

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE FUNDAÇÕES DE UM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL NA CIDADE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES

RAFAEL MARTINS DE CARVALHO

RAQUEL MILINA DE MORAES BEZERRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF
CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

MARÇO – 2012

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE FUNDAÇÕES DE UM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL NA CIDADE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES

RAFAEL MARTINS DE CARVALHO

RAQUEL MILINA DE MORAES BEZERRA

“Projeto Final em Engenharia Civil apresentado ao Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Civil”.

Orientador: Prof. Paulo César de Almeida Maia

Co-orientador: Eng. Luiz Gabriel Sarmet M. Smiderle

UNIVERSIDADE ESTADUAL NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF
CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

MARÇO – 2012

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE FUNDAÇÕES DE UM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL NA CIDADE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES

RAFAEL MARTINS DE CARVALHO

RAQUEL MILINA DE MORAES BEZERRA

“Projeto Final em Engenharia Civil apresentado ao Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Civil”.

Comissão Examinadora:

Prof. Paulo César de Almeida Maia (Orientador, Dsc., Engenharia Civil) – UENF

Eng. Luiz Gabriel Sarmet M. Smiderle (M.Sc, Estruturas) – UENF

Prof. Aldo Durand Farfán (D.Sc, Geotecnia) - UENF

Eng. Aline Dias Pinheiro - IFF

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho aos meus familiares, em especial a minha Mãe, Milina, que sempre me apoia e dá forças para correr atrás de meus sonhos. Também dedico este projeto ao meu namorado-amigo, Tiago, que sempre se mostrou companheiro e paciente.

Dedico também aos meus amigos, principalmente a Rafael, Ludmila, Rubia e Quesia, que sempre estavam comigo e contribuíram muito para nossa formação profissional e pessoal.

Raquel Milina

Dedico este trabalho aos meus pais Mirian e Jorge, por todo apoio incondicional, motivação e por sempre confiarem em mim durante todos esses anos de estudo. Dedico também ao meu irmão Jessé, que sempre acreditou em mim.

Aos amigos que hoje fazem parte da minha vida. À Raquel, pela companhia durante todo este tempo de estudo. À Gilmara, por todos os momentos de diversão, descontração e apoio nos momentos em que estive longe. Aos amigos Renan, Thabata, Amanda, Elisa e Nathália por todos os bons momentos.

Rafael Martins.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e seus professores, pela formação propiciada.

Aos amigos de turma, pelo apoio e companheirismo nesta longa caminhada.

Ao Prof. Paulo César de Almeida Maia, pela paciência e pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso e do projeto.

À família pelo amparo, carinho e compreensão.

De forma geral, agradeço a todos que de forma direta ou indireta me ajudaram a concluir este trabalho.

E a Deus, por permitir tudo isto.

Raquel Milina.

Agradeço primeiramente a Deus, porque sem Ele, não chegaria até aqui.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense, seus funcionários e Corpo Docente do LECIV, que contribuíram para minha formação.

Ao professor e orientador Paulo Maia, pelos ensinamentos, orientações e conselhos.

Aos meus pais, que sempre sonharam e não mediram esforços desde o princípio para que eu pudesse me formar.

Aos familiares, que também acreditaram em mim, em especial minha tia Marilene e a todas as pessoas que de certa forma me ajudaram ao longo desta caminhada.

Rafael Martins.

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS, SINAIS E UNIDADES .	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Histórico.....	1
1.2. Justificativa.....	4
1.3. Objetivos	4
1.4. Descrição do empreendimento	5
1.5. Procedimentos.....	7
1.6. Parâmetro de escolha para Fundação.....	8
1.6.1. Topografia do terreno	8
1.6.2. Características do maciço de solo	8
1.6.3. Dados sobre as construções vizinhas	9
1.6.4. Outros fatores.....	9
CAPÍTULO 2. ANÁLISE DOS POSSÍVEIS TIPOS DE FUNDAÇÕES	11
2.1. Verificação de viabilidade.....	11
2.2. Estacas viáveis para o projeto	16
2.2.1. Estaca Cravada Tri	16
2.2.2. Estaca Raiz.....	19
2.2.3. Estaca Hélice Contínua	21
CAPÍTULO 3. DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES	25
3.1. Prospecção do Subsolo.....	25
3.2. Capacidade de Carga estrutural.....	26
3.3. Capacidade de Carga Geotécnica.....	26
3.4. Determinação da profundidade da estaca.....	29
3.5. Número de Estacas por Pilar	30
3.6. Escolha da estaca a ser empregada.....	30
3.7. Recalque.....	31
3.8. Atrito Negativo.....	33

3.9. Flambagem das Estacas	33
CAPÍTULO 4. DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS.....	34
4.1. Pré-dimensionamento	34
4.2. Esforços Internos	35
4.3. Dimensionamento da armadura longitudinal.....	35
4.3.1. Altura útil da viga	36
4.3.2. Domínio de Trabalho	36
4.3.3. Armadura Longitudinal.....	37
4.3.4. Armadura de pele	38
4.4. Dimensionamento da Armadura Transversal	38
4.4.1. Verificação da compressão das bielas.	38
4.5. Detalhamento da armadura	41
4.6. Observações.....	41
CAPÍTULO 5. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DOS BLOCOS	43
5.1. Modelos de cálculo	43
5.1.1. Modelo da biela	43
5.1.2. Modelo da viga	43
5.2. Armadura mínima	44
5.3. Armadura de pele	44
5.4. Blocos sobre uma estaca	45
5.4.1. Modelo de Cálculo	45
5.4.2. Exemplo.....	46
5.5. Blocos sobre duas estacas	48
5.5.1. Ângulo de inclinação da biela	48
5.5.2. Resultante na biela comprimida e força de tração na armadura principal.....	48
5.5.3. Verificação das tensões de compressão atuantes na biela	49
5.5.4. Exemplo.....	49
5.6. Blocos sobre três estacas	52
5.6.1. Ângulo de inclinação das bielas.....	52
5.6.2. Resultante na biela comprimida e força de tração na armadura principal.....	53
5.6.3. Verificação das tensões de compressão atuantes na biela	54
5.6.4. Exemplo.....	54

5.7. Blocos sobre quatro estacas.....	57
5.7.1. Ângulo de inclinação das bielas.....	57
5.7.2. Resultante na biela comprimida e força de tração na armadura principal.....	57
5.7.3. Verificação das tensões de compressão atuantes na biela	58
5.7.4. Exemplo.....	59
5.8. Blocos sobre cinco estacas	61
5.9. Blocos sobre seis estacas.....	62
5.9.1. Ângulo de inclinação das bielas.....	63
5.9.2. Resultante na biela comprimida e força de tração na armadura principal.....	63
5.9.3. Verificação das tensões de compressão atuantes na biela	64
5.9.4. Exemplo.....	64
5.10. Blocos sobre treze estacas	67
5.11. Blocos sobre dezesseis estacas.....	68
5.11.1. Dimensionamento ao momento fletor.....	69
5.11.2. Dimensionamento ao esforço cortante	69
5.11.3. Estribos horizontais	70
5.11.4. Exemplo	71
5.12. Verificação dos esforços em blocos sujeitos a momentos e forças verticais.....	73
CAPÍTULO 6. ANÁLISE DE CUSTOS.....	75
CAPÍTULO 7. CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXO 79	
ANEXO.1. BOLETNS DE SONDAGEM.....	80
ANEXO.2. PERFIL ESTATIGRÁFICO	95
APÊNDICE 96	
APENDICE I. DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES	97
I.1. CAPACIDADE DE CARGA GEOTÉCNICA	97
I.2. NUMERO DE ESTACAS POR PILAR – ESTIMATIVA INICIAL	113
I.3. ESTIMATIVA DE CUSTOS DAS ESTACAS – ESCOLHA DA MELHOR OPÇÃO	117
I.4. RECALQUES	128

APENDICE II. DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS DE ALAVANCA	133
II.1. PRÉ-DIMENSIONAMENTO	133
II.2. DIAGRAMAS DE ESFORÇOS SOLICITANTES	138
II.3. ARMADURA LONGITUDINAL	158
II.4. ARMADURA TRANSVERSAL	160
APENDICE III. DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS	162
APENDICE IV. VERIFICAÇÃO DOS MOMENTOS UTILIZANDO O ESTAQV..	173
APENDICE V. CUSTOS	179
V.1.CUSTOS DAS ESTACAS	179
V.2.CUSTOS DAS VIGAS	181
V.3.CUSTOS DOS BLOCOS	182
APENDICE VI. LOCAÇÃO BLOCO, ESTACA E VIGA E DETALHAMENTO EXECUTIVO	183
APENDICE VII. DETALHAMENTOS DAS VIGAS	184
APENDICE VIII. DETALHAMENTOS DOS BLOCOS.....	185

RESUMO

Este trabalho se trata de um projeto final do curso de engenharia civil, com o objetivo de apresentar o desenvolvimento de um projeto executivo de fundações de um edifício residencial de 20 pavimentos na cidade de Campos do Goytacazes.

Este trabalho se apresenta em tópicos definidos por um breve histórico, que nos lembra com surgiu a engenharia de fundações e destaca como o seu desenvolvimento afetou os dias atuais. São apresentados, também, os objetivos desta proposta, a descrição do empreendimento estudado e uma síntese dos procedimentos que devem ser adotados para a escolha da fundação mais adequada. Em seguida faz-se uma avaliação inicial sobre quais serão os tipos de fundações avaliados e uma descrição das próximas etapas.

A escolha do tipo de fundação foi definida de acordo com os perfis de sondagem e o cálculo da capacidade de carga, usando o método de Aoki-Veloso com contribuições de Monteiro. Foi feito o dimensionamento e detalhamento dos blocos e das vigas de transição e alavancas. Além disso, apresenta também a análise de custo tanto de mobilização, quanto de execução do projeto.

O projeto final será constituído de planta de locação e carga dos pilares, especificações das estacas, detalhamento dos blocos e vigas, além do quantitativo com o projeto executivo.

PALAVRAS CHAVE: Fundações, Estaca hélice, Vigas, Blocos.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1. Arquitetura romana (DANTAS NETO, 2008).
- Figura 1.2. Localização do Empreendimento (Google Maps, 2011).
- Figura 1.3. Fachada do edifício (Conscam, 2011).
- Figura 1.4. Perfil estratigráfico obtido dos ensaios de SPT.
- Figura 2.1. Seção da Estaca Tri.
- Figura 2.2. (a) Emendas por anel metálico e (b) emendas por luvas.
- Figura 2.3. Emenda tipo soldável em estaca pré-moldada.
- Figura 2.4. Detalhe do capacete da estaca.
- Figura 2.5. Método executivo da estaca Raiz (Drilling do Brasil, 2011).
- Figura 2.6. Processo de execução da estaca hélice (PINI, 2011).
- Figura 3.1. Modelo de Poulos e Davis: (a) o problema analisado; (b) o elemento de estaca (Velloso e Lopes, 2010).
- Figura 3.2. Fatores para o cálculo de recalque de estacas: (a) fator I_0 ; (b) fator R_k ; (c) fator R_v ; (d) fator R_h ; (e) fator R_b para $L/B=25$; (f); fator R_b para $L/B=50$ (Velloso e Lopes, 2010).
- Figura 4.1. Esquema de cálculo da Viga 1.
- Figura 4.2. Diagrama de esforço cortante (KN) da Viga 1.
- Figura 4.3. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 1.
- Figura 4.4. Detalhamento da Viga 1 dado pelo Eberik.
- Figura 5.1. Esquema para o cálculo de blocos sobre 1 estaca.
- Figura 5.2. Esquema para o cálculo de blocos sobre 2 estacas.
- Figura 5.3. Determinação da força resultante na biela comprimida e na armadura principal.
- Figura 5.4. Esquema para o cálculo de blocos sobre 3 estacas.
- Figura 5.5. Possíveis disposições de armaduras para blocos sobre 3 estacas.
- Figura 5.6. Forças resultantes calculadas nas direções das bielas.
- Figura 5.7. Esquema para o cálculo de blocos sobre quatro estacas.
- Figura 5.8. Disposições de armaduras para blocos sobre quatro estacas.
- Figura 5.9. Esquema para o cálculo de blocos sobre cinco estacas.
- Figura 5.10. Estaqueamento recomendado para blocos sobre seis estacas.
- Figura 5.11. Modelo de cálculo para blocos com mais de doze estacas.
- Figura 5.12. Estaqueamento recomendado para blocos sobre treze estacas.

Figura 5.13. Estaqueamento recomendado para blocos sobre dezesseis estacas.

Figura 5.14. Interface do Programa Estaq V.

Figura API.1. Localização do SPT4.

Figura API.2. Capacidade de carga versus profundidade (hélice 40 cm).

Figura API.3. Capacidade de carga versus profundidade (hélice 50 cm).

Figura API.4. Capacidade de carga versus profundidade (hélice 60 cm).

Figura API.5. Capacidade de carga versus profundidade (Raiz 25 cm).

Figura API.6. Capacidade de carga versus profundidade (Raiz 31 cm).

Figura API.7. Capacidade de carga versus profundidade (Raiz 40 cm).

Figura API.8. Capacidade de carga versus profundidade (Tri 23 cm).

Figura API.9. Capacidade de carga versus profundidade (Tri 32 cm).

Figura API.10. Capacidade de carga versus profundidade (Tri 41 cm).

Figura API.11. Valores dos fatores para o cálculo de recalque de estacas.

Figura APII.1. Esquema de cálculo da Viga 1.

Figura APII.2. Diagrama de esforço cortante (KN) da Viga 1.

Figura APII.3. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 1.

Figura APII.4. Esquema de cálculo da Viga 2.

Figura APII.5. Diagrama de esforço cortante (KN) da Viga 2.

Figura APII.6. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 2.

Figura APII.7. Esquema de cálculo da Viga 3.

Figura APII.8. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 3.

Figura APII.9. Diagrama de esforço cortante (KN) da Viga 3.

Figura APII.10. Esquema de cálculo da Viga 4.

Figura APII.11. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 4.

Figura APII.12. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 4.

Figura APII.13. Esquema de cálculo da Viga 5.

Figura APII.14. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 5.

Figura APII.15. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 5.

Figura APII.16. Esquema de cálculo da Viga 6.

Figura APII.17. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 6.

Figura APII.18. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 6.

Figura APII.19. Esquema de cálculo da Viga 7.

Figura APII.20. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 7.

Figura APII.21. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 7.
Figura APII.22. Esquema de cálculo da Viga 8.
Figura APII.23. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 8.
Figura APII.24. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 8.
Figura APII.25. Esquema de cálculo da Viga 9.
Figura APII.26. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 9.
Figura APII.27. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 9.
Figura APII.28. Esquema de cálculo da Viga 10.
Figura APII.29. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 10.
Figura APII.30. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 10.
Figura APII.31. Esquema de cálculo da Viga 11.
Figura APII.32. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 11.
Figura APII.33. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 11.
Figura APII.34. Esquema de cálculo da Viga 12.
Figura APII.35. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 12.
Figura APII.36. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 12.
Figura APII.37. Esquema de cálculo da Viga 13.
Figura APII.38. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 13.
Figura APII.39. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 13.
Figura APII.40. Esquema de cálculo da Viga 14.
Figura APII.41. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 14.
Figura APII.42. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 14.
Figura APII.43. Esquema de cálculo da Viga 15.
Figura APII.44. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 15.
Figura APII.45. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 15.
Figura APII.46. Esquema de cálculo da Viga 16.
Figura APII.47. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 16.
Figura APII.48. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 16.
Figura APII.49. Esquema de cálculo da Viga 17.
Figura APII.50. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 17.
Figura APII.51. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 17.
Figura APII.52. Esquema de cálculo da Viga 18.
Figura APII.53. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 18.
Figura APII.54. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 18.

Figura APII.55. Esquema de cálculo da Viga 19.
Figura APII.56. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 19.
Figura APII.57. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 19.
Figura APII.58. Esquema de cálculo da Viga 20.
Figura APII.59. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 20.
Figura APII.60. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 20.
Figura APII.61. Esquema de cálculo da Viga 21.
Figura APII.62. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 21.
Figura APII.63. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 21.
Figura APII.64. Esquema de cálculo da Viga 22.
Figura APII.65. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 22.
Figura APII.66. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 22.
Figura APII.67. Esquema de cálculo da Viga 23.
Figura APII.68. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 23.
Figura APII.69. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 23.
Figura APII.70. Esquema de cálculo da Viga 24.
Figura APII.71. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 24.
Figura APII.72. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 24.
Figura APII.73. Esquema de cálculo da Viga 25.
Figura APII.74. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 25.
Figura APII.75. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 25.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1. Classificação das estacas (Velloso & Lopes, 2010)
- Tabela 3.1. Capacidade de carga estrutural das estacas estudadas.
- Tabela 3.2. Valores de k e α (Velloso e Lopes 2010).
- Tabela 3.3. Valores de F_1 e F_2 (Velloso e Lopes 2010).
- Tabela 3.4. Capacidade de carga geotécnica de acordo com a profundidade fixada.
- Tabela 4.1. Verificação do tipo de armadura para a seção inicial.
- Tabela 4.2. Redimensionamento da altura da viga 1.
- Tabela 4.3. Verificação do domínio da viga 1.
- Tabela 4.4. Dimensionamento da armadura longitudinal da viga 1.
- Tabela 4.5. Verificação da condição para a viga 1.
- Tabela 4.6. Redimensionamento da base segundo a solicitação da viga 1.
- Tabela 4.7. Dimensionamento da armadura transversal da viga 1.
- Tabela 4.8. Resultado do redimensionamento da viga 1.
- Tabela API.1. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 01 (Estaca Hélice continua).
- Tabela API.2. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 02 (Estaca Hélice continua).
- Tabela API.3. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 03 (Estaca Hélice continua).
- Tabela API.4. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 04 (Estaca Hélice continua).
- Tabela API.5. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 05 (Estaca Hélice continua).
- Tabela API.6. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 06 (Estaca Hélice continua).
- Tabela API.7. Número inicial de estacas hélice por pilar.
- Tabela API.8. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 01 (Estaca Raiz).
- Tabela API.9. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 02 (Estaca Raiz).
- Tabela API.10. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 03 (Estaca Raiz).
- Tabela API.11. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 04 (Estaca Raiz).
- Tabela API.12. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 05 (Estaca Raiz).

Tabela API.13. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 06 (Estaca Raiz).

Tabela API.14. Capacidade de carga geotécnica média (Estaca Raiz).

Tabela API.15. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 01 (Estaca Cravada Tri).

Tabela API.16. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 02 (Estaca Cravada Tri).

Tabela API.17. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 03 (Estaca Cravada Tri).

Tabela API.18. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 04 (Estaca Cravada Tri).

Tabela API.19. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 05 (Estaca Cravada Tri).

Tabela API.20. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 06 (Estaca Cravada Tri).

Tabela API.21. Capacidade de carga geotécnica média (Estaca Cravada Tri).

Tabela API.22. Número inicial de estacas hélice por pilar da Estaca Hélice.

Tabela API.23. Número inicial de estacas raiz por pilar da Estaca Raiz.

Tabela API.24. Número inicial de estacas tri por pilar da Estaca Cravada Tri.

Tabela API.25. Custo unitário das estacas

Tabela API.26. Pilares da periferia do prédio.

Tabela API.27. Estimativa de custos da Estaca Hélice.

Tabela API.28. Estimativa de custos da Estaca Raiz.

Tabela API.29. Estimativa de custos da Estaca Tri.

Tabela API.30. Número efetivo de estacas hélice por pilar.

Tabela API.31. Armadura da estaca hélice - Dados iniciais.

Tabela API.32. Armadura da estaca hélice.

Tabela API.33. Estimativa para I

Tabela API.34. Cálculo do recalque para cada um dos pilares.

Tabela APII.1. Dados iniciais

Tabela APII.2. Pré-dimensionamento das vigas de alavanca.

Tabela APII.3. Verificação do pré-dimensionamento.

Tabela APII.4. Dimensionamento ao esforço cortante.

Tabela APII.5. Verificação do domínio.

Tabela APII.6. Determinação dos esforços internos das Vigas.

Tabela APII.7. Dimensionamento da armadura longitudinal

Tabela APII.8. Cálculo da armadura transversal.

Tabela APIII.1. Dados iniciais para o dimensionamento dos blocos.

Tabela APIII.2. Dimensionamento inicial do bloco

Tabela APIII.3. Análise dos esforços e dimensões.

Tabela APIII.4. Redimensionamento dos blocos

Tabela APIII.5. Verificações das tensões e área de aço.

Tabela APIII.6. Dados iniciais para os blocos com mais de 12 estacas.

Tabela APIII.7. Dimensionamento e geometria.

Tabela APIII.8. Modelo da Viga.

Tabela APIII.9. Dimensionamento à cortante.

Tabela APIII.10. Estribos horizontais.

Tabela APIV.1. Verificação do momento no bloco devido à primeira combinação de esforços.

Tabela APIV.2. Verificação do momento no bloco devido à segunda combinação de esforços.

