadamente 40mm.

2.2.1 Simulação Numérica Utilizando o Programa GEO-STUDIO

O programa GEO-STUDIO possibilita, igualmente ao GEO-FEM, realizar a análise para cada etapa construtiva. Serão utilizados os mesmos dados de entrada, assim como os mesmos estágios para fins de comparação posterior. Desta forma será apresentado a baixo as figuras contendo os gráficos com as forças cisalhantes, momentos fletores e deslocamentos de cada estágio.

TRECHO A

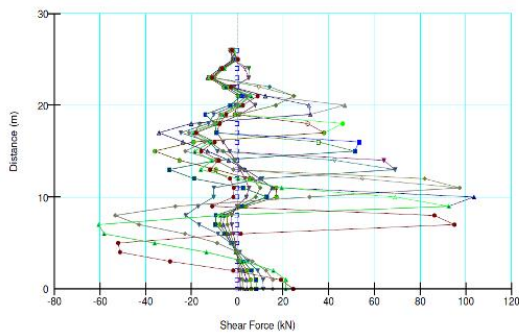


Figura 145 - Força Cortante do Trecho A

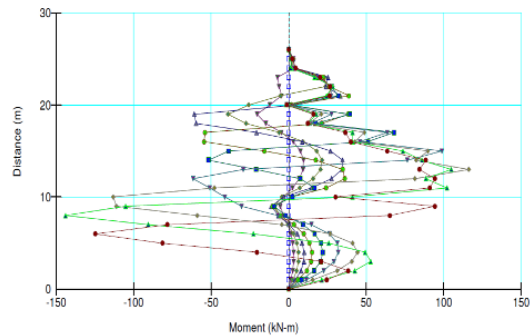


Figura 156 - Momento Fletor do Trecho A

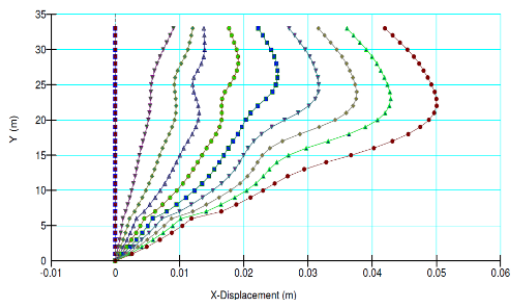


Figura 16 - Deslocamento da Face da Contenção do trecho A

A partir destes gráficos, pode-se interpretar que a força cisalhante máxima para o Trecho A foi de aproximadamente 100KN, o momento fletor foi de aproximadamente 120KN.m e o deslocamento máximo foi aproximadamente de 50mm.