Tabela APIV.3. Verificação do momento no bloco devido à terceira combinação de esforços

Tabela APIV.4. Verificação do momento no bloco devido à quarta combinação de esforços

Tabela APIV.5. Verificação do momento no bloco devido à quinta combinação de esforços

Tabela APIV.6. Verificação do momento no bloco devido à sexta combinação de esforços

Tabela APV.1. Estimativa de custo da estaca hélice

Tabela APV.2. Estimativa de custo das vigas

Tabela APV.3. Custo de execução dos blocos.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS, SINAIS E UNIDADES

a	Maior lado do bloco
b	Menor lado do bloco
a_p	Menor lado do pilar
b_p	Maior lado do pilar
a_{sw}	Armadura dos estribos
b_w	Largura da viga
c	Cobrimento nominal
d	Altura útil
d'	Comprimento da estaca dentro do bloco
h	Altura da seção
s	Espaçamento entre estribos
Z	Força de tração no bloco
t	Balanço do bloco
x	Altura da linha neutra
A	Seção transversal da estaca
A_c	Área de concreto
A_{st}	Armadura de traç
$A_{s,min}$	Armadura mínima
A_{sh}	Armadura dos estribos horizontais
A_{sl}	Armadura de pele
D	Diâmetro da estaca
E_p	Módulo de elasticidade da estaca
E	Módulo de elasticidade do solo
F_{rd}	Força resistente à punção
F_1	Fator de escala da capacidade de carga
F_2	Fator de execução da capacidade de carga

K	Fator de rigidez
L	Distância entre eixos das estacas
M	Momento
N	Número de golpes do SPT
R_{est}	Reação na estaca
R_{tt}	Força de tração no bloco de uma estaca
I_0	Fator de influência
R_a	Fator de rigidez da estaca
R_k	Fator de correção para a compressibilidade da estaca
R_h	Fator de correção para a espessura de solo compressível
R_v	Fator de correção para o coeficiente de Poisson do solo
R_b	Fator de correção para a ponta em solo mais rígido
U	Perímetro da estaca
V_c	Parcela da força cortante resistida por mecanismos complementares
V_{co}	Valor de referência para V_c , quando $\theta=45^\circ$
V_{Rd2}	Força cortante resistente de cálculo
V_{sd}	Força cortante solicitante de cálculo
V_{sw}	Parcela da força cortante resistida pela armadura transversal
α_{v2}	Coeficiente de função
Δ_l	Espessura da camada de solo
f_{ck}	Resistência característica à compressão do concreto
f_{cd}	Resistência de cálculo à compressão do concreto
$f_{ct,m}$	Resistência média à tração do concreto
$f_{ctk,inf}$	Resistência característica inferior à tração do concreto
f_{ctd}	Resistência de cálculo à tração do concreto
f_{yd}	Resistência de cálculo da armadura
f_{ywd}	Resistência de cálculo transversal da armadura

Φ_{est}	Diâmetro da estaca
θ	Inclinação das bielas
$\rho_{mín}$	Taxa mínima de armadura
ρ_{sw}	Taxa geométrica de armadura
φ_l	Diâmetro da barra longitudinal
φ_t	Diâmetro da barra transversal
Q_{ult}	Capacidade de carga geotécnica última da estaca
$q_{ponta,ult}$	Resistência de ponta da estaca
$T_{lateral,ult}$	Atrito lateral da estaca
Δl	Comprimento da estaca
N.A.	Nível d'água

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

1.1. Histórico

A evolução da engenharia de fundações confunde-se com a própria evolução da engenharia geotécnica. De um modo geral, a história da engenharia geotécnica remonta aos primórdios da civilização humana, expressando os anseios do homem de adequar o meio em que habita às suas necessidades (NÁPOLES NETO, 1998).

A descoberta dos metais promoveu um grande salto no desenvolvimento e na evolução do homem, pois podia fabricar ferramentas mais eficientes, o que permitiu escavar o solo e aperfeiçoar as técnicas construtivas, tornando possível a construção de obras de maior porte. No período dos antigos impérios do Oriente Próximo, o tijolo cerâmico e a pedra eram os materiais de construção mais utilizados na Mesopotâmia e no Egito, respectivamente. Sendo esses materiais mais pesados que a madeira, foram se desenvolvendo novas técnicas de fundação por conta dos inúmeros problemas verificados nos terrenos. Obras como castelos, palácios, templos, dentre outras, eram assentadas sobre fundações arrumadas com restos de outras estruturas, misturadas ao solo e convenientemente compactadas. Assim, as construções eram erguidas uma sobre as outras sucessivamente (NÁPOLES NETO, 1998).

Durante a Idade Clássica, as construções gregas caracterizavam-se pelo belo aspecto arquitetônico, com grandes pórticos e colunas em seus palácios e templos como mostra a Figura 1.1. Contudo, essas obras concentravam cargas nas fundações, que passaram a ser feitas de blocos superpostos em uma ou duas camadas. As fundações das construções gregas de menor porte eram basicamente constituídas por sapatas isoladas. Quando havia terrenos fracos, os gregos detinham a técnica de melhoria do solo, misturando cinzas de carvão, calcário mole ou pedregulho ao solo e, em seguida, realizando a compactação. Diferentemente dos gregos, os romanos contribuíram significativamente para o desenvolvimento das técnicas construtivas de fundações. O uso da técnica de construção em arcos pelos romanos permitiu a realização de obras de maiores dimensões e mais pesadas do que aquelas executadas pelos gregos, necessitando, portanto, de fundações mais

resistentes e eficientes. O destaque da execução de fundações pelos romanos era o uso de um *concreto romano*, preparado a partir da mistura de pozolana com calcário e daí, pela adição de pedaços de pedra ou de tijolos cozidos (NÁPOLES NETO, 1998).



Figura 1.1. Arquitetura romana (DANTAS NETO, 2008).

Na Idade Média, foram realizados poucos avanços em relação às técnicas construtivas de fundações. Entretanto, com o crescente uso de estacas de madeira, pode ser citada a invenção do bate-estaca por Francesco di Giorgio, em 1450, bastante próximo do bate-estaca moderno (NÁPOLES NETO, 1998).

Na Idade Moderna, o Renascimento proporcionou grande desenvolvimento científico, destacando os diversos projetos de aperfeiçoamento do bate-estaca por Leonardo da Vinci. A partir do século XVIII, com o conhecimento até então acumulado, surgiram diversas teorias, tais como, as leis de atrito e de coesão de Charles Coulomb (1776), o estado de tensão dos solos de William Rankine (1845), a percolação d'água nas areias por Henri Darcy (1856) e os estudos de adensamento e consolidação das argilas por Karl Terzaghi (1925), considerado o pai da Mecânica dos Solos (NÁPOLES NETO, 1998).

No final do século XIX começavam a proliferar as grandes construções nos centros urbanos brasileiros. E essas construções em alvenaria de tijolos ou em estruturas metálicas implicam em maiores carregamentos sobre o solo. Apesar de já utilizarem, nessa época, estacas de madeira em fundações profundas, o desconhecimento sobre o comportamento do terreno e a

inexistência de métodos de medição de recalques levavam os construtores da época a simplesmente evitar erguer novos edifícios em regiões de solos fracos.

No início do século XX e com o advento do concreto armado, foram construídos os primeiros edifícios no Rio de Janeiro e em São Paulo. Porém, não há registros sobre os tipos de fundações utilizadas. As informações mais precisas sobre fundações de edifícios surgem a partir de 1930, quando os edifícios construídos em concreto armado já se apoiavam sobre fundações diretas, do tipo sapatas de concreto armado ou blocos de concreto simples. Nas situações em que eram utilizadas fundações profundas, optava-se pelo uso de estacas de madeira ou estacas pré-moldadas de concreto armado (VARGAS, 1998).

A situação começou a mudar na década de 1920, quando o conhecimento sobre o assunto começou a ser produzido. Em 1925, o austríaco Karl von Terzaghi publicava o *Erdbaumechanik*, tratado fundador da fase contemporânea da geotecnia. O "pai" da Mecânica dos Solos introduzia o estudo do fenômeno da compressibilidade de argilas, de sua resistência ao cisalhamento, atrito interno e coesão. No Brasil, surgiram na segunda metade da década de 1930 os laboratórios de ensaios especializados em fundações. Telêmaco van Langendonk organiza a seção de Estruturas e Fundações do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) em 1938. Dois anos depois, no Rio de Janeiro, o Instituto Nacional de Tecnologia criava sua seção de Solos e Fundações.

Episódio importante na história da engenharia de fundações brasileira ocorreu na década de 1950, quando a empresa de fundações Geotécnica e o IPT identificaram recalques de edifícios altos ao longo da orla de Santos. As fundações - diretas, com estacas ou em caixões pneumáticos - apoiavam-se sobre uma camada superficial de areia, abaixo da qual se encontrava uma espessa camada de argila mole. Os engenheiros adquiriam maior conhecimento do comportamento dos solos, além de expertise na execução de reforços de fundações. Trabalhos sobre as características do solo de Santos foram apresentados em congressos no México e na França.

Em outubro de 1980 com a fundação da Associação Brasileira de Empresas de Fundações e Serviços Geotécnicos houve uma separação entre as áreas de Mecânica dos Solos e Engenharia de fundações.

As fundações de estruturas marítimas, principalmente das plataformas de petróleo, levaram ao conhecimento geológico e geotécnico das várias bacias exploradas, trazendo um espetacular desenvolvimento às fundações em estacas. E nos dias de hoje é comum observar-se engenheiros de fundação utilizando-se da computação eletrônica para o cálculo da interação entre fundações e estruturas no Brasil.

1.2. Justificativa

Com o crescimento populacional e a velocidade em que os grandes centros vêm se expandindo, o espaço é cada vez mais valorizado, e os investidores buscam uma forma de atender esta demanda.

Na cidade de Campos dos Goytacazes, onde é explorada uma bacia de petróleo, e com a construção de um porto para exportação de minério de ferro, a disputa por espaço está ocorrendo nas áreas consideradas privilegiadas e a verticalização das moradias vem aumentando.

Portanto, torna-se necessário a elaboração de projetos que visem aproveitar o máximo das características do maciço e ao mesmo tempo alcançar a minimização de custos.

1.3. Objetivos

Este projeto final de engenharia tem por finalidade a aplicação dos conceitos e teoria adquiridos durante a graduação. Com este fim, serão desenvolvidos os projetos executivos das fundações de um edifício residencial de 20 pavimentos, situado no município de Campos dos Goytacazes - o edifício Contemporâneo.

É considerada no projeto uma análise de viabilidade técnica onde serão selecionadas as melhores opções de fundação para o caso em estudo. A

seleção destas opções de fundação é baseada nos resultados de sondagem do maciço.

Será apresentada uma análise econômica das melhores opções e para a de menor custo, o dimensionamento e detalhamento das fundações, vigas de fundação e blocos, além do orçamento.

Para o dimensionamento será necessário uma base de dados constituída de investigações de campo, plantas de locação e carga dos pilares e projetos arquitetônicos. Todas estas informações foram disponibilizadas pela Conscam – Construtora Campos Ltda.

Como resultado final deste projeto, será apresentado: plantas de locação e carga das fundações; planta com detalhamento do processo executivo das fundações; especificações técnicas dos materiais e recomendações sobre procedimentos executivos; planta de forma dos blocos; plantas de detalhamento dos blocos e vigas de fundação; orçamento detalhado das fundações, incluindo blocos e vigas de fundação; memória de cálculo dos elementos de fundação, blocos e vigas de fundação; e texto descrevendo o empreendimento, os objetivos do projeto, revisão bibliográfica sobre os aspectos técnicos e teóricos pertinentes ao projeto e conclusões.

Para isso foram levadas em consideração as peculiaridades do solo e do edifício a fim de definir qual tipo de fundação é mais adequada à situação. O dimensionamento será realizado atendendo todas as exigências das normas brasileiras NBR 6118 (2003) - Projeto de estruturas de concreto; e NBR 6122 (2010) - Projeto e execuções de fundações.

1.4. Descrição do empreendimento

O empreendimento situa-se na Rua Nações Unidas nº 100/110 Parque Dom Bosco. A figura 1.2 mostra a sua localização do edifício.

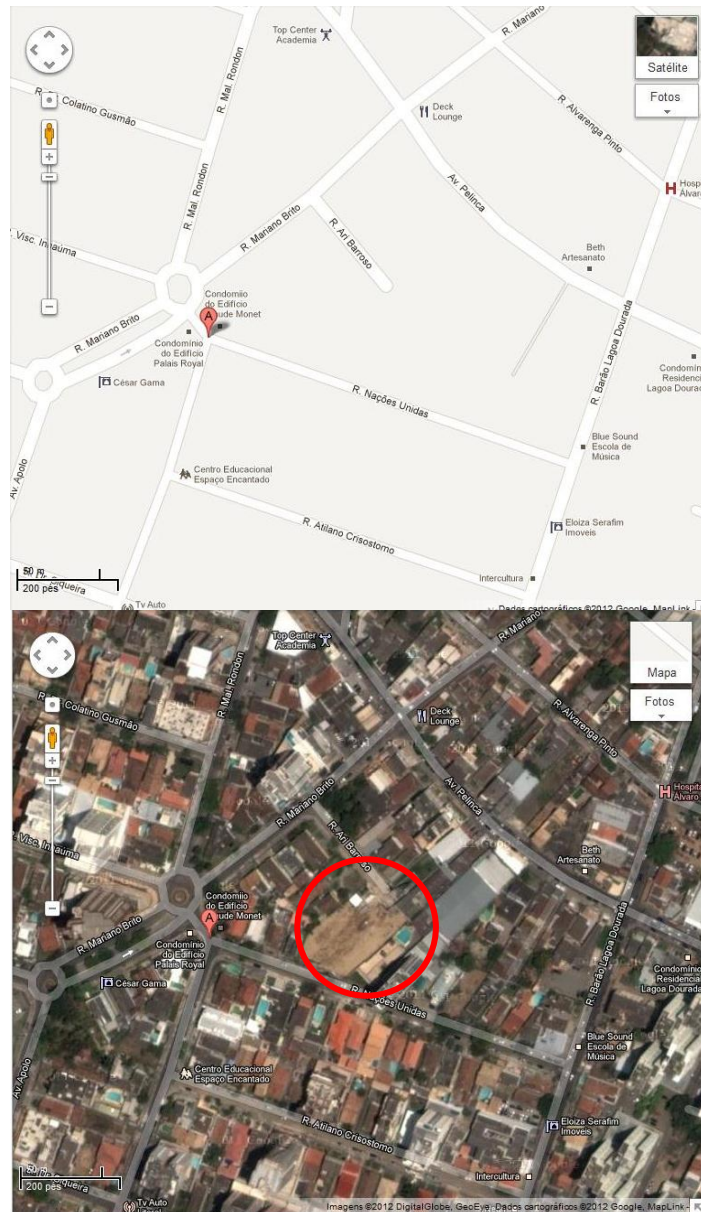


Figura 1.2. Localização do Empreendimento (Google Maps, 2011).

O edifício é constituído por 20 pavimentos, sendo eles: o térreo, 2 pavimentos de garagens, o pavimento de uso comum e 17 pavimentos tipo, e a figura 1.3 mostra a sua fachada.



Figura 1.3. Fachada do edifício (Conscam, 2011).

O terreno apresenta uma área total de aproximadamente 484 m², é relativamente plano e nivelado com cota da rua e no local há demolições de antigas construções para serem efetuadas. Além disso, de acordo com a Lei de Zoneamento do município de Campos dos Goytacazes, a região é classificada como Zona Residencial Seis – ZR.6, que permite a construção de edifícios multi-familiares verticais com afastamentos mínimos de 5m, de acordo com o disposto no Código de Obras.

1.5.Procedimentos

De acordo com a NBR 6122, para qualquer edificação deve ser feita uma campanha de investigação geotécnica preliminar, constituída no mínimo por sondagens a percussão (com SPT), visando à determinação da estratigrafia e classificação dos solos, a posição do nível d'água e a medida do índice de resistência à penetração N_{SPT} , de acordo com a ABNT NBR 6484.

O dimensionamento de fundações baseado no ensaio de SPT é bastante utilizado e difundido não só na região como em todo o Brasil. Esta foi a única informação disponibilizada pela Conscam a respeito do maciço de fundação.

1.6. Parâmetro de escolha para Fundação

Podemos perceber que, para realizar a escolha adequada do tipo de fundação, é importante que a pessoa responsável pela contratação tenha o conhecimento dos tipos de fundação disponíveis no mercado e de suas características. Somente com esse conhecimento é que será possível escolher a solução que atenda às características técnicas e ao mesmo tempo se adeque à realidade da obra.

O conjunto solo-elemento de fundação (sapata, estaca, tubulão) deve garantir à edificação um comportamento satisfatório: deslocamentos pequenos e segurança contra ruína. Deve, além disso, ser exequível sem trazer perturbações aos vizinhos e a um custo compatível com o empreendimento. Portanto, são diversas as variáveis a serem consideradas para a escolha do tipo de fundação. Numa primeira etapa, é preciso analisar os critérios técnicos que condicionam a escolha por um tipo ou outro de fundação. Os principais itens a serem considerados são:

1.6.1. Topografia do terreno

O terreno é relativamente plano e nivelado com cota da rua, ou seja, sem presença de taludes ou encostas. Além disso, não apresenta aterros com lixo ou matacões. Este fato é importante, pois o terreno não terá necessidade de um tratamento específico, o que não gera um custo adicional.

1.6.2. Características do maciço de solo

De acordo com a figura 1.4, o Perfil Estratigráfico obtido pelos ensaios de SPT mostra que o maciço de fundação é composto por uma camada superficial de solo argiloso e abaixo, por solo essencialmente arenoso até a profundidade de 28,45m, cota em que foi interrompida a sondagem. Além

disso, tendo em vista que o nível d'água está a 3,20 m da superfície, algumas fundações do tipo escavadas se tornam inviáveis, tais como o tubulão.

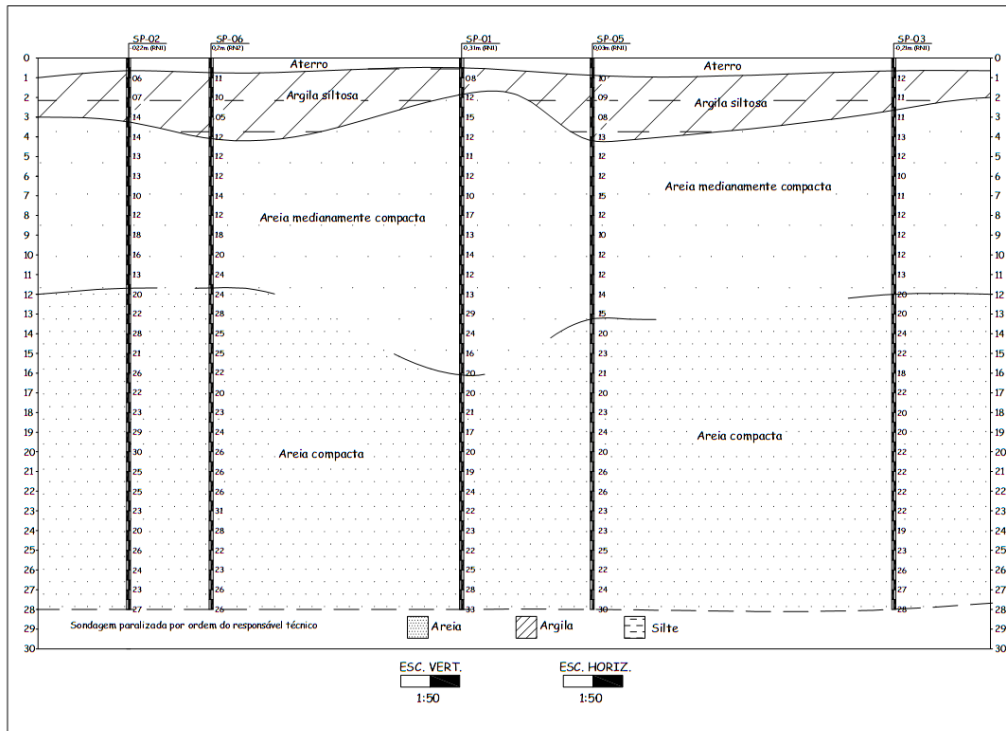


Figura 1.4. Perfil estratigráfico obtido dos ensaios de SPT.

1.6.3. Dados sobre as construções vizinhas

Deve-se considerar que a execução de uma fundação profunda afeta o solo e as fundações vizinhas já executadas, provocando alterações nas condições iniciais usadas para o projeto. As estruturas das construções vizinhas variam de pequeno a grande porte, sem a presença de pavimentos no subsolo. Sendo assim, é recomendado que as fundações que causam vibrações durante a execução sejam evitadas. É importante lembrar que as estruturas vizinhas devem ser analisadas antes do início da nova obra, para avaliar se alguma avaria já existia.

1.6.4. Outros fatores

Além do custo direto para a execução do serviço, deve-se considerar o prazo de execução. Há situações em que uma solução mais onerosa oferece um prazo de execução menor, tornando-se mais atrativa.

Além da possibilidade de variação das características do subsolo identificadas na etapa de investigação, existem limitações de capacidade executiva dos equipamentos e de geometria (comprimentos e diâmetros, por exemplo) e as condições de campo muitas vezes obrigam a mudanças substanciais no projeto original.

Cada sistema de fundação afeta de forma diferente o solo e os elementos já executados, cabendo uma análise detalhada em cada caso para avaliação de adequação do método de cálculo e estudo da eficiência da solução projetada.

CAPÍTULO 2. ANÁLISE DOS POSSÍVEIS TIPOS DE FUNDAÇÕES

A escolha da fundação mais adequada para um projeto depende de uma série de fatores, dentre eles os mais importantes a serem investigados são: a viabilidade de execução do terreno e a disponibilidade de execução por parte de empresas especializadas próximas à região, tendo em vista que a mobilização de equipamentos e materiais tem grande influência no custo da obra. Neste capítulo serão abordadas os principais tipos de fundações avaliando sua aplicabilidade no caso em estudo, onde serão selecionadas e pré-avaliadas as que mais se adequam a solicitação de projeto.

2.1. Verificação de viabilidade

As fundações são separadas em dois grandes grupos: fundações rasas e profundas. A distinção entre os dois tipos é feita segundo um critério arbitrário de que uma fundação profunda é aquela cujo mecanismo de ruptura de base não atinge a superfície do terreno. A NBR 6122/2010 definiu:

Fundação rasa é um “elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação”.

Fundação profunda é um “elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro da sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 metros. Nesse tipo de fundações incluem-se os tubulões, os caixões e as estacas”.

Após uma análise do perfil estratigráfico, apresentado no Anexo II, constata-se que o substrato apresenta baixa capacidade de carga superficial para a implementação da fundação rasa devido a uma camada de argila siltosa e a presença do nível freático muito próximo da superfície do terreno. Tendo isto em vista, foram estudadas as possibilidades dentro das características de alguns tipos de fundações profundas mais conhecidas.

As fundações profundas usuais são divididas em dois grupos: Tubulões e Estacas:

Tubulão é um “elemento de fundação profunda, escavado no terreno em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoas, que se faz necessária para executar o alargamento da base ou pelo menos a limpeza do fundo da escavação, uma vez que nesse tipo de fundação as cargas são transmitidas preponderantemente pela ponta.”

O maciço encontrado para o empreendimento torna inviável este tipo de fundação, pois devido à proximidade do nível d'água, que está a 3,20m da superfície, seria necessária a execução sob ar comprimido, o que traria um elevado risco de vida durante a sua escavação.

A Estaca é classificada como elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamento ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de pessoas. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco* ou pela combinação dos anteriores.

Existe dentro do grupo de fundações em estacas uma grande variabilidade de métodos executivos e materiais aplicáveis, cabendo aqui uma abordagem mais enfática, classificá-las e estudá-las separadamente.

Tabela 2.1. Classificação das estacas (Velloso & Lopes, 2010)

Tipo de execução	Estacas
De deslocamento	Grande Madeira; Pré-moldadas de concreto; Tipo Franki; Micro-estacas injetadas;
	Pequeno Perfis de aço; Estacas hélices especiais;
Sem deslocamento	Estaca Raiz; Escavadas com revestimento de aço perdido que avança a frente da escavação;
De substituição	Escavadas sem revestimento ou com uso de lama; Tipo Strauss; Estaca Hélice contínua em geral;

2.1.1.1. De deslocamento

Estacas de Madeira: são constituídas por troncos de árvores, razoavelmente retilíneos, que tem uma preparação das extremidades (topo e ponta) para cravação, limpeza da superfície lateral e caso sejam utilizadas em obras permanentes, um tratamento com produtos preservativos. As estacas de madeira têm uma duração ilimitada quando mantidas permanentemente debaixo da água. Sujeitas à alternância de secura e umidade, quase todas as madeiras são destruídas rapidamente. Tendo em vista esses aspectos, os custos dela poderiam ser altos à longo prazo devido à manutenção do lençol freático, que se não for executada, pode causar ruína (Velloso e Lopes, 2010).

Estaca pré-moldada de concreto: são estacas constituídas de segmento de concreto pré-moldado ou pré-fabricado introduzido no terreno por golpes de martelos de gravidade, de explosão, hidráulico ou martelo vibratório. Na região existem experiências com as chamadas estacas Tri. Será avaliada a

viabilidade da aplicação deste tipo de estaca neste projeto, em função de avaliar custos e possibilidade de execução.

Estacas metálicas: estas estacas são fabricadas com seções transversais de várias formas e dimensões, o que permite uma adaptação bem ajustada a cada caso. Possuem peso relativamente pequeno e elevada resistência à compressão. Porém, em nosso país possuem elevados custos, além de terem problemas com corrosão.

Estaca Franki: é uma estaca de concreto moldada no solo, que usa um tubo de revestimento cravado dinamicamente, com ponta fechada por meio de uma bucha, que é recuperado ao ser concretada a estaca. Recomendadas quando a camada resistente localiza-se em camadas variadas. Também no caso de terrenos com pedregulhos ou pequenos matacões relativamente dispersos. A forma rugosa do fuste garante boa aderência ao solo (resistência por atrito). Devido ao fato de gerar elevados custos de obra e demandar demasiado tempo durante a execução, esta estaca não é aconselhável.

Micro-estacas injetadas: são estacas moldadas *in loco*, armadas, executadas através de perfuração rotativa com tubos metálicos ou rotopercussiva por dentro dos tubos, no caso de matacão ou rocha. Esta estaca é injetada com calda de cimento, por meio de um tubo com válvulas (manchete), visando aumentar o atrito lateral. Sua aplicação é mais frequente em tirantes, além de ser uma das soluções mais caras do mercado.

Estacas hélices especiais (ômegas e atlas): também conhecidas como *screw piles* são estacas em que a perfuração é feita por um trado de forma cônica, que perfura o solo como um parafuso, com deslocamento lateral de solo. Esse tipo de estaca não tem tido sucesso em sua aplicação na região, devido as características do maciço.

2.1.1.2. Sem deslocamento

Estaca Raiz: é caracterizada por ser uma estaca armada e preenchida com argamassa de cimento e areia, moldada *in loco* executada através de perfuração rotativa ou rotopercussiva, revestida integralmente, no trecho em

solo, por um conjunto de tubos metálicos recuperáveis. As características desta estaca a tornam atrativa, de forma que sua aplicação deve ser avaliada.

Escavadas com revestimento de aço perdido que avança à frente da escavação: possuem a vantagem de não causar danos as fundações vizinhas, porém há uma dificuldade de concretagem submersa, com o risco de migração de água que pode causar danos ao concreto, o que pode ser uma complicação relevante. Este tipo de estaca não vem sendo aplicada nessa região.

2.1.1.3. De substituição

Escavadas sem revestimento ou com uso de lama: o fluido utilizado para estabilização das paredes das escavações é normalmente a lama bentonítica. Para que a lama bentonítica possa exercer sua função estabilizadora é necessário que se tenha um fluxo de lama de dentro para fora da escavação. Isto pressupõe que o nível de lama no interior da escavação esteja acima do nível do lençol freático. A proximidade no nível de água do empreendimento torna este tipo de estaca com uma aplicação arriscada, não sendo viável para este empreendimento.

Estaca Strauss: as estacas do tipo Strauss são moldadas “in loco”, com processo relativamente simples e eficaz. A perfuração é executada com o auxílio de uma sonda, denominada “piteira”, com a utilização parcial ou total de revestimento recuperável e posterior concretagem da fundação no local. Apesar de sua simples execução, ela não pode ser executada abaixo do N.A. como é o caso deste empreendimento.

Estaca Hélice contínua em geral: é uma estaca de concreto moldada “in loco” executada por meio de um trado contínuo e injeção de concreto através da haste central do trado simultaneamente à sua retirada do terreno. A hélice contínua é uma fundação que vem sendo muito aplicada na região e suas características a tornam uma opção que deve ser melhor avaliada.

2.2. Estacas viáveis para o projeto

Segundo os critérios da topografia do terreno, das características do maciço e dos dados das construções vizinhas, foi possível restringir a investigação para os seguintes tipos de estacas:

- Estaca Cravada Tri;
- Estaca Raiz;
- Estaca Hélice contínua;

Serão descritas a seguir as características e particularidades construtivas de cada estaca.

2.2.1. Estaca Cravada Tri

As estacas pré-moldadas de concreto são comercializadas com diferentes formatos geométricos. A capacidade de carga é bastante abrangente, podendo ser simplesmente armadas, protendidas, produzidas por vibração ou centrifugação. Um modelo bem conhecido na região de campos dos Goytacazes, fornecido pela TBTC, é a estaca Tri, cuja seção transversal é mostrada na figura 2.1.

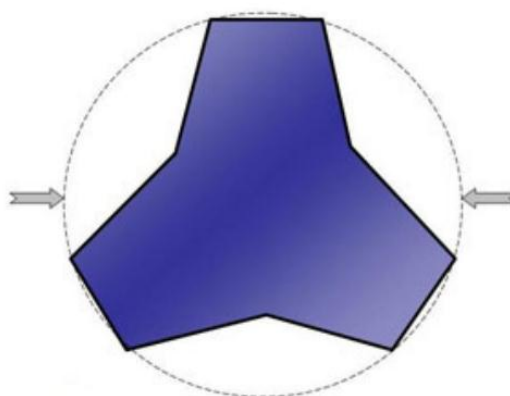


Figura 2.1. Seção da Estaca Tri.

As estacas TRI apresentam um melhor comportamento quando comparada às estacas pré-moldadas convencionais, devido a sua forma, que proporciona um maior atrito lateral com o solo.

Para não onerar o custo de transporte das estacas, da fábrica até a obra, o seu comprimento geralmente é limitado. Por isso, quando precisar de estacas maiores as peças devem ser emendadas. Essas emendas podem ser constituídas por anéis metálicos ou por luvas de encaixe tipo "macho e fêmea" quando as estacas não estiverem sujeitas a esforços de tração tanto na cravação quanto na utilização (figura 2.2), ou em caso contrário, emenda do tipo soldável, como indicada na figura 2.3, onde a altura h e a espessura e da chapa são funções do diâmetro da armadura longitudinal e do diâmetro da estaca.

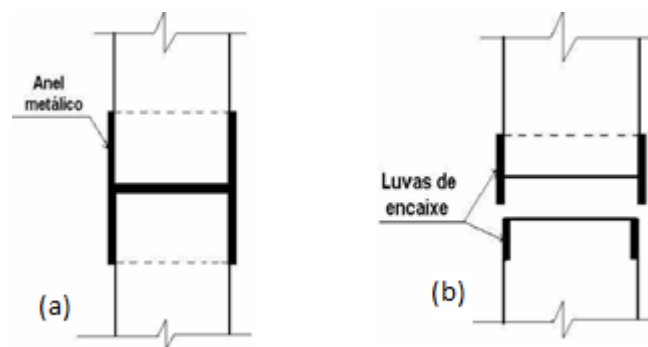


Figura 2.2. (a) Emendas por anel metálico e (b) emendas por luvas.

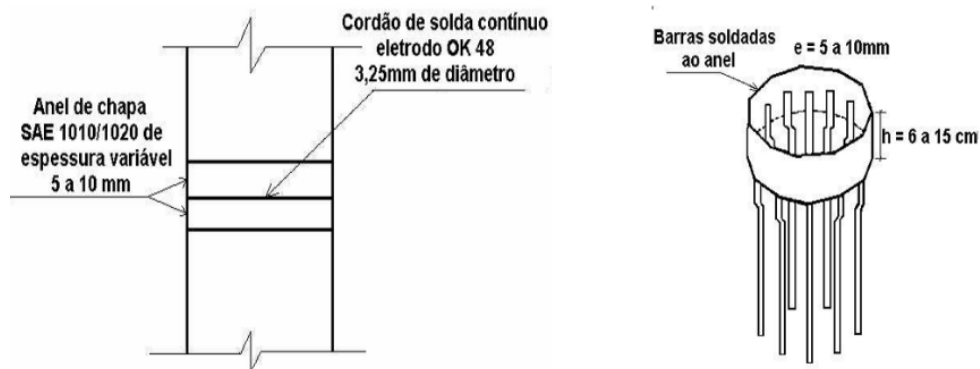


Figura 2.3. Emenda tipo soldável em estaca pré-moldada.

Os métodos usados para cravação:

Percussão - é o método de cravação mais empregado, o qual se utiliza pilões de queda livre ou automáticos. Um dos principais inconvenientes desse sistema é o barulho produzido e vibração.

Prensagem - empregada onde há a necessidade de evitar barulhos e vibrações, utiliza macacos hidráulicos que reagem contra uma plataforma com sobrecarga ou contra a própria estrutura.

Vibração - sistema que emprega um martelo dotado de garras (para fixar a estaca), com massas excêntricas que giram com alta rotação, produzindo uma vibração de alta frequência à estaca. Pode ser empregada tanto para cravação como para remoção de estacas, tendo o inconveniente de transmitir vibrações para os arredores.

Para amortecer os golpes do pilão e uniformizar as tensões por ele aplicadas à estaca, instala-se no topo desta um capacete dotado de “cepo” e “coxim” conforme é mostrado na figura 2.4.

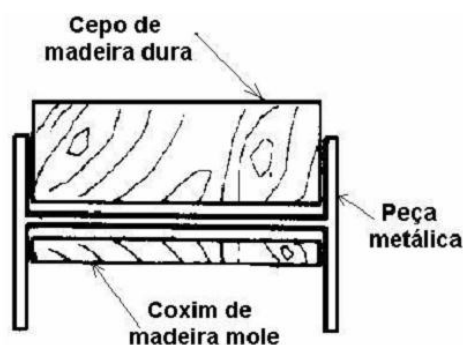


Figura 2.4. Detalhe do capacete da estaca.

O processo prossegue até que a estaca que esteja sendo cravada penetre no terreno, sob a ação de certo número de golpes, um comprimento pré-fixado em projeto: a “nega”, uma medida dinâmica e indireta da capacidade de carga da estaca. Em campo, “tira-se” a “nega” da estaca através da média de comprimentos cravados nos últimos 10 golpes do martelo.

Sequência executiva:

- Posiciona-se o Bate Estaca, com martelo de queda livre ou martelo diesel;
- Ergue-se e Posiciona-se a Estaca Pré-Moldada;
- Protege-se a Cabeça da Estaca;
- Cravação da estaca, até a Nega;

- Quebra e Preparo da Cabeça da Estaca;
- Colocação de novo segmento de estaca com utilização de emenda e prosseguimento da cravação quando não atingida à profundidade de projeto.

Deve-se ter cuidado com a altura de queda do martelo: a altura ideal está entre 1,5 a 2,0 metros, para não causar danos à cabeça da estaca e fissuração da mesma, não se esquecendo de usar também o coxim de madeira e o capacete metálico para proteger a cabeça da estaca contra o impacto do martelo, mesmo assim, estas estacas apresentam índice de quebra às vezes alto. Se a altura for inferior à ideal, poderá dar uma “falsa nega”.

Vantagens:

- Permite uma boa fiscalização durante a concretagem;
- Permite a moldagem de corpos-de-prova para verificação da resistência à compressão;
- Permite a moldagem das estacas no local da obra;
- Permite a emenda de peças.

Desvantagens:

- Tempo de cura normal do concreto de 21 dias;
- A estaca não ultrapassa camada de solo resistente ($N/30 > 15$);
- Dificuldades no transporte dentro da obra;
- Durante a cravação, se o contato do martelo com o concreto não for realizado através de um material elástico, pode ocorrer a quebra a cabeça da estaca;
- Grande vibração durante a cravação.

2.2.2. Estaca Raiz

A estaca raiz é executada em direção vertical ou inclinada, mediante o uso de rotação ou rotoperçussão com circulação de água, lama bentonítica ou ar comprimido, e pode, por meio de ferramentas especiais, atravessar terrenos de qualquer natureza, inclusive alvenarias, concreto armado e matacões.

Completada a perfuração com revestimento total do furo, é colocada a armadura necessária ao longo da estaca, procedendo-se a concretagem do fuste com a correspondente retirada do tubo de revestimento e aplicação de golpes de ar comprimido. Este procedimento é detalhado na figura 2.5.

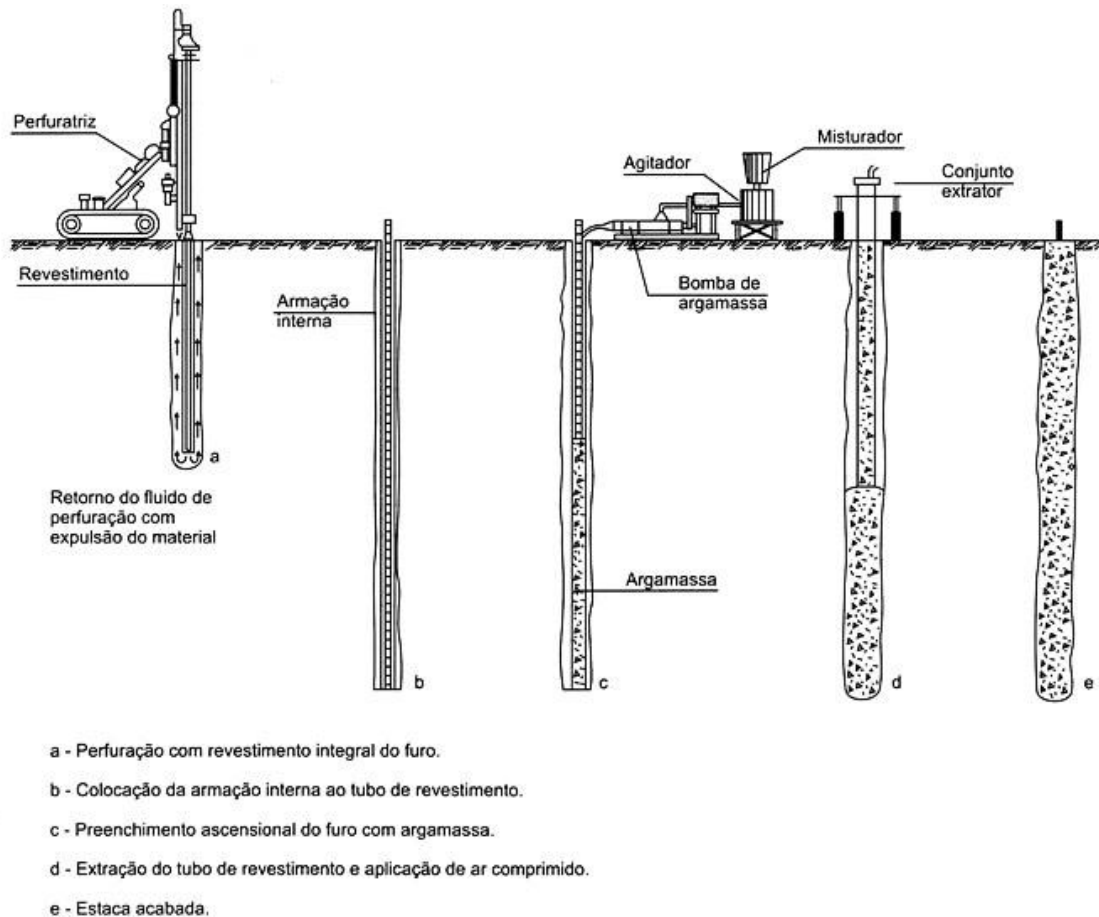


Figura 2.5. Método executivo da estaca Raiz (Drilling do Brasil, 2011).

A concretagem é executada de baixo para cima, aplicando-se regularmente uma pressão rigorosamente controlada e variável em função da natureza do terreno. Com este procedimento, além de aumentar substancialmente o valor do atrito lateral, garante-se também a integridade do fuste, permitindo que se considere a resistência da argamassa no dimensionamento estrutural da estaca, conseguindo-se, deste modo, uma sensível redução na armadura e, conseqüentemente, no custo final da estaca.

Dentre os vários tipos de estaca injetada, com e sem pressão mantida, podemos afirmar que a estaca raiz apresenta a menor relação custo/carga, além de facilmente permitir o controle de qualidade realizado através de provas de carga.

Vantagens:

- Não geram vibração;
- Alta capacidade de carga;
- Equipamento com acesso fácil;
- Utilizam volumes pequenos de materiais.

Desvantagens:

- Alto custo relativo devido a equipamento especial;
- Controle executivo apurado;
- Obra suja;
- Pouca agilidade

2.2.3. Estaca Hélice Contínua

Na execução da estaca Hélice Contínua podemos destacar três fases distintas, a perfuração, a concretagem simultânea à extração da hélice e a colocação da armadura da estaca.

A perfuração consiste em cravar a haste de perfuração com a hélice no terreno, por rotação, por meio de torque apropriado do equipamento para vencer a sua resistência. Para evitar que durante a introdução da haste com o trado haja entrada de solo ou água no interior da haste tubular, existe, em sua extremidade inferior, uma tampa metálica provisória, que é expulsa ao início da fase de concretagem.

Alcançada a profundidade desejada, a haste para de girar e o concreto é bombeado através do tubo central, preenchendo simultaneamente a cavidade deixada pela hélice, que é extraída do terreno sem girar por intermédio da

ajuda do guindaste. O preenchimento da estaca com concreto é normalmente executado até a superfície do terreno.

O método executivo exige a colocação da armadura após o término da concretagem do fuste da estaca. A armadura, em forma de gaiola, é introduzida na estaca por gravidade sendo empurrada pelos operários ou com auxílio de um pilão de pequena carga ou de vibrador. As estacas submetidas apenas a esforço de compressão levam uma armadura no seu topo, em geral variando entre 4,00m e 6,00m de comprimento. Esta armadura visa a proporcionar uma perfeita ligação entre a estaca e o bloco de coroamento das estacas, ou seja, com a estrutura. Outra finalidade desta armadura no trecho superior é a de garantir sua integridade estrutural, na fase de escavação para a execução dos blocos que, geralmente é feito com auxílio de escavadeiras mecânicas que batem nas estacas durante sua operação, por mais cuidadoso que seja o operador. A figura 2.6 mostra o processo de execução da estaca hélice.

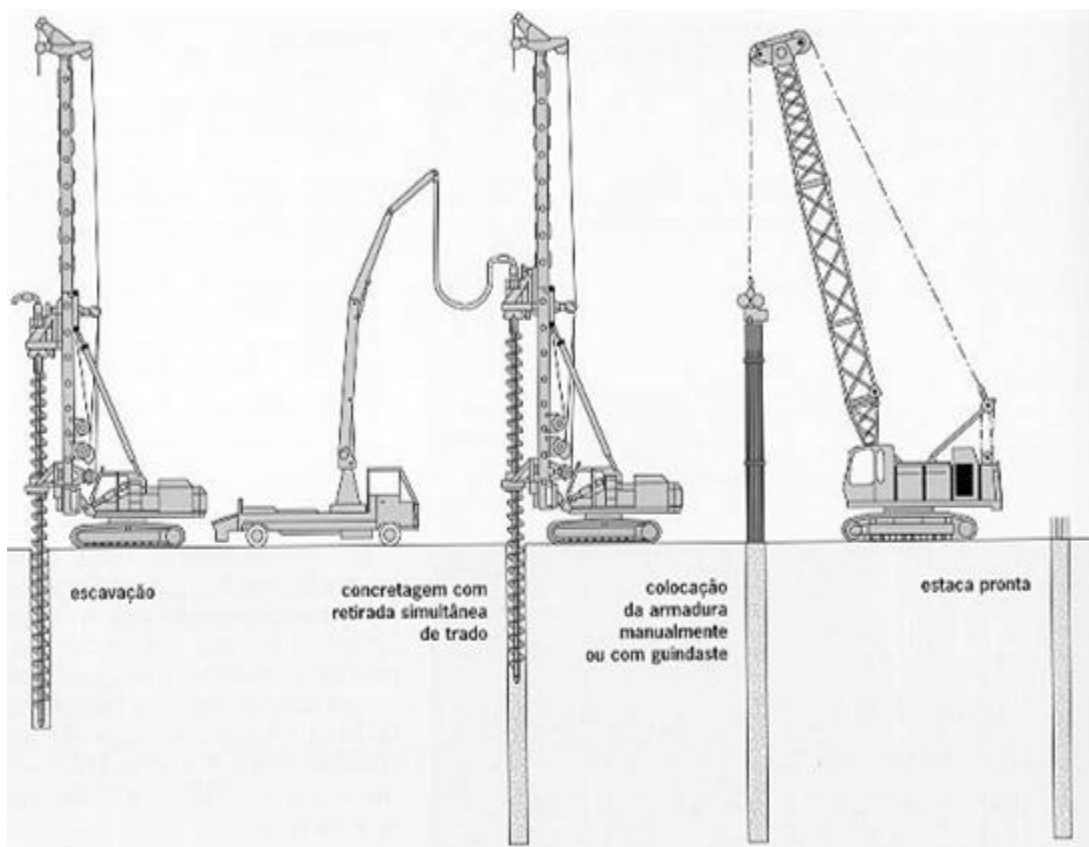


Figura 2.6. Processo de execução da estaca hélice (PINI, 2011).