TRECHO EPIG

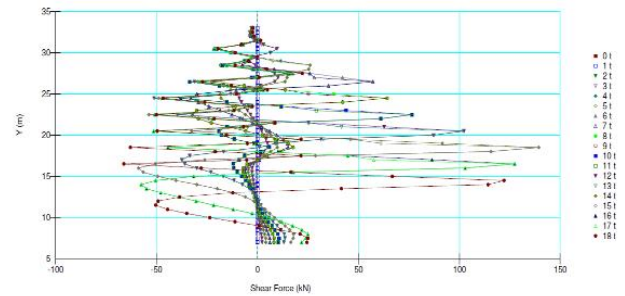


Figura 177 - Força Cortante do Trecho EPIG

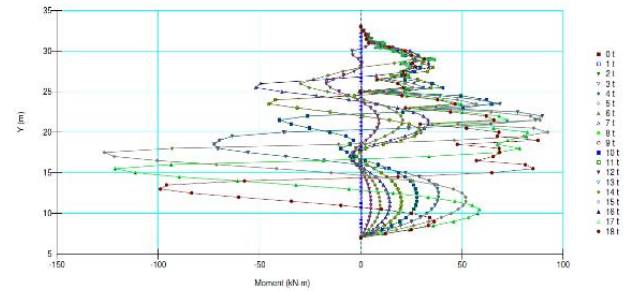


Figura 188 - Momento Fletor Trecho EPIG

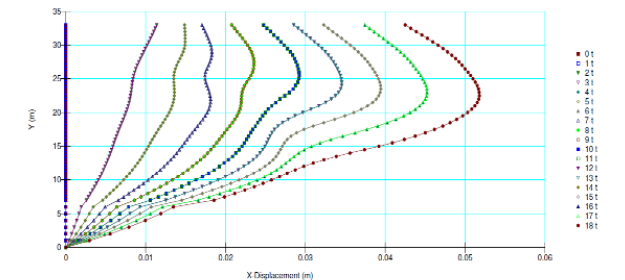


Figura 19 - Deslocamento da Face da Contenção do Trecho EPIG

A partir destes gráficos, podemos interpretar que a força cisalhante máxima para o Trecho EPIG foi de aproximadamente 135KN, o momento fletor foi de aproximadamente 90KN.m e o deslocamento máximo foi aproximadamente de 52mm.

2.2.2 Deslocamentos Medidos Durante a Execução (in Situ)

Foi realizado um acompanhamento do deslocamento do topo das estacas e das linhas de grampo da obra em questão. Esses deslocamentos foram monitorados por meio de medidas diretas, com o auxílio de um topógrafo que efetuava leituras através de um teodolito.

Para se obter os deslocamentos foram escolhidos pontos fixos fora da obra e realizado diversas medidas. No período da execução da contenção, a deformação máxima medida foi de 3cm. Sendo que a deformação máxima aceitável

é de 0,3 a 0,5 % do vão livre de escavação (19 m), ou seja até 9,5cm.

Esse controle de deformação realizado durante o período da obra de contenção foi exigido pelo projetista da obra, sendo necessário continuar com esse controle por pelo menos cinco anos após sua conclusão.

Para uma análise comparativa apresenta-se na Figura 20 os resultados dos deslocamentos obtidos através de análise numérica.

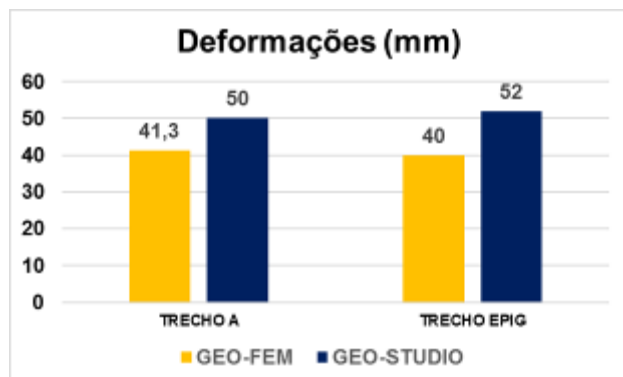


Figura 20 – Resultados obtidos por análise numérica, Trecho A e Trecho EPIG, utilizando os programas GEO-FEM e GEO-STUDIO

Observa-se que os resultados obtidos por análise numérica utilizando os programas GEO-FEM e GEO-STUDIO foram bem próximos, com variação de 17,4% e 23,08%, respectivamente. Esta diferença se deve possivelmente ao módulo de deformabilidade utilizado para os grampos, pois o desempenho dos mesmos, obtido nos ensaios de arrancamento foram bem mais otimistas e portanto, superiores aos valores estimados e adotados em projeto.

Em comparação com o comportamento real da estrutura, mediante controle das deformações medidas durante a construção, os valores foram da ordem de 3cm, quase duas vezes menor que o previsto na análise numérica.

3 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado um estudo de estruturas de contenção grampeada do tipo “estacas justapostas” assentes no solo poroso no Distrito Federal. Procurou-se verificar a possibilidade de prever o comportamento dos materiais, fazendo-se uma análise comparativa entre uma obra situada na região, comparando

os deslocamentos das contenções a partir de dados medidos in situ, com as previsões fornecidas por dois programas computacionais, GEO-FEM e GEO-STUDIO, por meio de simulações numéricas.