Vantagens:

- Elevada produtividade, em torno de 300 metros de estacas por dia, podendo atingir até 400 metros, o que reduz significativamente o cronograma executivo da obra;
- É adaptável a maioria dos tipos dos terrenos, podendo ser usados em solos com SPT = 50, mas não pode ser usada na presença de matacões e rochas;
- Permite executar estacas inclinadas de 14° até a profundidade de 15 metros; e de 11° até profundidade de 16 a 25 metros;
- Os equipamentos são dotados de instrumentos que monitoram continuamente toda execução da estaca;
- Não há desconfinamento lateral do solo;
- Como o concreto é bombeado sob pressão ele preenche continuamente o volume escavado, fornecendo uma maior resistência por atrito lateral da estaca;
- Devido ao monitoramento eletrônico é permitido um controle contínuo da qualidade da execução da estaca;
- A presença de água raramente restringe o seu uso; Não estão sujeitas ao fenômeno de densificação das areias fofas, como pode ocorrer em estacas de deslocamento;
- A metodologia executiva não produz distúrbios e vibrações;
- A perfuração com hélice não produz detritos poluídos por lama betonítica, reduzindo os problemas ligados à disposição final de material;

Desvantagens:

- O custo é relativamente alto; portanto é preciso que o número de estacas a executar viabilize os custos de mobilização dos equipamentos;
- Número limitado de equipamentos no Brasil;
- Devido ao tamanho do equipamento, as áreas de trabalho devem ser planas e de fácil movimentação;

- Devido à grande produtividade do método, a central de fornecimento de concreto deve ser próxima à obra;
- Há necessidade de uma pá carregadeira na obra para remoção e limpeza do material extraído durante a perfuração;
- Limitação nos comprimentos da estaca e da armação;
- Dificuldade de instalação de armaduras mais profundas;
- Em solos fracos, pode ocorrer um alargamento do fuste ou estreitamento do mesmo;
- Sua qualidade na execução esta sujeita à sensibilidade e experiência do operador da perfuratriz;
- Dificuldade de controle da qualidade do concreto.

CAPÍTULO 3. DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

Definidas as principais estacas viáveis, é possível agora definir um dimensionamento e fazer uma comparação de custo-benefício, avaliando qual possui mais vantagens de acordo com o perfil da obra. Nesta etapa foram feitos os cálculos de capacidade de carga, com isso será possível avaliar quantas estacas serão necessárias para a obra, e conseqüentemente sendo possível uma avaliação inicial de custos.

Os critérios para avaliação de fundações são:

- Solicitação em excesso. Deve ser verificado se o material resistirá dentro das tensões admissíveis prescritas por norma;
- Ruptura por cisalhamento. Deve estar de acordo com os coeficientes de segurança;
- Recalques. Devem ser mantidos dentro dos limites toleráveis.

Nesta etapa adotaremos três dimensões comerciais e de acordo com a solicitação e as características de cada estaca, além da capacidade de carga do maciço, será definido o número de estacas em cada pilar.

3.1. Prospecção do Subsolo

Ao planejar a implantação de um empreendimento na área da construção civil é de fundamental importância que se realize uma programação de sondagens de simples reconhecimento (SPT), conforme a NBR 6484/2001. Essa norma prescreve a quantidade de sondagens necessárias para cada área, os métodos e procedimentos de execução dessas sondagens para obter os parâmetros como a determinação dos tipos de solo, bem como as profundidades de sua ocorrência, a posição do nível d'água e os índices de resistência à penetração a cada metro. Essas informações foram obtidas através dos boletins de sondagem fornecidos.

3.2. Capacidade de Carga estrutural

Deve ser verificada a capacidade de carga da estaca sob o ponto de vista estrutural, de forma que esta apresente resistência suficiente para resistir aos esforços atuantes sem sofrer fissuras ou ruptura. De acordo com suas dimensões e do material utilizado, cada tipo de estaca tem uma capacidade de carga estrutural. Para a estaca raiz, foi determinada a partir da empresa Roca Fundações S/S Ltda. Para a estaca hélice, foi determinada na Riscado Engenharia e para estaca pré-moldada cravada à percussão TRI, esses valores foram obtidos da TBTC Pré-Moldados. Os valores estão apresentados na tabela 3.1.

Tabela 3.1. Capacidade de carga estrutural das estacas estudadas.

Tipo de estaca	Diâmetro (cm)	Capacidade de carga estrutural de serviço (tf)
Hélice contínua	40	58
	50	95
	60	131
Raiz	25	70
	31	102
	40	133
Pré-moldada Tri	23	35
	32	65
	41	100

O sistema estaca-solo submetido a uma carga vertical, resistirá à solicitação pela menor das resistências, seja ela a estrutural ou a geotécnica.

3.3. Capacidade de Carga Geotécnica

A estimativa de capacidade de carga das estacas foram calculadas utilizando o método semi-empírico de Aoki-Velloso, baseado no SPT, utilizando a contribuição de Monteiro de 1997, por considerar em seus procedimentos de cálculos os tipos mais recentes de fundações.

A capacidade de carga da estaca é calculada levando em consideração a resistência de ponta e o atrito lateral desenvolvido ao longo do fuste, de acordo com as expressões a seguir:

$$Q_{ult} = A \times q_{ponta,ult} + U \times \sum (\tau_{lateral,ult} \times \Delta l)$$

Onde:

Q_{ult} = Capacidade de carga geotécnica última da estaca

A = Área da seção transversal da estaca

$q_{ponta,ult}$ = Resistência de ponta da estaca

U = Perímetro da estaca

$\tau_{lateral,ult}$ = Atrito lateral da estaca

Δl = Comprimento da estaca

$$Q_{ult} = A \times \frac{k \times N}{F_1} + U \times \sum \frac{\alpha \times k \times N}{F_2} \times \Delta l$$

Onde:

α e k = Valores adotados

N = Número de golpes do SPT

F_1 = Fator de escala da capacidade de carga

F_2 = Fator de execução da capacidade de carga

Para efeito de contribuição na capacidade de carga, não foram considerados os dois primeiros metros das estacas, tendo em vista a execução dos blocos de fundação e possíveis perturbações no terreno superficial próximo às estacas. Logo, os parâmetros k e α , que variam de acordo com o tipo de solo existente no maciço de fundação, terão um único valor, obtido na tabela 3.2, pois o maciço é formado por areia ao longo de sua profundidade e os valores de F_1 e F_2 são funções do tipo de estaca, como mostra a Tabela 3.3.

Tabela 3.2. Valores de k e α (Velloso e Lopes 2010).

TIPO DE SOLO	k (kgf/cm²)	α(%)
Areia	7,3	2,1
Areia siltosa	6,8	2,3
Areia silto-argilosa	6,3	2,4
Areia argilo-siltosa	5,7	2,9
Areia argilosa	5,4	2,8
Silte arenoso	5,0	3,0
Silte areno-argiloso	4,5	3,2
Silte	4,8	3,2
Silte argilo-arenoso	4,0	3,3
Silte argiloso	3,2	3,6
Argila arenosa	4,4	3,2
Argila areno-siltosa	3,0	3,8
Argila silto-arenosa	3,3	4,1
Argila siltosa	2,6	4,5
Argila	2,5	5,5

Tabela 3.3. Valores de F1 e F2 (Velloso e Lopes 2010).

TIPO DE ESTACA	F1	F2
Franki de fuste apilado	2,30	3,00
Franki de Fuste vibrado	2,30	3,20
Metálica	1,75	3,50
Pré-moldada de concreto cravada a percussão	2,50	3,50
Pré-moldada de concreto cravada por prensagem	1,20	2,30
Escavada com lama betonítica	3,50	4,50
Raiz	2,20	2,40
Strauss	4,20	3,90
Hélice contínua	3,00	3,80

De acordo com a NBR 6122 (2010), o fator de segurança para fundações profundas deve ser igual a dois. Por isso, a capacidade de carga geotécnica de serviço deverá ser metade do valor calculado pelo método de Aoki-Velloso, como mostra a expressão a seguir:

$$Q_{adm} = \frac{Q_{ult}}{2}$$

3.4. Determinação da profundidade da estaca

Para cada tipo de estaca, foi determinada a capacidade de carga a cada metro, em toda a profundidade e inicialmente foram consideradas todas as sondagens executadas no terreno (Relatório 821/2009 com seis ensaios de SPT executado pela Riscado Engenharia, mostrado no Anexo I) para obter um gráfico de Capacidade de Carga *versus* Profundidade. Para cada tipo e diâmetro de estaca, a profundidade foi obtida considerando a capacidade de carga estrutural e a média das curvas. Entretanto, o SPT 04 apresentou valores distantes dos demais ensaios, de forma que esses apresentaram um alto valor de desvio padrão em relação à média. A solução adotada foi refazer o procedimento desconsiderando o SPT 04 para que a média estivesse a favor da segurança.

A profundidade das estacas, parâmetro determinante na capacidade de carga geotécnica, é determinada em função da capacidade de carga estrutural, uma vez que a menor resistência é a que indica a capacidade de carga da fundação. Para os diferentes diâmetros dos três tipos de estacas, a tabela 3.4 mostra a capacidade de carga geotécnica, determinada a partir da profundidade e da capacidade de carga estrutural.

Tabela 3.4. Capacidade de carga geotécnica de acordo com a profundidade fixada.

Tipo de estaca	Diâmetro (cm)	Profundidade (m)	Capacidade de carga geotécnica de serviço (tf)
Hélice contínua	40	15,5	60
	50	18,0	98
	60	20,0	135
Raiz	31	18,0	70
	40	20,0	103
	50	20,0	135
Pré-moldada Tri	23	14,0	35
	32	16,0	65
	41	18,0	101

Os gráficos que mostram a capacidade de carga ao longo do comprimento da estaca são apresentados no Apêndice I.

3.5. Número de Estacas por Pilar

Após a determinação da capacidade de carga efetiva das estacas, o número de estacas necessárias em cada pilar, em função de cada tipo e diâmetro, é obtido diretamente em função da solicitação, como mostra a expressão a seguir:

$$\text{Número de estacas} = \frac{\text{Carga do pilar}}{\text{Carga admissível da estaca}}$$

3.6. Escolha da estaca a ser empregada

Após a análise feita anteriormente com relação às vantagens e desvantagens, a avaliação dos custos terá grande relevância na escolha do tipo de estaca mais apropriada. A estaca hélice será escolhida, pois dentre os três tipos avaliados, foi a que apresentou o menor custo, de acordo com o

Apêndice I.3. Além disso, é a única que não provoca distúrbios no maciço e vibrações em alta intensidade e já é bastante utilizada na região.

Os pilares localizados no núcleo do prédio são os mais solicitados quando comparados com os pilares periféricos, e devido à interação solo-estrutura, podem apresentar maiores recalques. Por este motivo, otimização do menor custo de execução foi feito considerando a restrição de que as estacas centrais serão executadas com o maior diâmetro e as estacas periféricas poderão assumir qualquer um dos três valores, de acordo com o que apresentar o menor custo. Isto irá garantir um menor número de incertezas, e portanto, o projeto será seguro e ótimo em termos de custos.

3.7. Recalque

Através do método de Poulos e Davis descrito por Velloso e Lopes (2010), a estimativa de recalque foi feita considerando estacas compressíveis, em solo com espessura finita e com ponta em material resistente, além de considerar diferentes valores para o coeficiente de Poisson. A figura 3.1 mostra o modelo de Poulos e Davis que foi utilizado.

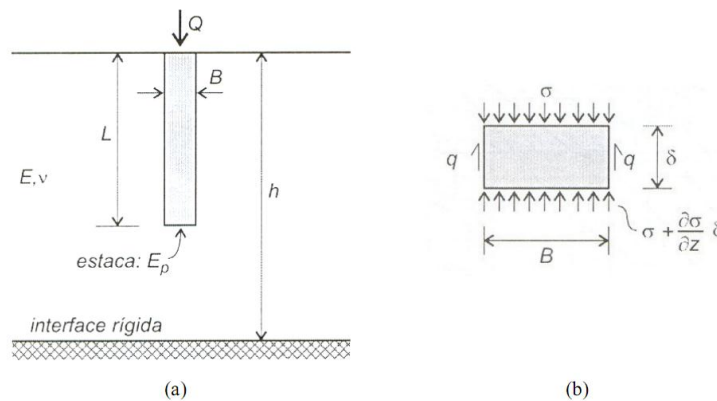


Figura 3.1. Modelo de Poulos e Davis: (a) o problema analisado; (b) o elemento de estaca (Velloso e Lopes, 2010).

O recalque é calculado utilizando-se a seguinte expressão:

$$w = \frac{Q \cdot I}{E \cdot B}$$

Onde:

Q = carga na estaca

I = fator de influência para estaca. $I = I_0 \times R_k \times R_H \times R_V \times R_B$

I_0 = fator de influência para deformações.

R_k = fator de correção para a compressibilidade da estaca;

R_h = fator de correção para a espessura finita (h) do solo compressível;

R_v = fator de correção para o coeficiente de Poisson do solo;

R_b = fator de correção para a base ou ponta em solo mais rígido.

E = módulo de elasticidade do solo

B = diâmetro da estaca.

A figura 3.2 mostra os ábacos para determinação dos fatores utilizados no recalque de estacas.

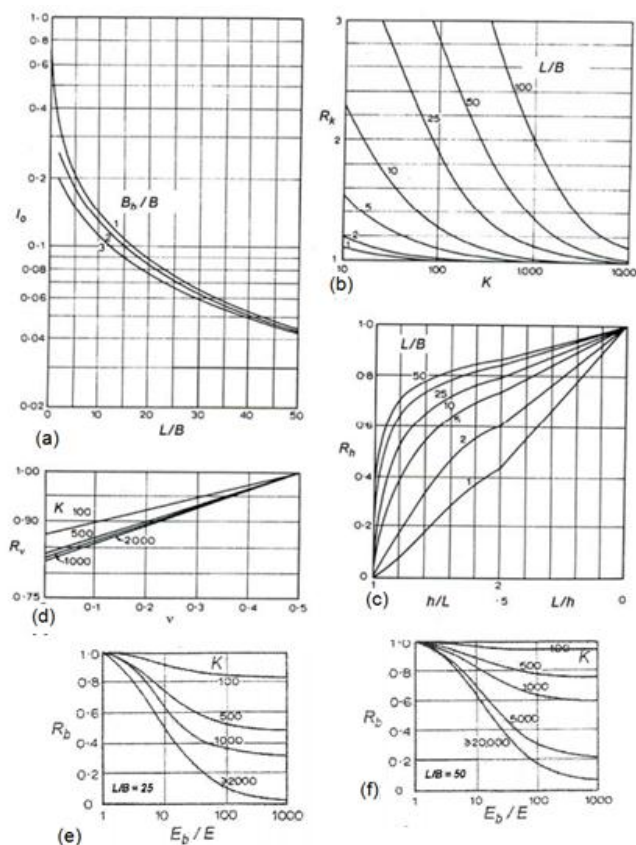


Figura 3.2. Fatores para o cálculo de recalque de estacas: (a) fator I_0 ; (b) fator R_k ; (c) fator R_v ; (d) fator R_h ; (e) fator R_b para $L/B=25$; (f); fator R_b para $L/B=50$ (Velloso e Lopes, 2010).

O cálculo para verificação do recalque encontra-se no Apêndice I deste projeto.

3.8. Atrito Negativo

De acordo com NBR 6122, a ação do atrito negativo, quando atuante, deve ser considerada no dimensionamento geotécnico e estrutural do elemento da fundação. A ação do atrito negativo também pode ocorrer em blocos de coroamento, vigas enterradas, reservatórios enterrados, etc.

O maciço em que vai ser projetada a fundação não é constituído por argila mole ou solo colapsível, o que torna desnecessário o dimensionamento considerando este tipo de esforço.

3.9. Flambagem das Estacas

A Flambagem das estacas não foi considerada nos cálculos de dimensionamento, pois as estacas serão executadas em um maciço arenoso, que não permite desconfinamento lateral.

CAPÍTULO 4. DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS

Segundo o código de zoneamento do município, as fundações não podem invadir o leito da via pública, nem prejudicar os imóveis vizinhos, para que essas exigências sejam atendidas adotou-se um afastamento de 0,90 m da divisa do terreno para assente do bloco para os pilares da periferia. Tendo isso em vista, surge a necessidade de execução de vigas de alavanca dimensionadas de forma a transferir o momento gerado pelo pilar de fronteira para o bloco. Este capítulo apresenta o procedimento de dimensionamento segundo a NBR 6118/2003.

As vigas serão dimensionadas no ELU (Estado Limite Último) e verificadas no ELS (Estado Limite de Serviço). Os cálculos de dimensionamento e o detalhamento estão apresentados no Apêndice 2.

4.1. Pré-dimensionamento

De acordo com a NBR-6118(2003) a seção transversal das vigas não deve apresentar largura menor que 12 cm. Ainda deve-se garantir a segurança à instabilidade lateral de vigas através de procedimentos apropriados. Como procedimento aproximado pode-se adotar, para vigas de concreto, com armaduras passivas ou ativas, sujeitas à flambagem lateral, as seguintes condições:

$$b \geq L/50 \text{ e } b \geq 0,4 \cdot h$$

A altura mínima de uma viga depende de fatores como o carregamento, a resistência do concreto e o vão. No entanto, é recomendado para uma estimativa inicial que se divida o comprimento do vão por doze.

$$h = L/12$$

Para a viga 1 a estimativa inicial das dimensões serão:

$$h = L/12 = \frac{4,95}{12} \approx 0,41 \text{ m}, b \geq L/50 = \frac{4,95}{50} \approx 0,099 \text{ m e } b \geq 0,4 \cdot h \approx 0,164 \text{ m} \rightarrow$$

$$h = 50 \text{ cm e } b = 20 \text{ cm}$$

4.2. Esforços Internos

O carregamento exercido sobre as vigas é devido às cargas vindas dos pilares e ao seu peso próprio. O cálculo dos esforços internos foi feito por meio de um software, o Ftool, que fornece os diagramas de Momento Fletor e esforços Cortantes. Consideraram-se vigas simplesmente apoiadas por ser a situação mais desfavorável.

Os esforços internos foram obtidos com o Ftool:

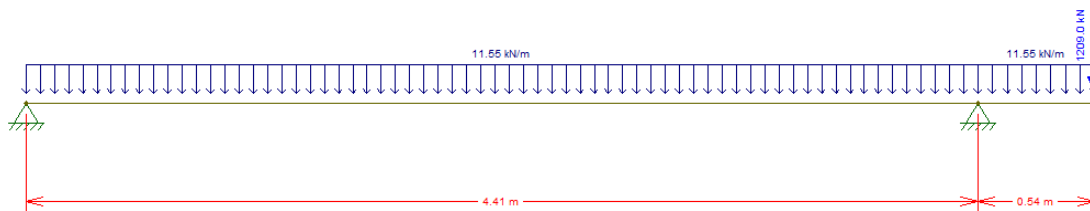


Figura 4.1. Esquema de cálculo da Viga 1.

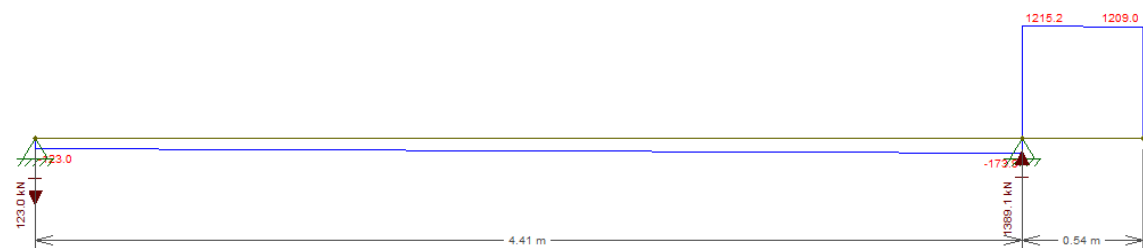


Figura 4.2. Diagrama de esforço cortante (KN) da Viga 1.

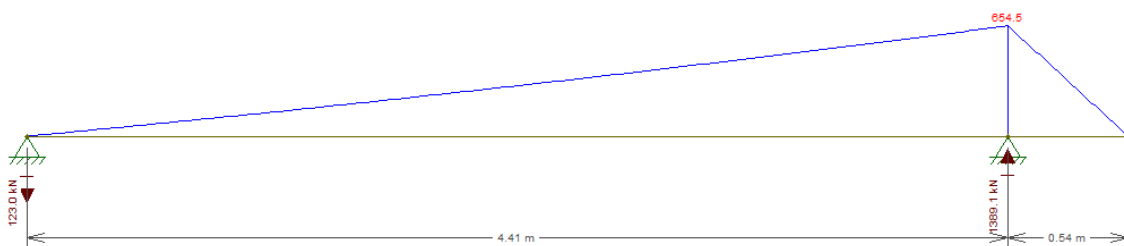


Figura 4.3. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 1.

4.3. Dimensionamento da armadura longitudinal

O dimensionamento será executado a partir do diagrama de momento fletor de cada viga de alavanca, porém por questões de segurança as vigas

serão dimensionadas para estar no domínio 3. Deve se observar que a altura h não é a mesma indicada acima, pois essa foi alterada de forma a atender as características exigidas pelo dimensionamento a cortante.

Tabela 4.1. Verificação do tipo de armadura para a seção inicial.

Dados de Entrada					Verificação				
VIGAS	TRECHO	Base	Altura	Msd(kNm)	Tração em baixo (+)	Altura útil			Armadura
		b (m)	h (m)			d (m)	d' (m)	d mín	
1	La/Lb	0,20	0,50	654,54	-	0,45	0,05	0,76	Dupla

É feito então um redimensionamento iterativo até que se atinja uma altura ótima, estima-se uma nova altura e verifica-se o d_{\min} é respeitado:

Tabela 4.2. Redimensionamento da altura da viga 1.

Redimensionando h				
Altura	d (m)	d' (m)	d mín	Armadura
h (m)				
0,55	0,50	0,05	0,44	Simples

4.3.1. Altura útil da viga

A altura útil da viga foi estimada através da seguinte fórmula: $d = 0,9 \cdot h$, uma vez que nesse momento do projeto ainda não foram determinados os diâmetros das barras de aço a serem utilizadas.

4.3.2. Domínio de Trabalho

O melhor dimensionamento de vigas em concreto armado encontra-se na fronteira dos domínios de trabalho 3 e 4. Nesta fronteira utiliza-se uma menor quantidade de concreto e a capacidade deste é utilizada ao máximo. E ainda obtém-se uma boa segurança, já que, caso ocorra ruptura de algum elemento, esta será de forma dúctil, ou seja, ocorrerá uma grande deformação antes que a estrutura entre em colapso.

Portanto, para a determinação do domínio de trabalho compara-se a posição da linha neutra com a posição da fronteira do domínio de trabalho (x_{3-4}).

A posição da linha neutra é obtida pela seguinte equação:

$$x = 1,25 \cdot d \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{M_{sd}}{0,425 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right]$$

O valor da fronteira entre os domínios de trabalho 3 e 4 é dado por:

$$x_{3-4} = \frac{0,0035 \cdot d}{0,0035 + \varepsilon_{yd}}$$

As características da viga 1 são:

Tabela 4.3. Verificação do domínio da viga 1.

Domínio						
VIGAS	X ₂₋₃ (m)	X ₃₋₄ (m)	ε _s '	M ₃₄ (kN.m)	x(m)	Domínio
1	0,13	0,31	2,94E-03	856,81	0,22	D3

4.3.3. Armadura Longitudinal

A área de aço foi calculada pela seguinte expressão:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{f_{yd} \cdot (d - 0,4 \cdot x)}$$

A norma NBR-6118(2003) exige uma armadura mínima, calculada através da taxa mínima de aço. A taxa de armadura mínima (ρ_{smin}), que é igual a 0,15%, portanto para encontrar a área de aço mínima basta utilizar a seguinte fórmula:

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b_w \cdot h$$

A quantidade de barras da armadura longitudinal é dada pela seguinte expressão:

$$n^{\circ}_{barras} = \frac{A_s}{A_{\phi}}$$

Para a viga 1:

Tabela 4.4. Dimensionamento da armadura longitudinal da viga 1.

Dimensionamento da armadura Longitudinal							
$\sigma_{s,d}$ (kPa)	As (m ²)	As min (m ²)	Posição de As	As' (m ²)	As adotado	ϕ	A ϕ
					(m ²)	(mm)	(m ²)
4,35E+05	3,65E-03	4,95E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,65E-03	32,0	8,04E-04

4.3.4. Armadura de pele

É necessária a colocação de uma armadura lateral, em cada face da alma, para seções transversais com altura superior a 60 cm, que é dada por:

$$A_{pele} = 0,001.A_c$$

De modo que o afastamento entre elas não ultrapasse $d/3$ ou 20 cm.

A viga 1 tem a altura de 55 cm, ou seja, não necessita de armadura de pele.

4.4. Dimensionamento da Armadura Transversal

Para evitar o colapso da estrutura através de esforços cisalhantes utiliza-se a armadura transversal. Esse cálculo utiliza os diagramas de esforços cortantes fornecidos pelo Ftool. Foi utilizado o modelo de cálculo I, que assume as bielas com inclinação $\theta = 45^{\circ}$ e ainda que V_c é constante e independente de V_{sd} .

4.4.1. Verificação da compressão das bielas.

Independente da taxa da armadura transversal deve ser verificada a condição: $V_{sd} \leq V_{Rd2}$, onde:

V_{sd} : é a força cortante solicitante de cálculo ($\gamma_f V_{Sk}$); na região de apoio, é o valor na respectiva face ($V_{Sd} = V_{Sd, face}$), ou seja, deve se considerar o esforço cortante a $d/2$ do apoio;

V_{Rd2} : É dado por $V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$, para $\alpha_{v2} = (1 - f_{ck}/250)$.

O ponto crítico da viga será no apoio mais próximo do balanço, e neste ponto a seção deve ser verificada antes e depois do apoio:

Tabela 4.5. Verificação da condição $V_{sd} \leq V_{Rd2}$ para a viga 1.

DIMENSIONAMENTO À CORTANTE - VIGAS APOIADAS											
Dados de entrada											
VIGAS	APOIO	Diagrama para cima (+)	Vsd		Base	Altura	d	d'	As min	V _{Rd2}	Verificação V _{sd} <V _{Rd2}
			(kN)	(kN) módulo	b (m)	h (m)	(m)	(m)	(m ²)	(kN)	
1	*B	-	-171,01	171,01	0,20	0,55	0,50	0,05	1,65E-04	433,93	OK
1	B*	+	1.212,35	1.212,35	0,20	0,55	0,50	0,05	1,65E-04	433,93	Trocar seção

O redimensionamento da base da seção, b , é feito de forma a atender as solicitações antes e depois do apoio:

Tabela 4.6. Redimensionamento da base segundo a solicitação da viga 1.

		Redimensionando b				
VIGAS	APOIO	Base			V _{Rd2} (kN)	Verificação V _{sd} <V _{Rd2}
		b (m)	maior	usada		
1	*B	0,20	0,60	0,60	1.301,79	OK
1	B*	0,56		0,60	1.301,79	OK

Após a verificação da biela comprimida, deve ser verificada a seguinte condição: $V_{sd} \leq V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$, onde:

V_{rd3} : é o esforço cortante resistente de cálculo devido à ruína por tração diagonal do concreto;

V_c : é a parcela de cortante resistido pelo concreto, dado por:

$V_c = V_{co} = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$, sendo:

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} \qquad f_{ctk,inf} = 0,7 \cdot f_{ctm} \qquad f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c}$$

V_{sw} : é a parcela de cortante resistido pela armadura transversal;

Considerando $V_{sd} = V_{Rd3}$ temos: $V_{sw} = V_{sd} - V_c$, que é o esforço absorvido pelo aço, então temos como dimensioná-lo, para estribos transversais com $\alpha = 90^\circ$, através de:

$$A_s = \frac{V_{sw}}{0,9 \times d \times f_{ywd}}$$

em cm^2/cm

Sendo o número de estribos dado por: $n_w = \frac{a_{sw}}{2} \cdot A_\phi$, para $a_{sw} = \frac{A_{sw}}{s}$.

Deve-se observar o fato de que a armadura não deve ser menor que a armadura mínima, dada por:

$$a_{sw,min} = \rho_{sw,min} \times b_w$$

sendo:

$$\rho_{sw,min} = 0,2 \times \frac{f_{ctm}}{f_{ywk}}$$

Para a viga 1 a sequencia de cálculo foi a seguinte:

Tabela 4.7. Dimensionamento da armadura transversal da viga 1.

Cálculo da armadura transversal						
VIGAS	Vcd	Vsw	Observação	Asw	Asw,min	Asw _{adotado}
	(kN)	(kN)		(cm ² /m)	(cm ² /m)	(cm ² /m)
1	230,85	-59,84	não precisa	0,00	6,16	6,16
1	230,85	981,50	necessita de armadura	28,96	6,16	28,96

4.5. Detalhamento da armadura

O detalhamento das armaduras longitudinal e transversal foi determinado utilizando o programa Eberick. As plantas com o detalhamento se encontram no apêndice.

4.6. Observações

As vigas foram dimensionadas segundo um critério iterativo onde se redimensionava a seção em função do carregamento, porém, ao se redimensionar a viga se alteravam as solicitações que eram também em função do peso próprio.

Tabela 4.8. Resultado do redimensionamento da viga 1.

Resultados									
VIGAS	Dimensões usadas		Peso da viga	Reação 1	Reação 2	Msd	d	Vsd a	Vsd b
	b	h	q3 (kN/m)	V1 (kN)	V2 (kN)	kN.m	m	kN	kN
1	0,60	0,55	11,55	-122,96	1.389,13	654,54	0,50	-171,01	1.212,35

Os cálculos de detalhamento das vigas foram estimados e esquematizados através do Eberick, onde foram inseridas os dados da seção dimensionada anteriormente:

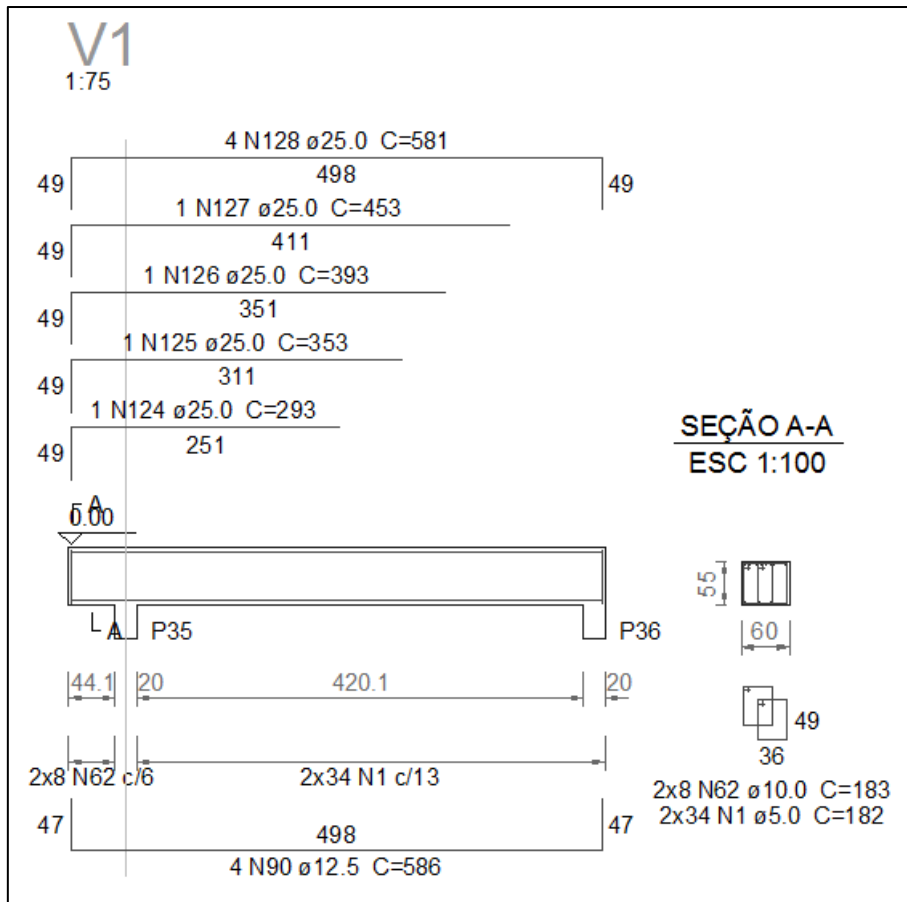


Figura 4.4. Detalhamento da Viga 1 dado pelo Eberik.

CAPÍTULO 5. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DOS BLOCOS

Devido a uma grande dificuldade em garantir que os blocos de fundação distribuam uniformemente a carga entre as estacas, torna-se necessário dispor de métodos de cálculos eficazes, que garantam a segurança desses elementos. Entretanto, ainda é frequente a utilização de muitas regras de ordem prática, insuficientemente justificadas em termos de modelo de cálculo. Essa deficiência também é verificada na literatura técnica, em que se observa uma falta de uniformidade na classificação dos blocos.

5.1. Modelos de cálculo

Existem dois métodos utilizados para o dimensionamento dos blocos de coroamento, o modelo da biela e o método da viga.

5.1.1. Modelo da biela

Os blocos de fundação devem ser peças suficientemente rígidas para que sua deformabilidade não afete os esforços atuantes na superestrutura nem no próprio terreno de fundação. Para isto, a altura do bloco deve permitir a transmissão direta da carga, desde a base do pilar no topo do bloco até o topo das estacas na base do bloco, por meio de bielas comprimidas.

5.1.2. Modelo da viga

Assume-se no Modelo de Viga que o bloco de fundação se comporta como uma viga sobre apoios simples (estacas), podendo ser adotada a teoria da elasticidade para a determinação dos esforços e dimensionamento das armaduras.

O dimensionamento do bloco de fundação como uma viga pode ser aplicado desde que o bloco possua uma geometria que possibilite tal hipótese. Dessa maneira, observa-se que a utilização do Modelo de Viga pode ser particularmente útil no caso de blocos com um grande número de estacas afastadas do pilar.

Para o dimensionamento dos blocos que possuem até 12 estacas, será utilizado o modelo das bielas, apresentando-se uma sequência que envolve o

cálculo da forma, o ângulo de inclinação da biela, a força resultante sobre a biela comprimida, a força de tração na armadura e o consequente dimensionamento da área de aço.

5.2. Armadura mínima

A área de aço calculada deve ser comparada com a área mínima prescrita pela norma. Esta é calculada pela seguinte fórmula:

$$A_{s,min} = 0,0015 \times b \times h$$

Em que h é altura do bloco e b é uma faixa de largura compreendida entre $0,85\Phi_{est}$ e $1,2\Phi_{est}$, considerando que a armadura é distribuída em 85% do diâmetro da estaca.

Para todos os blocos, foi utilizado um balanço t , fixado em 20 cm e a distância L entre o eixo das estacas foi determinada de acordo com o diâmetro, como mostra a expressão:

$$L = 2,5 \times d$$

A altura total do bloco foi determinada somando-se a altura útil d e o comprimento da estaca dentro do bloco d' . Logo:

$$h = d + d'$$

5.3. Armadura de pele

Os elementos estruturais que possuem grande altura e espessura de cobertura de armadura considerável podem apresentar fissuração excessiva, que pode ser evitada com a utilização da armadura de pele, que é formada por barras de aço paralelas e próximas às faces dessas peças. A área total de armadura de pele pode ser determinada através da seguinte expressão:

$$A_{sl} = 0,001 \times b \times h$$

Sendo h a altura do bloco e b determinado da seguinte forma:

$$b = \Phi_{est} + 2t$$

As formulações para o cálculo das dimensões para cada tipo de bloco, inclinação das bielas, verificações das tensões máximas de compressão no concreto e o cálculo da armadura principal de tração serão apresentados nos itens que se seguem.

5.4. Blocos sobre uma estaca

O cálculo da forma para blocos sobre uma estaca é feito utilizando as seguintes expressões:

$$a = \varphi_{est} + 2t$$

$$b = \varphi_{est} + 2t$$

Sendo a e b as dimensões do bloco.

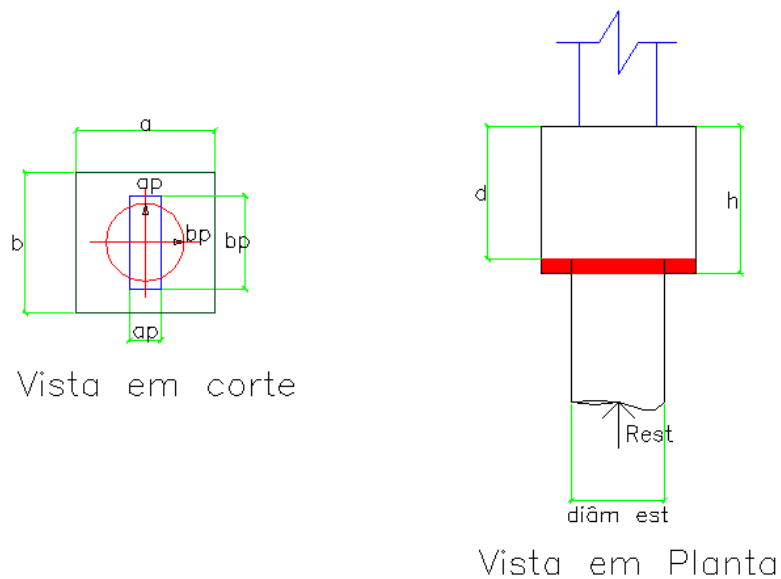


Figura 5.1. Esquema para o cálculo de blocos sobre 1 estaca.

5.4.1. Modelo de Cálculo

Para o dimensionamento do bloco sobre uma estaca, será utilizado o modelo simplificado proposto por Langendonck. As expressões a seguir serão

utilizadas para o cálculo da força de tração no bloco e a área de aço necessária nas direções x e y:

$$R_{tt \, dx} = 0,28 \times \left(\frac{\Phi_{est} - a_p}{\Phi_{est}} \right) \times F_d \quad A_{sx} = \frac{R_{tt \, dx}}{f_{yd}}$$

$$R_{tt \, dy} = 0,28 \times \left(\frac{\Phi_{est} - b_p}{\Phi_{est}} \right) \times F_d \quad A_{sy} = \frac{R_{tt \, dy}}{f_{yd}}$$

Onde:

R_{tt} = Força de tração nas direções x e y

Φ_{est} = Diâmetro da estaca

a_p = Menor dimensão do pilar

b_p = Maior dimensão do pilar

Segundo a NBR 6118 / 2003, deve ser verificada a pressão de contato em uma área reduzida, de acordo com a expressão a seguir:

$$F_{rd} = A_{c0} \times \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c2}}} \leq 3,3 \times f_{cd} \times A_{c0}$$

Sendo A_{c0} e A_{c1} as áreas mínima e máxima carregadas, respectivamente.

5.4.2. Exemplo

Pilar 38 (20x60cm)

Q = 69 tf

Φ_{est} = 50 cm

t = 20 cm

d' = 10 cm

Cálculo da forma:

$$a = \varphi_{est} + 2t = 50 + 2 \times 40 = 90cm$$

$$b = \varphi_{est} + 2t = 50 + 2 \times 40 = 90cm$$

Sendo $d = 55cm$ a altura útil para blocos sobre 1 estaca, a altura total será:

$$h = d + d' = 55 + 10 = 65cm$$

Peso próprio do bloco:

$$P_p = 1,4 \times 2,5 \times a \times b \times h = 1,4 \times 2,5 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,65 = 1,8tf$$

Carga total:

$$Q_{total} = 69 + 1,8 = 71tf$$

Verificação do nº de estacas:

$$n^{\circ} = \frac{Q_{total}}{Q_{estrutural}} = \frac{71}{95} \cong 1estaca$$

Força de tração no bloco e área de aço:

$$R_{tt} = 0,28 \times \left(\frac{\Phi_{est} - a_p}{\Phi_{est}} \right) \times F_d = 0,28 \times \left(\frac{0,50 - 0,20}{0,50} \right) \times 71 = 11,9tf$$

$$A_{sx} = \frac{R_{tt}}{f_{yd}} = \frac{11,9}{44334,8} = 2,7cm^2$$

Comparando com a armadura mínima:

$$A_{s,min} = 0,0015 \times b \times h = 0,0015 \times 0,85 \times 50 \times 75 = 4,1cm^2$$

$A_{s,min}$ será adotado.

Cálculo da armadura de pele:

$$A_{sl} = 0,001 \times (\Phi_{est} + 2t) \times h = 0,001 \times (50 + 2 \times 20) \times 65 = 5,9cm^2$$

5.5. Blocos sobre duas estacas

O cálculo da forma para blocos sobre duas estacas é feito utilizando as seguintes fórmulas:

$$a = L + \varphi_{est} + 2t$$

$$b = \varphi_{est} + 2t$$

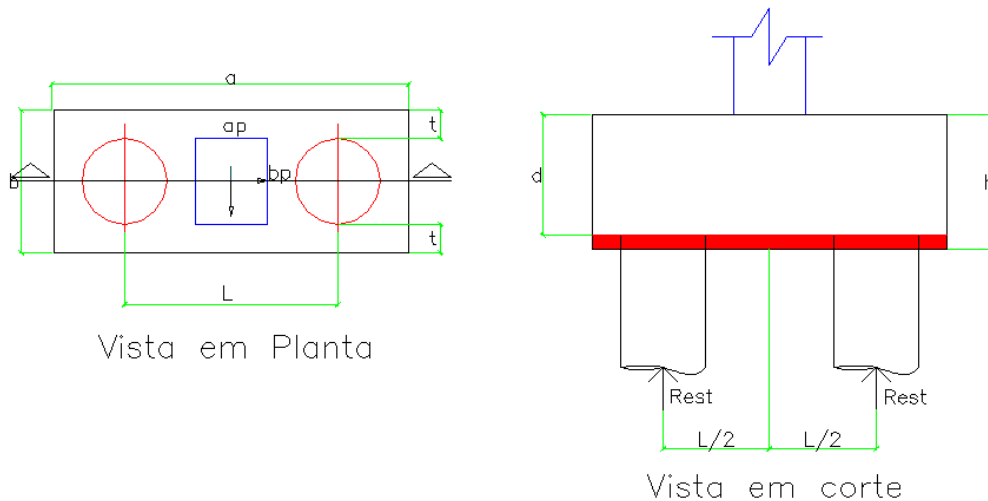


Figura 5.2. Esquema para o cálculo de blocos sobre 2 estacas.

5.5.1. Ângulo de inclinação da biela

O ângulo de inclinação da biela comprimida é dado pela seguinte fórmula:

$$\tan \theta = \frac{d}{\frac{1}{2}L - \frac{1}{4}a_{pilar}}$$

Recomenda-se que a inclinação da biela fique entre $45^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$.

5.5.2. Resultante na biela comprimida e força de tração na armadura principal

A resultante de compressão na biela e a força de tração na armadura principal são determinadas através do equilíbrio de forças do nó junto à estaca, como mostra a Figura 4.3 e as equações a seguir:

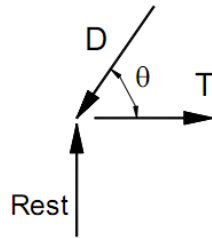


Figura 5.3. Determinação da força resultante na biela comprimida e na armadura principal.

$$D = \frac{R_{est}}{\sin \theta}$$

$$T = \frac{R_{est}}{d} \left(\frac{L}{2} - \frac{a_{pilar}}{4} \right)$$

Onde D é a resultante de compressão na biela junto à estaca; T é a resultante de tração de cálculo no tirante e R_{est} é a reação na estaca mais carregada (valor de cálculo para a combinação de ações analisada).