Realizadas as análises numéricas, os resultados foram interpretados e comparados com os resultados obtidos na medição in situ da obra referida. Observou-se que o acompanhamento da deformação em obras desse tipo é de fundamental importância para o estudo do conhecimento do comportamento das mesmas. Verificou-se que é possível simular os processos construtivos de obras de estrutura de contenção grampeadas utilizando os programas citados.

Destaca-se a importância de se realizar ensaios geotécnicos antes de projetar as obras, pois os dois programas precisam de parâmetros específicos do solo tais como: peso específico, ângulo de atrito, coesão, dentre outros, para ter uma simulação o mais parecido possível com as condições encontradas no local, minimizando, assim, possíveis erros e uma maior economia no dimensionamento e podendo acarretar em uma precisão maior na análise de estabilidade.

Pode-se concluir que os resultados das análises numéricas de deslocamentos das contenções foram satisfatórios, com variação máxima de 17,4% no trecho A e de 23,08% no trecho EPIG em relação aos programas numéricos utilizados, e com os resultados medidos in loco da ordem de duas vezes menor que o previsto em simulações numéricas, o que demonstra a importância da realização dos ensaios de arrancamento, a priori, para calibração dos modelos numéricos, e representação mais próxima possível do desempenho das estruturas de contenção. Com relação aos limites aceitáveis, com base em referências bibliográficas, os resultados reais da obra, em termos de deslocamentos, foram bastante satisfatórios.

Por fim, vale lembrar que os projetos de estruturas de contenção devem levar em conta a deslocabilidade da estrutura, durante a elaboração dos projetos, com obrigatoriedade de monitoramento durante a execução, para análise de desempenho, permitindo projetos e obras mais econômicos.

REFERÊNCIAS

- ABMS/ABEF, (1998). *Fundações: Teoria e Prática*. Pini, São Paulo, SP, 2 ed., 751p.
- Araki, M.S. (1997). Aspectos Relativos às Propriedades dos Solos Porosos Colapsíveis do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-040A/97, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 121 p.
- Azambuja, e.; Strauss, M. & Silveira F.G (2001). Caso histórico de um sistema de contenção em solo grampeado em Porto Alegre, RS. III Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas (COBRAE). Rio de Janeiro, pp. 435-443.
- Bowles, J. E., (1968). *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill, Nova York, 657p.
- Caputo, H. P., (1975). *Mecânica dos Solos e suas Aplicações*. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, RJ, 456p.
- Cunha, R.P. & Camapum De Carvalho, J. (1997). Analysis of the Behavior of a Drilled Pier Foundation in a Weathered, Foliated and Folded Slate. XIV Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Eng. de Fundações, Hamburgo, Alemanha, pp. 785-786.
- Feijó, R.L (1999) resultados de ensaios de arrancamento em grampos injetados em dois pontos do município do Rio de Janeiro. III COBRAE – Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de encostas, Novembro, rio de Janeiro, 28-30.
- Feijó, R.L.; Erlich, M. (2001). Resultados de ensaios de arrancamento em grampos injetados em dois pontos do Município do Rio de Janeiro. III Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Enconstas (COBRAE), Rio de Janeiro, pp. 517-524.
- GEOFINE (2004). Manual do Usuário: GEO-FEM, GEO-STUDIO.
- Medeiros, A.G.B & Cunha, R.P. (2005). Retroanálise de Uma Estrutura de Contenção do Tipo Estaca Prancha no Distrito Federal. INFOGEO 2005. Belo Horizonte. 347-352.
- Moraes, L.J & Arduino, E.G.A. (2003). Estabilização de talude por solo grampeado em Manuas-AM. Workshop solo grampeado, ABMS-NRSP/SindusCon-Sp, São Paulo, pp. 121-125.
- Workshop de Solo Grampeado – projeto, execução, instrumentação e comportamento, São Paulo. 127-138.