Por fim, a área da armadura principal de tração é dada pela fórmula:

$$A_{st} = \frac{T}{f_{yd}}$$

5.5.3. Verificação das tensões de compressão atuantes na biela

Para evitar o esmagamento da biela diagonal, deve-se limitar as tensões de compressão atuantes na mesma, junto ao pilar e à estaca respectivamente, como mostram as equações seguintes:

$$\sigma_{c,biela} = \frac{2R_{est}}{A_{pilar} \times (\sin \theta)^2} \leq 1,4f_{cd}$$

$$\sigma_{c,biela} = \frac{R_{est}}{A_{est} \times (\sin \theta)^2} \leq 0,85f_{cd}$$

5.5.4. Exemplo

Pilar 01 (30x60cm)

$$Q = 237 \text{ tf}$$

$$\Phi_{\text{est}} = 60 \text{ cm}$$

$$t = 20 \text{ cm}$$

$$d' = 10 \text{ cm}$$

$$L = 150 \text{ cm}$$

Cálculo da forma:

$$a = L + \varphi_{\text{est}} + 2t = 150 + 60 + 2 \times 20 = 250 \text{ cm}$$

$$b = \varphi_{\text{est}} + 2t = 60 + 2 \times 20 = 100 \text{ cm}$$

Altura útil de acordo com o ângulo de inclinação da biela comprimida:

- Para $\theta=45^\circ$:

$$d = \tan \theta \times \left(\frac{1}{2}L - \frac{1}{4}a_{\text{pilar}} \right) = \tan 45 \times \left(\frac{150}{2} - \frac{30}{4} \right) = 67,5 \text{ cm}$$

- Para $\theta=55^\circ$:

$$d = \tan \theta \times \left(\frac{1}{2}L - \frac{1}{4}a_{\text{pilar}} \right) = \tan 55 \times \left(\frac{150}{2} - \frac{30}{4} \right) = 96,4 \text{ cm}$$

A altura útil escolhida:

$$d = \frac{67,5 + 96,4}{2} = 80 \text{ cm}$$

A altura total será:

$$h = d + d' = 80 + 10 = 90 \text{ cm}$$

Peso próprio do bloco:

$$P_p = 1,4 \times 2,5 \times a \times b \times h = 1,4 \times 2,5 \times 2,5 \times 1,0 \times 0,9 = 7,9 \text{ tf}$$

Alívio da viga de Alavanca:

$$A = -9,1 \text{ tf}$$

Carga total:

$$Q_{total} = 237 + 7,9 - 9,1 = 236 \text{ tf}$$

Verificação do nº de estacas:

$$n^{\circ} = \frac{Q_{total}}{Q_{estrutural}} = \frac{236}{131} \cong 2 \text{ estacas}$$

Ângulo da biela comprimida para $d = 80\text{cm}$:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{d}{\frac{1}{2}L - \frac{1}{4}a_{pilar}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{80}{\frac{150}{2} - \frac{30}{4}} \right) = 49,8^{\circ}$$

Força resultante na estaca:

$$R_{est} = \frac{236}{2} = 118 \text{ tf}$$

Verificação das tensões de compressão atuantes na biela:

$$\sigma_{c,biela} = \frac{2R_{est}}{A_{pilar} \times (\sin \theta)^2} \leq 1,4f_{cd} \therefore \frac{2 \times 118}{(30 \times 60) \times (\sin 49,8)^2} \leq 1,4 \times 1820,9$$
$$\therefore 2245 < 2548 \rightarrow ok$$

$$\sigma_{c,biela} = \frac{R_{est}}{A_{est} \times (\sin \theta)^2} \leq 0,85f_{cd} \therefore \frac{118}{\frac{\pi \times 60^2}{4} \times (\sin 49,8)^2} \leq 0,85 \times 1820,9$$
$$\therefore 714 < 1548 \rightarrow ok$$

Determinação da força na armadura principal:

$$T = \frac{R_{est}}{\tan \theta} = \frac{118}{\tan 49,8^{\circ}} = 99,7 \text{ tf}$$

Por fim, a área da armadura principal de tração é dada pela fórmula:

$$A_{st} = \frac{T}{f_{yd}} = \frac{99,7}{44334,8} = 22,5 \text{ cm}^2$$

Comparando com a armadura mínima:

$$A_{s,min} = 0,0015 \times b \times h = 0,0015 \times 0,85 \times 60 \times 90 = 6,9 \text{ cm}^2$$

A_{st} será adotado.

Cálculo da armadura de pele:

$$A_{sl} = 0,001 \times (\Phi_{est} + 2t) \times h = 0,001 \times (60 + 2 \times 20) \times 90 = 9,0 \text{ cm}^2$$

5.6. Blocos sobre três estacas

Para blocos sobre três estacas, a determinação das dimensões é feita utilizando a seguinte fórmula:

$$a = L + \varphi_{est} - 4$$

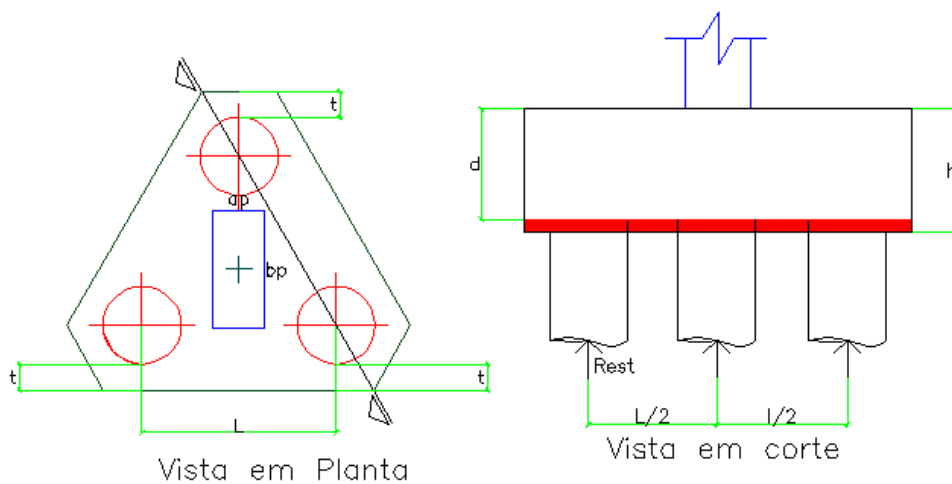


Figura 5.4. Esquema para o cálculo de blocos sobre 3 estacas.

5.6.1. Ângulo de inclinação das bielas

O ângulo de inclinação da biela comprimida é dado pela fórmula abaixo:

$$\tan \theta = \frac{d}{\frac{L\sqrt{3}}{3} - 0,3a_m}$$

$$45^\circ < \theta < 55^\circ$$

Sendo a_m a menor dimensão do pilar.

O ângulo de inclinação da biela deve estar entre 45° e 55° .

5.6.2. Resultante na biela comprimida e força de tração na armadura principal

A resultante de compressão na biela para o bloco sobre três estacas e a força de tração na armadura principal será:

$$T = \frac{R_{est}}{d} \left(\frac{L\sqrt{3}}{3} - 0,3a_m \right)$$

A área da armadura principal de tração é calculada por:

$$A_{st} = \frac{T}{f_{yd}}$$

Essa armadura foi calculada admitindo-se as barras dispostas, em planta, nas direções das bielas, ou seja, nas medianas do triângulo formado pelas estacas. Entretanto, as barras podem ser dispostas também segundo os lados das estacas, como mostra a figura 4.5.

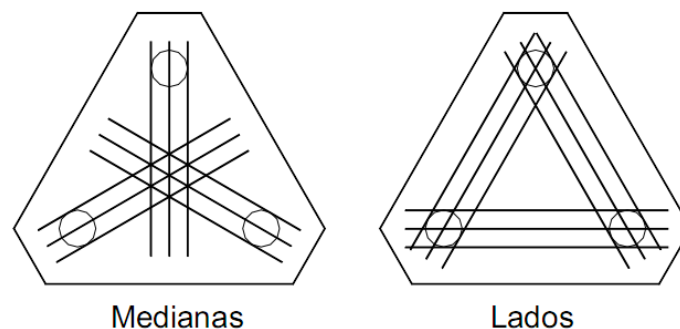


Figura 5.5. Possíveis disposições de armaduras para blocos sobre 3 estacas.

Se detalhamento escolhido dispuser as barras segundo os lados, as forças resultantes T calculadas nas direções das bielas devem ser decompostas nas direções dos lados do triângulo formado pelas estacas, como mostra a figura 4.6.

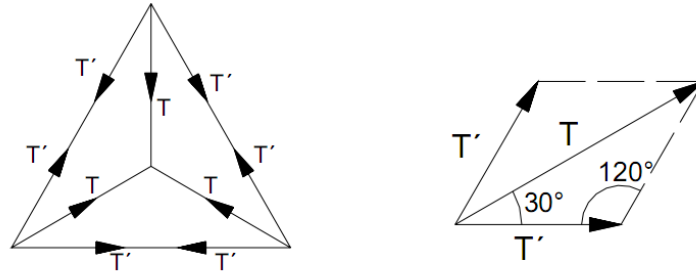


Figura 5.6. Forças resultantes calculadas nas direções das bielas.

Decompondo-se as forças, determina-se a resultante de tração \$T'\$ das barras dispostas segundo os lados:

$$T' = \frac{T\sqrt{3}}{3}$$

A área de armadura segundo os lados é obtida dividindo-se \$T'\$ pela resistência ao escoamento de cálculo.

$$A_{st} = \frac{T'}{f_{yd}}$$

5.6.3. Verificação das tensões de compressão atuantes na biela

Calculando-se as áreas das bielas junto ao pilar e junto à estaca, respectivamente, as expressões para o cálculo das tensões nas bielas são limitadas para evitar o esmagamento:

$$\sigma_{c,biela} = \frac{3R_{est}}{A_{pilar} \times (\sin \theta)^2} \leq 1,75f_{cd}$$

$$\sigma_{c,biela} = \frac{R_{est}}{A_{est} \times (\sin \theta)^2} \leq 0,85f_{cd}$$

5.6.4. Exemplo

Pilar 31 (40x80cm)

Q = 320 tf

\$\Phi_{est}\$ = 60 cm

t = 20 cm

$$d' = 10 \text{ cm}$$

$$L = 150 \text{ cm}$$

Cálculo da forma:

$$a = L + \varphi_{est} - 4 = 150 + 60 - 4 = 206 \text{ cm}$$

Altura útil de acordo com o ângulo de inclinação da biela comprimida:

- Para $\theta=45^\circ$:

$$d = \tan \theta \times \left(\frac{L\sqrt{3}}{3} - 0,3a_{\text{pilar}} \right) = \tan 45 \times \left(\frac{150\sqrt{3}}{3} - 0,3 \times 40 \right) = 74,6 \text{ cm}$$

- Para $\theta=55^\circ$:

$$d = \tan \theta \times \left(\frac{L\sqrt{3}}{3} - 0,3a_{\text{pilar}} \right) = \tan 55 \times \left(\frac{150\sqrt{3}}{3} - 0,3 \times 40 \right) = 106,5 \text{ cm}$$

A altura útil escolhida:

$$d = \frac{74,6 + 106,5}{2} = 90 \text{ cm}$$

A altura total será:

$$h = d + d' = 90 + 10 = 100 \text{ cm}$$

Peso próprio do bloco:

$$P_p = 1,4 \times 2,5 \times \frac{a \times b}{2} \times h = 1,4 \times 2,5 \times \frac{2,06 \times 2,06}{2} \times 1,0 = 7,4 \text{ tf}$$

Carga total:

$$Q_{\text{total}} = 320 + 7,4 = 327,4 \text{ tf}$$

Verificação do nº de estacas:

$$n^{\circ} = \frac{Q_{\text{total}}}{Q_{\text{estrutural}}} = \frac{327,4}{131} \cong 3 \text{ estacas}$$

Ângulo da biela comprimida para $d = 90\text{cm}$:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{d}{\frac{L\sqrt{3}}{3} - 0,3a_m}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{90}{\frac{150\sqrt{3}}{3} - 0,3 \times 40}\right) = 50,3^\circ$$

Força resultante na estaca:

$$R_{est} = \frac{327,4}{3} = 109 \text{ tf}$$

Verificação das tensões de compressão atuantes na biela:

$$\sigma_{c,biela} = \frac{3R_{est}}{A_{pilar} \times (\sin \theta)^2} \leq 1,75f_{cd} \therefore \frac{3 \times 109}{(40 \times 80) \times (\sin 50,3)^\circ} \leq 1,75 \times 1820,9$$
$$\therefore 1153 < 3187 \rightarrow ok$$

$$\sigma_{c,biela} = \frac{R_{est}}{A_{est} \times (\sin \theta)^2} \leq 0,85f_{cd} \therefore \frac{109}{\frac{\pi \times 60^2}{4} \times (\sin 50,3^\circ)^2} \leq 0,85 \times 1820,9$$
$$\therefore 652 < 1548 \rightarrow ok$$

Determinação da força na armadura principal:

$$T = \frac{R_{est}}{\tan \theta} = \frac{109}{\tan 50,3^\circ} = 90,5 \text{ tf}$$

Por fim, a área da armadura principal de tração é dada pela fórmula:

$$A_{st} = \frac{T}{f_{yd}} = \frac{90,5}{44334,8} = 20,4 \text{ cm}^2$$

Comparando com a armadura mínima:

$$A_{s,min} = 0,0015 \times b \times h = 0,0015 \times 0,85 \times 60 \times 100 = 7,7 \text{ cm}^2$$

A_{st} será adotado.

Cálculo da armadura de pele:

$$A_{sl} = 0,001 \times (\Phi_{est} + 2t) \times h = 0,001 \times (60 + 2 \times 20) \times 100 = 10 \text{ cm}^2$$

5.7. Blocos sobre quatro estacas

O cálculo da forma para blocos sobre quatro estacas é feito utilizando a seguinte fórmula:

$$a = L + \varphi_{est} + 2t$$

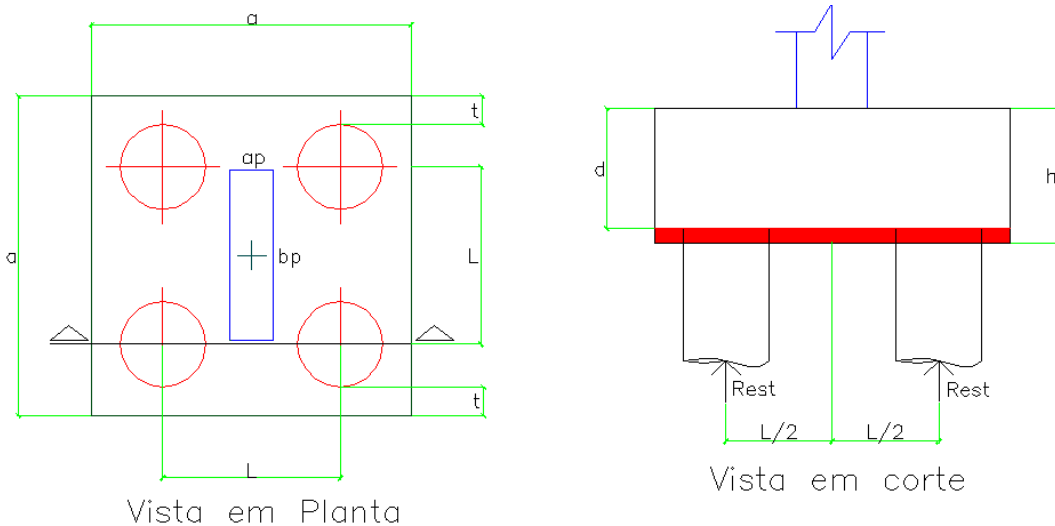


Figura 5.7. Esquema para o cálculo de blocos sobre quatro estacas.

5.7.1. Ângulo de inclinação das bielas

O ângulo de inclinação da biela comprimida é dado pela fórmula abaixo:

$$\tan \theta = \frac{d}{\frac{L\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} a_m}$$

Sendo a_m a menor dimensão do pilar.

O ângulo de inclinação da biela deve estar entre 45° e 55° .

5.7.2. Resultante na biela comprimida e força de tração na armadura principal

Da mesma maneira dos casos anteriores, por equilíbrio de forças do nó junto à estaca, a resultante é dada pela seguinte expressão:

$$T = \frac{R_{est}}{d} \left(\frac{L\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} a_m \right)$$

A área da armadura principal de tração é calculada por:

$$A_{st} = \frac{T}{f_{yd}}$$

5.7.3. Verificação das tensões de compressão atuantes na biela

As seguintes expressões são utilizadas para o cálculo das tensões nas bielas, junto ao pilar e à estaca, respectivamente:

$$\sigma_{c,biela} = \frac{4R_{est}}{A_{pilar} \times (\sin \theta)^2} \leq 2,10f_{cd}$$

$$\sigma_{c,biela} = \frac{R_{est}}{A_{est} \times (\sin \theta)^2} \leq 0,85f_{cd}$$

A área da armadura principal de tração, segundo as direções das bielas (ou diagonais do quadrado formado pelas estacas) é calculada por:

$$A_{st} = \frac{T}{f_{yd}}$$

Entretanto, as armaduras podem estar dispostas na direção dos lados do quadrado definido pelas estacas e segundo uma malha, conforme a figura 4.8.

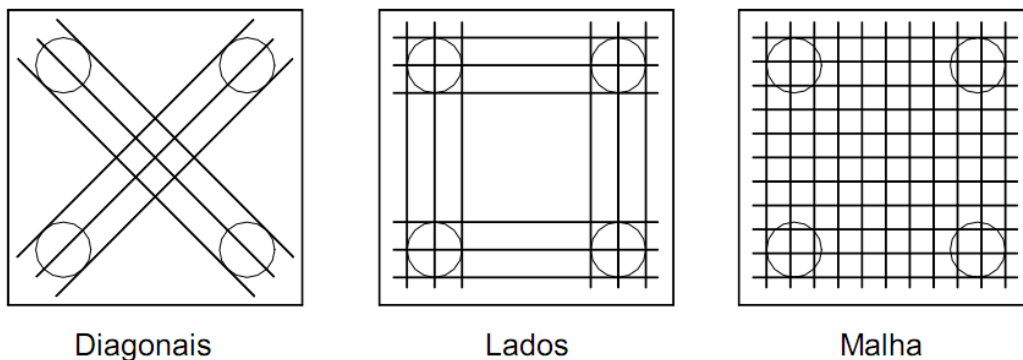


Figura 5.8. Disposições de armaduras para blocos sobre quatro estacas.

Para as armaduras dispostas segundo os lados dos quadrados formados pelas estacas, deve-se decompor a resultante T, o que resulta em:

$$T' = \frac{T\sqrt{2}}{2}$$

Logo, a área de aço será calculada através da seguinte expressão:

$$A_{st} = \frac{T'}{f_{yd}}$$

5.7.4. Exemplo

Pilar 15 (40x90cm)

Q = 427 tf

$\Phi_{est} = 60$ cm

t = 20 cm

d' = 10 cm

L = 150 cm

Cálculo da forma:

$$a = L + \varphi_{est} + 2t = 150 + 60 + 2 \times 20 = 250 \text{ cm}$$

Altura útil de acordo com o ângulo de inclinação da biela comprimida:

- Para $\theta=45^\circ$:

$$d = \tan \theta \times \left(\frac{L\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} a_m \right) = \tan 45 \times \left(\frac{150\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \times 40 \right) = 91,9 \text{ cm}$$

- Para $\theta=55^\circ$:

$$d = \tan \theta \times \left(\frac{L\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} a_m \right) = \tan 55 \times \left(\frac{150\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \times 40 \right) = 131,3 \text{ cm}$$

A altura útil escolhida:

$$d = \frac{91,9 + 131,3}{2} = 110 \text{ cm}$$

A altura total será:

$$h = d + d' = 110 + 10 = 120 \text{ cm}$$

Peso próprio do bloco:

$$P_p = 1,4 \times 2,5 \times a \times b \times h = 1,4 \times 2,5 \times 2,5 \times 2,5 \times 1,2 = 26,3 \text{ tf}$$

Carga total:

$$Q_{total} = 427 + 26,3 = 453,3 \text{ tf}$$

Verificação do nº de estacas:

$$n^{\circ} = \frac{Q_{total}}{Q_{estrutural}} = \frac{453,3}{131} \cong 4 \text{ estacas}$$

Ângulo da biela comprimida para $d = 110 \text{ cm}$:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{d}{\frac{L\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} a_m} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{110}{\frac{150\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \times 40} \right) = 50,1^{\circ}$$

Força resultante na estaca:

$$R_{est} = \frac{453,3}{4} = 113 \text{ tf}$$

Verificação das tensões de compressão atuantes na biela:

$$\sigma_{c,biela} = \frac{4R_{est}}{A_{pilar} \times (\sin \theta)^2} \leq 2,10 f_{cd} \therefore \frac{4 \times 113}{(40 \times 90) \times (\sin 50,1)^2} \leq 2,10 \times 1820,9$$
$$\therefore 1071 < 3824 \rightarrow ok$$

$$\sigma_{c,biela} = \frac{R_{est}}{A_{est} \times (\sin \theta)^2} \leq 0,85 f_{cd} \therefore \frac{113}{\frac{\pi \times 60^2}{4} \times (\sin 50,1)^2} \leq 0,85 \times 1820,9$$
$$\therefore 682 < 1548 \rightarrow ok$$

Determinação da força na armadura principal:

$$T = \frac{R_{est}}{\tan \theta} = \frac{113}{\tan 50,1^\circ} = 94,5 \text{ tf}$$

Por fim, a área da armadura principal de tração é dada pela fórmula:

$$A_{st} = \frac{T}{f_{yd}} = \frac{94,5}{44334,8} = 21,4 \text{ cm}^2$$

Comparando com a armadura mínima:

$$A_{s,min} = 0,0015 \times b \times h = 0,0015 \times 0,85 \times 60 \times 120 = 9,2 \text{ cm}^2$$

A_{st} será adotado.

Cálculo da armadura de pele:

$$A_{sl} = 0,001 \times (\phi_{est} + 2t) \times h = 0,001 \times (60 + 2 \times 20) \times 120 = 12 \text{ cm}^2$$

5.8. Blocos sobre cinco estacas

O cálculo da forma para blocos sobre cinco estacas é feito utilizando as seguintes fórmulas:

$$a = L\sqrt{2} + \phi_{est} + 2t$$

Em princípio, nos blocos sobre cinco estacas, estas poderiam ser dispostas em planta de forma que seus eixos formassem um pentágono (cinco lados). Entretanto, existem outras disposições de estaqueamento mais econômicas, com menor área ocupada. A forma mais prática e econômica é dispor quatro estacas na periferia – formando um quadrado ou um retângulo – e mais uma estaca no centro do bloco, como mostra a figura 4.9. Dessa maneira, o dimensionamento é similar ao caso de blocos com quatro estacas, obtendo-se inclusive expressões análogas.

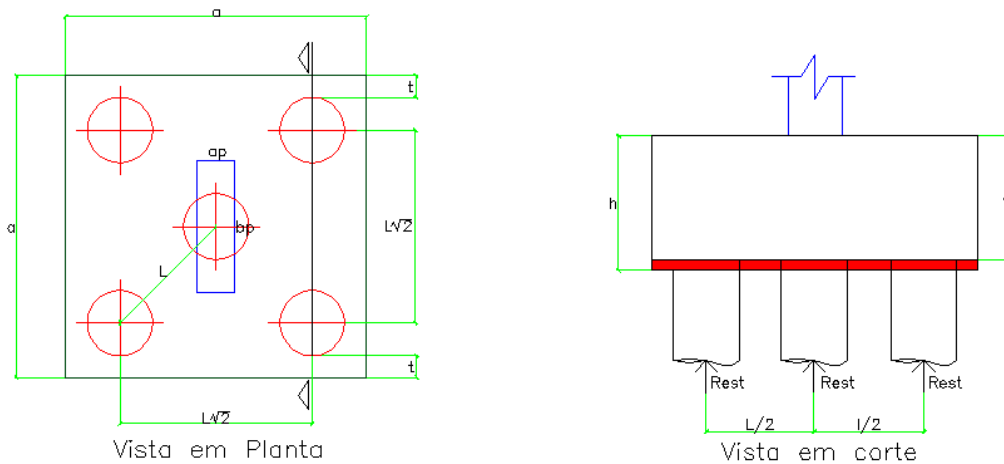


Figura 5.9. Esquema para o cálculo de blocos sobre cinco estacas.

A estaca posicionada no centro do bloco não modifica a maneira de dimensionar das armaduras, sendo computada apenas no cálculo da reação vertical em cada estaca e na respectiva biela. O detalhamento das armaduras principais de tração é semelhante ao caso dos blocos de quatro estacas, podendo-se dispor as armaduras segundo as diagonais, segundo os lados ou em malha.

5.9. Blocos sobre seis estacas

Para blocos com seis estacas, a disposição mostrada na Figura 4.10 é a mais indicada, devendo a maior dimensão do bloco ser paralela à maior dimensão do pilar. Assim, o cálculo da forma é o apresentado a seguir:

$$a = 2L + \varphi_{est} + 2t$$

$$b = L + \varphi_{est} + 2t$$

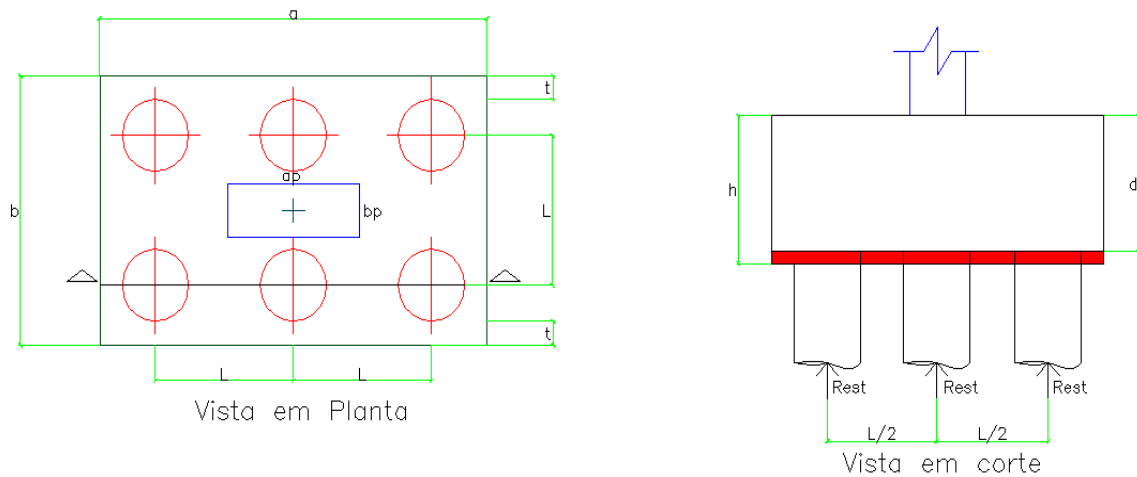


Figura 5.10. Estaqueamento recomendado para blocos sobre seis estacas.

5.9.1. Ângulo de inclinação das bielas

O ângulo de inclinação da biela comprimida é dado pela fórmula abaixo:

$$\tan \theta = \frac{d}{\frac{L\sqrt{5}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} a_m}$$

Sendo a_m a menor dimensão do pilar.

O ângulo de inclinação da biela deve estar entre 45° e 55° .

5.9.2. Resultante na biela comprimida e força de tração na armadura principal

Da mesma maneira dos casos anteriores, por equilíbrio de forças do nó junto à estaca, a resultante será:

$$T = \frac{R_{est}}{d} \left(\frac{L\sqrt{5}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} a_m \right)$$

Para as armaduras dispostas segundo os lados do bloco, deve-se decompor a resultante T, resultando:

$$T' = T \times \sin(26,6^\circ)$$

Portanto, a área de aço de tração é calculada por:

$$A_{st} = \frac{T'}{f_{yd}}$$

5.9.3. Verificação das tensões de compressão atuantes na biela

O cálculo das tensões nas bielas, junto ao pilar e à estaca, são respectivamente:

$$\sigma_{c,biela} = \frac{6R_{est}}{A_{pilar} \times (\sin \theta)^2} \leq 2,10f_{cd}$$

$$\sigma_{c,biela} = \frac{R_{est}}{A_{est} \times (\sin \theta)^2} \leq 0,85f_{cd}$$

5.9.4. Exemplo

Pilar 10 (45x120cm)

Q = 704 tf

$\Phi_{est} = 60$ cm

t = 20 cm

d' = 10 cm

L = 150 cm

Cálculo da forma:

$$a = 2L + \varphi_{est} + 2t = 2 \times 150 + 60 + 2 \times 20 = 400 \text{ cm}$$

$$b = L + \varphi_{est} + 2t = 150 + 60 + 2 \times 20 = 250 \text{ cm}$$

Altura útil de acordo com o ângulo de inclinação da biela comprimida:

- Para $\theta=45^\circ$:

$$d = \tan \theta \times \left(\frac{L\sqrt{5}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} a_m \right) = \tan 45 \times \left(\frac{150\sqrt{5}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \times 45 \right) = 134,1 \text{ cm}$$

- Para $\theta=55^\circ$:

$$d = \tan \theta \times \left(\frac{L\sqrt{5}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} a_m \right) = \tan 55 \times \left(\frac{150\sqrt{5}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \times 45 \right) = 191,5 \text{ cm}$$

A altura útil escolhida:

$$d = \frac{134,1 + 191,5}{2} = 160 \text{ cm}$$

A altura total será:

$$h = d + d' = 160 + 10 = 170 \text{ cm}$$

Peso próprio do bloco:

$$P_p = 1,4 \times 2,5 \times a \times b \times h = 1,4 \times 2,5 \times 4,0 \times 2,5 \times 1,7 = 59,5 \text{ tf}$$

Carga total:

$$Q_{total} = 703 + 59,5 = 763,5 \text{ tf}$$

Verificação do nº de estacas:

$$n^{\circ} = \frac{Q_{total}}{Q_{estrutural}} = \frac{763,5}{131} \cong 6 \text{ estacas}$$

Ângulo da biela comprimida para $d = 160 \text{ cm}$:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{d}{\frac{L\sqrt{5}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} a_m} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{160}{\frac{150\sqrt{5}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \times 45} \right) = 50,0^{\circ}$$

Força resultante na estaca:

$$R_{est} = \frac{763,5}{6} = 127,3 \text{ tf}$$

Verificação das tensões de compressão atuantes na biela:

$$\sigma_{c,biela} = \frac{6R_{est}}{A_{pilar} \times (\sin \theta)^2} \leq 2,10f_{cd} \therefore \frac{6 \times 127,3}{(45 \times 120) \times (\sin 50^{\circ})^2} \leq 2,10 \times 1820,9$$

$$\therefore 803 < 3824 \rightarrow ok$$

$$\sigma_{c,biela} = \frac{R_{est}}{A_{est} \times (\sin \theta)^2} \leq 0,85 f_{cd} \therefore \frac{127,3}{\frac{\pi \times 60^2}{4} \times (\sin 50^\circ)^2} \leq 0,85 \times 1820,9$$

$$\therefore 767 < 1548 \rightarrow ok$$

Determinação da força na armadura principal:

$$T = \frac{R_{est}}{\tan \theta} = \frac{127,3}{\tan 50^\circ} = 106,8 \text{ tf}$$

Por fim, a área da armadura principal de tração é dada pela fórmula:

$$A_{st} = \frac{T}{f_{yd}} = \frac{106,8}{44334,8} = 24,1 \text{ cm}^2$$

Comparando com a armadura mínima:

$$A_{s,min} = 0,0015 \times b \times h = 0,0015 \times 0,85 \times 60 \times 170 = 13,0 \text{ cm}^2$$

A_{st} será adotado.

Cálculo da armadura de pele:

$$A_{sl} = 0,001 \times (\Phi_{est} + 2t) \times h = 0,001 \times (60 + 2 \times 20) \times 170 = 17 \text{ cm}^2$$

Para os blocos que apresentam um número de estacas superior a 12, o modelo de cálculo utilizado foi o modelo da viga simplesmente apoiada sobre estacas, cujo procedimento de cálculo será mostrado adiante. A figura 4.11 mostra o esquema de cálculo para o modelo de viga.

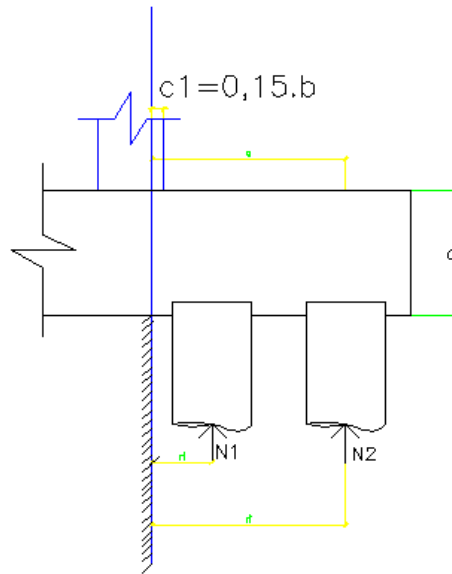


Figura 5.11. Modelo de cálculo para blocos com mais de doze estacas.

5.10. Blocos sobre treze estacas

A expressão a seguir é utilizada para calcular a forma dos blocos executados sobre treze estacas:

$$a = 2\sqrt{2}L + \varphi_{est} + 2t$$

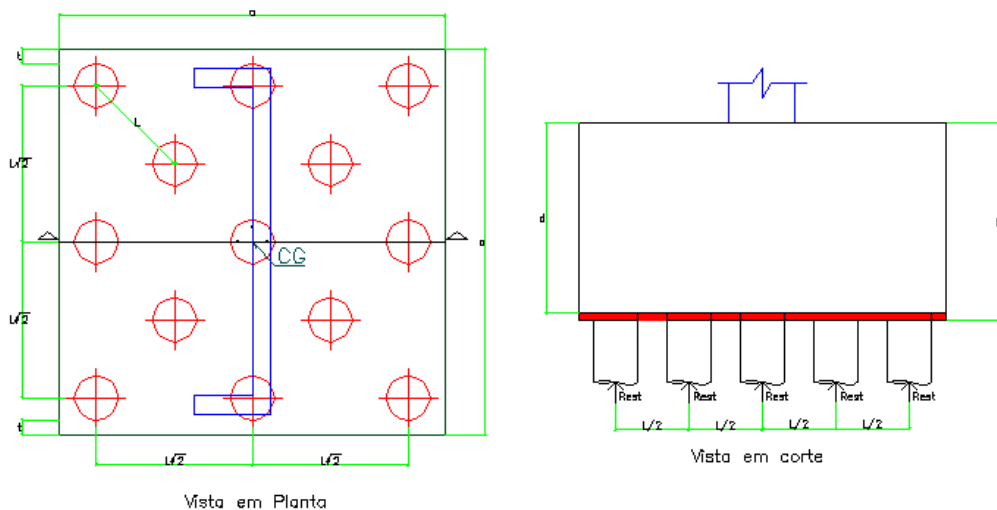


Figura 5.12. Estaqueamento recomendado para blocos sobre treze estacas.

5.11. Blocos sobre dezesseis estacas

Cálculo da forma para blocos sobre dezesseis estacas é feito utilizando a seguinte fórmula:

$$a = 3L + \varphi_{est} + 2t$$

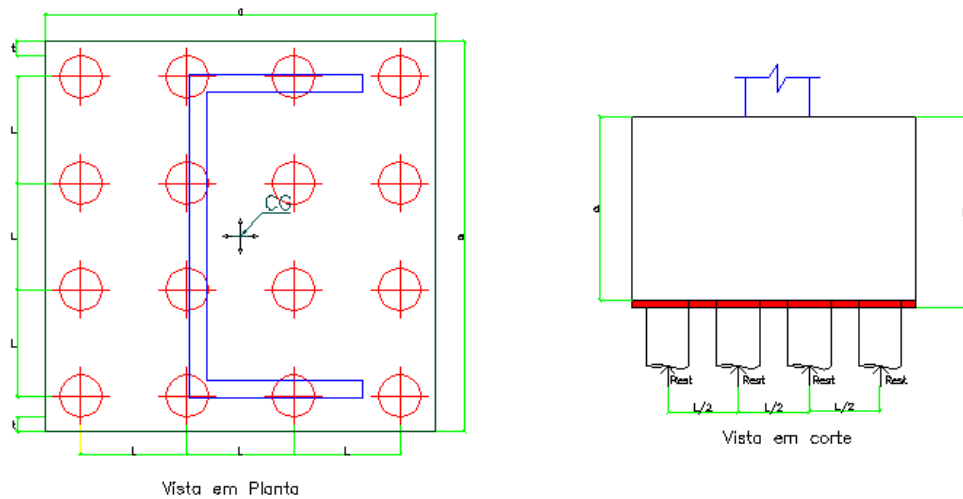


Figura 5.13. Estaqueamento recomendado para blocos sobre dezesseis estacas.

O momento fletor e o esforço cortante são determinados de acordo com as expressões a seguir:

$$M = \sum N_i \times r_i - \frac{q \times a^2}{2}$$

$$Q = \sum N_i - q \times a$$

Onde:

N_i = Reações nas estacas

r_i = Braço de alavanca

q = Peso próprio do bloco

a = Braço de alavanca da força resultante do peso próprio

5.11.1. Dimensionamento ao momento fletor

Deve-se verificar inicialmente o domínio a flexão, de forma a garantir ductilidade ao elemento estrutural:

Fronteira do Domínio 2-3:

$$x_{2-3} = 0,259 \times d$$

Fronteira do Domínio 3-4:

$$x_{3-4} = 0,628 \times d$$

A posição da linha neutra é calculada com a fórmula a seguir:

$$x = 1,25 \times d \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{M_{sd}}{0,425 \times b \times d^2 \times f_{cd}}} \right]$$

d = Altura útil do bloco

M_{sd} = Momento fletor de cálculo

b = Largura do bloco

Se o domínio encontrado for o 3, a área de aço necessária pode ser calculada:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{f_{yd} \times (d - 0,4x)}$$

5.11.2. Dimensionamento ao esforço cortante

Para verificação ao esforço cortante, será utilizado o modelo de cálculo 1, verificando o esmagamento das bielas comprimidas através das expressões:

$$\alpha_{v2} = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \times \alpha_{v2} \times f_{cd} \times b_w \times d$$

Antes de prosseguir os cálculos, é necessário que a relação abaixo seja satisfeita, garantindo que a biela comprimida não esmague:

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

Logo, pode-se concluir os cálculos com as expressões a seguir:

$$f_{ctd} = 0,21 \times \frac{f_{ck}^{2/3}}{\gamma_c}$$

$$V_c = V_{c0} = 0,6 \times f_{ctd} \times b_w \times d$$

Se:

$$V_{sw} \leq V_{sd} + V_c$$

A força cortante sobre o aço pode ser calculada a seguir, através da diferença entre o esforço cortante atuante e o esforço cortante sobre o concreto:

$$V_{sw} = V_{sd} - V_c$$

Portanto, a área de aço é calculada pela seguinte expressão:

$$a_{sw} = \frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{sw}}{0,9 \times d \times f_{ywd}}$$

5.11.3. Estribos horizontais

Os estribos horizontais são calculados através da seguinte equação:

$$A_{sh} = 1,61 \times \frac{\sum N_i}{2f_{yk}}$$

Onde, A_{sh} = Área de estribo horizontal

5.11.4. Exemplo

Pilar 18 (245x455 cm)

$Q = 1906 \text{ tf}$

$\Phi_{est} = 60 \text{ cm}$

$t = 20 \text{ cm}$

$d' = 10 \text{ cm}$

$L = 150 \text{ cm}$

Cálculo da forma:

$$a = 3L + \varphi_{est} + 2t = 3 \times 150 + 60 + 2 \times 20 = 550 \text{ cm}$$

Sendo N_i as resultantes em cada estaca:

$$N_i = \frac{2092}{16} = 130,8 \text{ tf}$$

O momento fletor e o esforço cortante são determinados de acordo com as expressões a seguir:

$$M = \sum N_i \times r_i - \frac{q \times a^2}{2}$$

$$M = \{(130,8 \times 4 \times 0,39) + (130,8 \times 4 \times 1,89)\} - \frac{(1,4 \times 2,5 \times 1,8 \times 5,50) \times 1,2^2}{2}$$

$$M = 1167,6 \text{ tfm}$$

$$Q = \sum N_i - q \times a = (4 \times 130 + 4 \times 130) - (1,4 \times 2,5 \times 1,80 \times 5,50 \times 5,11)$$

$$Q = 869 \text{ tf}$$

Dimensionamento ao momento fletor

Fronteira do Domínio 2-3:

$$x_{2-3} = 0,259 \times d = 0,259 \times 1,80 = 0,47m$$

Fronteira do Domínio 3-4:

$$x_{3-4} = 0,628 \times d = 0,628 \times 1,80 = 1,13m$$

A posição da linha neutra é calculada com a fórmula a seguir:

$$x = 1,25 \times d \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{M_{sd}}{0,425 \times b \times d^2 \times f_{cd}}} \right]$$

$$x = 1,25 \times 1,8 \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{1167,6}{0,425 \times 5,5 \times 1,8^2 \times 1820,9}} \right] = 0,097m$$

Área de aço:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{f_{yd} \times (d - 0,4x)} = \frac{1167,6}{44334,8 \times (1,8 - 0,4 \times 0,097)} = 149,55 \text{ cm}^2$$

Dimensionamento ao esforço cortante

Verificação do esmagamento das bielas comprimidas através das expressões:

$$\alpha_{v2} = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,9$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \times \alpha_{v2} \times f_{cd} \times b_w \times d = 0,27 \times 0,9 \times 1820,9 \times 5,5 \times 1,80 = 4381 \text{ tf}$$

Garantia de que a biela comprimida não esmaga:

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \therefore 869 < 4381 \rightarrow ok$$

Logo, pode-se concluir os cálculos com as expressões a seguir:

$$V_c = V_{c0} = 0,6 \times f_{cta} \times b_w \times d = 0,6 \times 130,8 \times 5,50 \times 1,80 = 776,8 \text{ tf}$$

A força cortante sobre o aço:

$$V_{sw} = V_{sd} - V_c = 869 - 776,8 = 92,2 \text{ tf}$$

Portanto, a área de aço é calculada pela seguinte expressão:

$$a_{sw} = \frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{sw}}{0,9 \times d \times f_{ywd}} = \frac{92,2}{0,9 \times 1,80 \times 44224,8} = 12,84 \text{ cm}^2$$

5.12. Verificação dos esforços em blocos sujeitos a momentos e forças verticais

O dimensionamento das estacas e blocos foi feito inicialmente considerando apenas os esforços axiais máximos. Entretanto, será necessária a determinação dos esforços das estacas quando elas estão submetidas aos momentos resultantes das combinações de cargas que a estrutura está sujeita.

Esta verificação foi feita utilizando o aplicativo Estaq V VS 1.01, que permite, ao inserir os esforços externos, dimensões, propriedades geométricas e físicas dos blocos, analisar todos os esforços internos que a estaca está submetida. A figura 6.1 mostra a interface do programa.

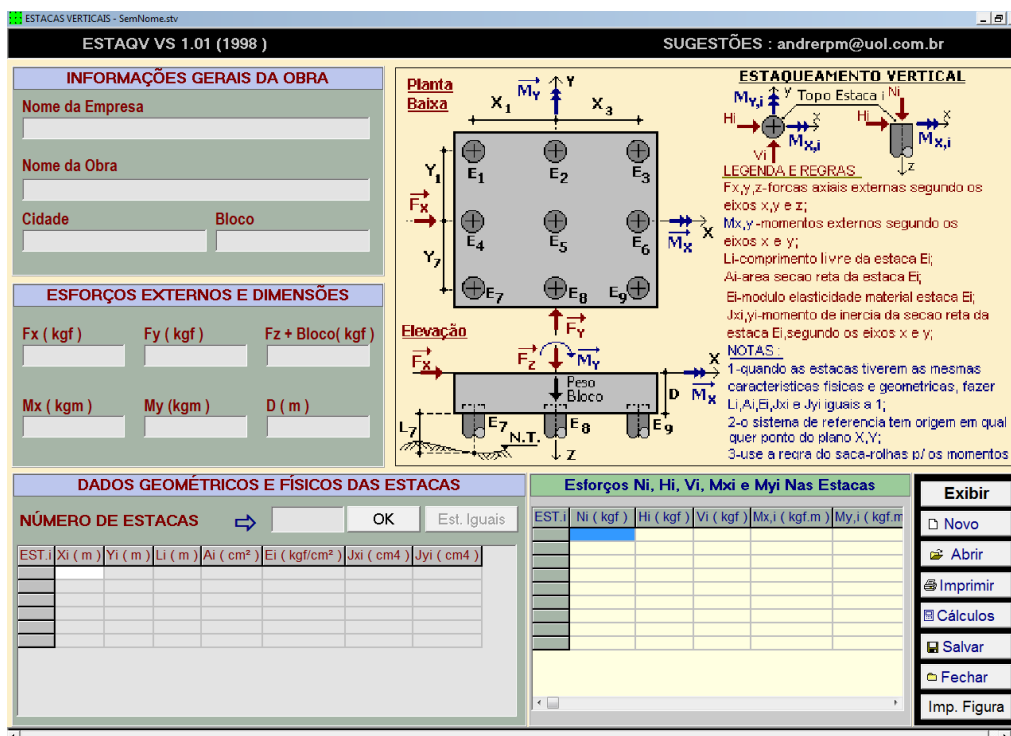


Figura 5.14. Interface do Programa Estaq V.

Para cada tipo de bloco, o programa fornece os esforços normais em cada estaca considerando a ação do momento. Foi considerada somente a carga máxima, que foi dividida pela respectiva capacidade de carga geotécnica

da estaca. Se o resultado desta verificação for menor que 1,4 o bloco suporta os momentos solicitantes.

Foram verificados apenas os blocos com número de estacas superior a três, pois os blocos com uma e duas estacas, localizados na periferia do prédio, tem valores de momento pouco significativo. O cálculo e as verificações estão apresentados no Apêndice 3.

CAPÍTULO 6. ANÁLISE DE CUSTOS

O custo para execução das estacas é composto pela contratação da empresa, somado ao custo dos materiais para o mesmo. O custo da contratação é orçado em função da profundidade e do diâmetro da perfuração, acrescidos de um valor referente a deslocamento ou mobilização do maquinário e empregados. Este custo de mobilização é muito variável, pois depende fundamentalmente da distância da sede da empresa, ou a região onde a máquina se encontra, ao local da obra. O custo da perfuração varia em função do terreno onde ela será empregada. O valor da perfuração se dá por:

Custo Perfuração

$$= \text{diâmetro da estaca (m)} \times \text{valor base (R\$)} \times \text{profundidade(m)}$$

Por último, no custo do estaqueamento, vem o valor referente ao concreto utilizado para o enchimento das estacas, e o valor do aço e mão-de-obra de montagem das armaduras, caso estas sejam presentes. O valor total se dá então por:

$$\text{Custo total} = \text{Custo mobilização} + \text{Custo Perfuração} + \text{Material}$$

Custo das estacas: R\$ 671.075,12

Custo dos blocos: R\$ 328.561,09

Custos das vigas: R\$ 52.889,01

Total: R\$ 1.052.525,22

O levantamento de custos está apresentado de forma detalhada nos Apêndices 1 e 5.

CAPÍTULO 7. CONCLUSÃO

O objetivo de fazer o dimensionamento da fundação, blocos e vigas de alavanca, com os respectivos projetos executivos de um prédio de 20 pavimentos em um maciço arenoso foi alcançado, utilizando-se conhecimento de fundações e concreto armado para garantir a segurança de que a estrutura não sofrerá nenhum tipo de problema decorrente da fundação.

Este projeto teve uma grande importância para complementar o conhecimento adquirido durante a graduação, pois tivemos a oportunidade de aplicar muitos conceitos obtidos e nos deu a certeza de que estamos preparados para atuar no mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT. (1996). Projeto e Execução de Fundações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, designação da norma: NBR – 6122/1996.
- [2] ABNT (2001). Execução de Sondagens de simples reconhecimento dos solos com SPT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, designação da norma: NBR – 6484/2001.
- [3] ABNT (2003). Projeto de Estruturas de Concreto. . Associação Brasileira de Normas Técnicas, designação da norma: NBR – 6118/2003.
- [4] NÁPOLES NETO, A.D.F. História das fundações: uma breve história das fundações. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.
- [5] VARGAS, M. História das fundações: história da engenharia de fundações no Brasil. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.
- [6] DANTAS NETO, S.A. Fundações e obras de contenção. Fortaleza, 2008. 134 p. Notas de aula da disciplina Fundações e Obras de Contenção – Curso de Engenharia Civil/UFC.
- [7] DIRCEU, Velloso; LOPES, Resende. – Fundações Profundas, Vol. 1. Rio de Janeiro: 2010.
- [8] DIRCEU, Velloso; LOPES, Resende. – Fundações Profundas, Vol. 2. Rio de Janeiro: 2010.
- [9] MUNHOZ, F. S.. (2004). Análise do comportamento de blocos de concreto armado sobre Estacas Submetidas à força de ação centrada. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, UFSCar/USP.
- [10] ALVA, G. M. S.. (2007). Projeto Estrutural de blocos sobre estacas. Apostila da Universidade Federal de Santa Maria
- [11] SOUZA, R. A.. (2004). Análise e Dimensionamento de Elementos com Descontinuidades. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações.
- [12] PERROUT, Aurélio; OLIVEIRA, Jhony (2010). Projeto de Fundações de um edifício na cidade de Campos dos Goytacazes. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

- [13] Lei de Zoneamento do Município de Campos dos Goytacazes. Lei 6.691 de 30 de novembro de 1998.
- [14] <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/135/imprime93270.asp>, 07 de setembro de 2011.
- [15] <http://conscam.com.br/portal/projetos/4/Contemporaneo>, 03 de outubro de 2011.
- [16] <http://www.sitengenharia.com.br/fundacaoraiz.htm>, 11 de Outubro de 2011.
- [17] <http://www.novageo.com.br/?pag=grupo&id=10>, 11 de Outubro de 2011.
- [18] http://www.multisolos.com.br/fundacoes/fundacoes_inicial.php?id_fun=fundacoes_new&cd_titulo=3&cd_texto=4&mcd_sub_texto=4, 11 de Outubro de 2011.
- [19] <http://www.tbtc.com.br/produtos>, 31 de Outubro de 2011.
- [20] <http://cafelaranjahost.com.br/drilling/servicos-estaca-raiz-microestacas.php>, 11 de Outubro de 2011.
- [21] <http://revista.construcaomercado.com.br/guia/habitacao-financiamento-imobiliario/105/artigo170490-1.asp> 11 de Outubro de 2011.
- [22] MARTHA, L.F. FTOOL - Um programa gráfico–interativo para ensaio de comportamento de estruturas (versão educacional), PUC–RIO, 2002.
- [23] Alto Qi – Eberick V5, 2004.
- [24] MARTINS, C.V.A – ESTAQ V – versão 1.01, 2002.

ANEXO

ANEXO.1. BOLETNS DE SONDAGEM



Rua Simeão Scheremeth, 13/15 * Pq. Aurora* Campos(RJ) * CEP:28.026-190
Tel:(22)2733-0982 / 2733-7357 * email.riscado@riscadoengenharia.com.br

Sondagem
Fundação (Estacas)
Controle Tec. Concreto

À

Conscam Construtora Campos Ltda.

Boletim de Sondagem à Percussão.

Local: Rua Ari Barroso / Nações Unidas – Parque Tamandaré.
Campos dos Goytacazes - RJ.

Campos dos Goytacazes, 09 de Dezembro de 2009.

CLIENTE: Conscam Construtora Campos Ltda.

OBRA: Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamandaré.

LOCAL: Campos dos Goytacazes - RJ.

RELATÓRIO DE SONDAGEM

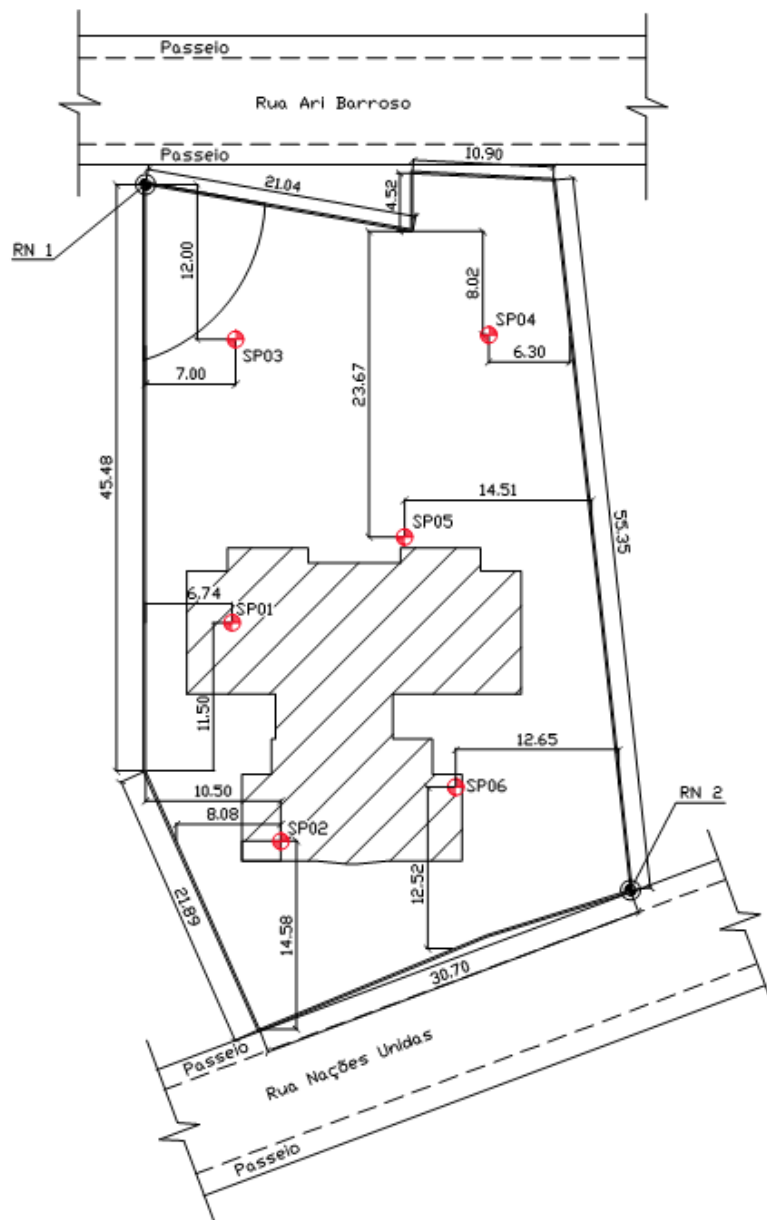
Apresentamos abaixo estudos geotécnicos realizados para a obra em epígrafe.

- 1) Foram executados **6 (seis)** furos de sondagem de reconhecimento, num total de **170,70 m (cento e setenta metros e setenta centímetros)** perfurados.
- 2) As perfurações foram executadas por percussão com auxílio de circulação d'água e protegidas por tubos de revestimento de 2 ½" de diâmetro.
- 3) A extração de amostras foi feita pela utilização de um barrilete amostrador com 2"externa e 1 3/8" interna, por 45 cm de comprimento.
- 4) Anotou-se o número de golpes de um peso de 65 kg, que cai em queda livre de uma altura igual a 75 cm, para cravar um comprimento de 45 cm do amostrador em até 3 séries de 15 cm. O número de golpes (queda livre) obtido fornece a indicação de compacidade (caso de solo de predominância arenosa) ou de consistência (caso de solo com predominância argilosa) do solo em estudo.

O termo "impenetrável à percussão" não significa necessariamente rocha, caracteriza qualquer obstáculo que impeça o prosseguimento.
- 5) A referência de nível encontra-se assinalada na planta de situação, estando às cotas das bocas dos furos de sondagem referidas a esta **RN**.
- 6) Os desenhos anexos informam.
 - a) Planta de situação dos furos de sondagem;
 - b) Perfis individuais dos furos de sondagem.

Atenciosamente,

José Narciso Riscado
Engº Civil CREA-RJ: 89-1-00046-2



José Narciso de S. Riscado
ENGENHEIRO CIVIL CREA/RJ-89-1-00046-2

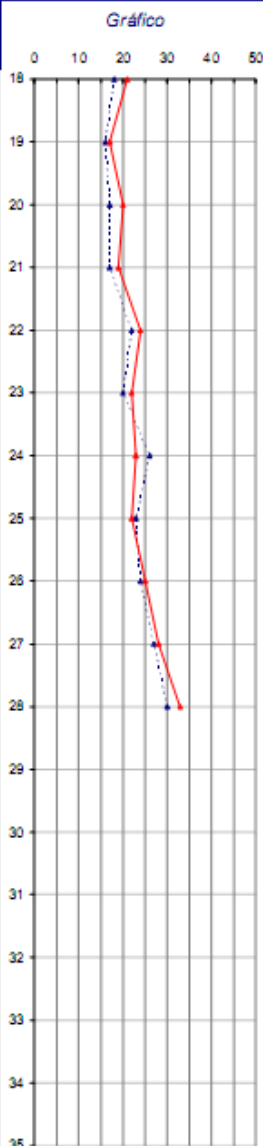
RISCADO Engenharia Ltda.

Rua Simeão Scheremeth, 13/15 - Prq. Aurora - Campos(RJ)
Telefax: (22)2733-0982/2733-7357 e-mail:riscado@terra.com.br

- ✓ Sondagem
- ✓ Fundação - Estacas
- ✓ Controle Tec. de Concreto

Cliente: Conscam Construtora Campos Ltda.	Sondador: Amarildo Desenhista: Vinícius Stellet Aprovado: JOSÉ NARCISO Data: Novembro/2009	Sondagem n°: SP821/ 2009
Obra: Rua Ari Barroso / Rua Nações Unidas - Pq. Tamandaré.	Projeto: Locação furos sondagem	Escala: 1/500
Local: Campos dos Goytacazes - RJ.		

BOLETIM DE SONDAGEM							Nº:	821/2009	
Cliente:							Conscam Construtora Campos Ltda.	Furo Nº	SP01
Local da Obra:							Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamandaré - Campos dos Goytacazes - RJ.	Sondador:	Amarildo
Cota:		Profundidade do Nível D'água:		Amostrador Padrão - Diâmetro Interno 34,9mm		Data inicial:	Data final:	Revestimento	
-0,31 m (RN1)		3,20 metros em 17/11/09.		- Diâmetro Externo 50,8mm		12/11/09	16/11/09	9,00 m	
Amostras	Profundidade da amostra	Penetração		30cm iniciais	30cm finais	Gráfico			
		Nº de Golpes/15cm				Classificação do Material			
0[]	0,50					Aterro: argila, com areia fina, média e grossa, com raízes, com cinza, escuro.			
1[]	1,85	3	4	4	7	8	Argila silteosa, com areia fina, média e grossa, com detritos vegetais, com mica, cor amarela, média.		
2[]		6	6	6	12	12	Areia fina, média e grossa, com mica, cor amarela medianamente compacta.		
3[]		5	7	8	12	15			
4[]		5	6	6	11	12			
5[]		5	6	5	11	11			
6[]		5	6	6	11	12			
7[]	7,30	4	4	6	8	10	Areia média, fina e grossa, com detritos vegetais, cor cinza medianamente compacta.		
8[]	8,15	7	8	9	15	17	Areia fina, média e grossa, com mica, cor cinza medianamente compacta.		
9[]		5	6	7	11	13			
10[]		6	7	7	13	14			
11[]		5	6	6	11	12	José Narciso de Souza Riscado ENGENHEIRO CIVIL CREA -RJ :89-1-00048-2		
12[]		6	6	7	12	13			
13[]		9	14	15	23	29	Idem, compacta.		
14[]		8	12	12	20	24			
15[P]		7	9	7	16	16	Idem, medianamente compacta.		
16[]	16,10	7	10	10	17	20	Areia média, fina e grossa, cor cinza, compacta.		
17[]		8	9	11	17	20			
							Continua na folha SP01 cont. 1		
GRÁFICO		AMOSTRA		[] Amostra Padrão		INDICES DE PENETRAÇÃO			
Nº Golpes/30cm iniciais		-----		[L] Amostra Lavada		* Penetração Adicional a 50cm de Profundidade			
Nº Golpes/30cm finais		-----		[P] Amostra Perdida		P/N Amostrador Penetrou N cm com peso da haste, amostrador e martelo.			
		-----		[PP] Peso Próprio do Martelo					
		-----		Profundidade					

BOLETIM DE SONDAGEM						Nº:	821/2009	
Cliente:						Conscam Construtora Campos Ltda.		
Local da Obra:						Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamararé - Campos dos Goytacazes - RJ.		
Cota:						Furo Nº		SP01 cont. 1
- 0,31 m (RN1)						Sondador:		Amarildo
Profundidade do Nível D'água:						Data inicial:		12/11/09
3,20 metros em 17/11/09.						Data final:		16/11/09
Amostrador Padrão - Diâmetro Interno 34,9mm						Revestimento		9,00 m
- Diâmetro Externo 50,8mm								
Amostras	Profundidade da camada	Penetração			30cm		Gráfico	Classificação do Material
		Nº de Golpes/15cm	iniciais	30cm	30cm	finais		
18[]		9	9	12	18	21		Areia média, fina e grossa, cor cinza, compacta.
19[P]		7	9	8	16	17		Idem, medianamente compacta.
20[P]		7	10	10	17	20		Idem, compacta.
21[]		8	9	10	17	19		
22[]		11	11	13	22	24		
23[]		10	10	12	20	22		
24[]		14	12	11	26	23		
25[]		13	10	12	23	22		
26[]		12	12	13	24	25		
27[]		13	14	14	27	28		
28[]	28,45	14	16	17	30	33		
29[]								Sondagem paralisada à 28,45 metros, por ordem do Eng. José Narciso de Souza Riscado
30[]								
31[]								
32[]								
33[]								
34[]								
35[]								

 José Narciso de Souza Riscado
 ENGENHEIRO CIVIL CREA -RJ :89-1-00046-2

GRÁFICO
 N° Golpes/30cm iniciais
 N° Golpes/30cm finais

AMOSTRA
 Profundidade

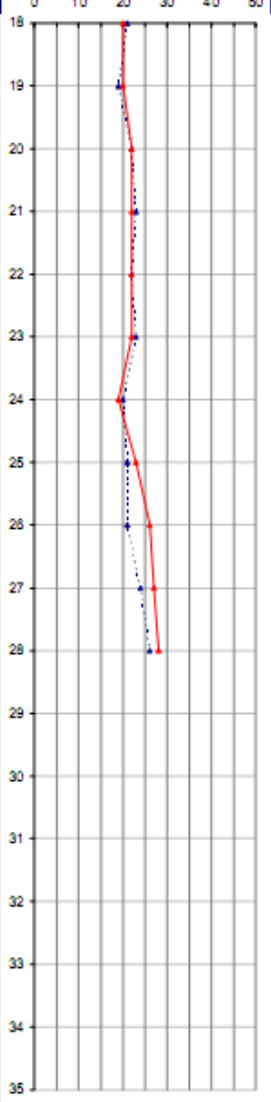
 [] Amostra Padrão
 [L] Amostra Lavada
 [P] Amostra Perdida
 [PP] Peso Próprio do Martelo

ÍNDICES DE PENETRAÇÃO
 * Penetração Adicional a 50cm de Profundidade
 P/N Amostrador Penetrou N cm com peso da haste, amostrador e martelo.

BOLETIM DE SONDAGEM						Nº:	821/2009	
Cliente:						Conscam Construtora Campos Ltda.		
Local da Obra:						Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamararé - Campos dos Goytacazes - RJ.		
Cota:						Furo Nº		
-0,22m (RN1)						SP02		
Profundidade do Nível D'água:						Sondador:		
3,10 metros em 19/11/09.						Amarildo		
Amostrador Padrão - Diâmetro Interno 34,9mm						Data inicial:		
- Diâmetro Externo 50,8mm						17/11/09		
						Data final:		
						18/11/09		
						Revestimento		
						2,00 m		
Amostras	Profundidade da camada	Penetração		30cm iniciais	30cm finais	Gráfico		Classificação do Material
		Nº de Golpes/15cm				0 10 20 30 40 50		
0[]	0,65					0		Aterro: argila, com areia fina, média e grossa, com cascalhos cor cinza escuro.
1[]		2	2	4	4	6	1	Argila silteosa, com areia fina, com mica, cor amarela, média.
2[]		3	3	4	6	7	2	
3[]	3,25	4	5	9	9	14	3	
4[]		5	6	8	11	14	4	Areia fina, média e grossa, com mica, cor cinza, medianamente compacta.
5[]		6	7	8	13	13	5	
6[]		6	6	7	12	13	6	
7[]		7	5	5	12	10	7	
8[]		6	6	6	12	12	8	
9[]		7	9	9	16	18	9	
10[]		8	8	8	16	16	10	
11[]	11,69	6	6	7	12	13	11	
12[]		9	10	10	19	20	12	Areia fina e média, com mica, cor cinza, compacta.
13[]		10	10	12	20	22	13	
14[]		11	13	15	24	28	14	
15[]		9	10	11	19	21	15	
16[]	16,10	11	12	14	23	26	16	Areia grossa, média e fina, com pedregulhos, com mica, cor cinza, compacta.
17[]		10	11	11	21	22	17	
								Continua na folha SP02 cont. 1
GRÁFICO		AMOSTRA		[] Amostra Padrão		INDICES DE PENETRAÇÃO		
Nº Golpes/30cm iniciais		[L] Amostra Lavada		[L] Amostra Lavada		* Penetração Adicional a 50cm de Profundidade		
Nº Golpes/30cm finais		[P] Amostra Perdida		[P] Amostra Perdida		P/N Amostrador Penetrou N cm com peso da haste, amostrador e martelo.		
		Profundidade		[PP] Peso Próprio do Martelo				

BOLETIM DE SONDAGEM							Nº:	821/2009		
Cliente:							Conscam Construtora Campos Ltda.			
Local da Obra:							Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamararé - Campos dos Goytacazes - RJ.			
Cota:							Profundidade do Nível D'água:			
-0,22m (RN1)							3,10 metros em 19/11/09.			
Amostrador Padrão - Diâmetro Interno 34,9mm							Data inicial:	17/11/09		
Amostrador Padrão - Diâmetro Externo 50,8mm							Data final:	18/11/09		
							Revestimento			
							2,00 m			
Amostras	Profundidade até a camada	Penetração			30cm		Gráfico		Classificação do Material	
		Nº de Golpes/15cm	30cm iniciais	30cm finais	0	10	20	30		40
18[]		12	10	13	22	23	18			Areia grossa, média e fina, com pedregulhos, com mica, cor cinza, compacta.
19[]		10	13	16	23	29	19			
20[]		13	15	15	28	30	20			Areia média, fina e grossa, cor cinza, compacta.
21[]	21,10	11	13	12	24	25	21			
22[]		10	11	14	21	25	22			
23[]		12	12	11	24	23	23			
24[]		10	10	10	20	20	24			
25[]		12	13	13	25	26	25			
26[]		10	12	12	22	24	26			
27[]		11	12	11	23	23	27			
28[]	28,45	14	15	12	29	27	28			
29[]							29			
30[]							30			
31[]							31			
32[]							32			
33[]							33			
34[]							34			
35[]							35			
GRÁFICO N° Golpes/30cm iniciais N° Golpes/30cm finais							AMOSTRA [] Amostra Padrão [L] Amostra Lavada [P] Amostra Perdida [PP] Peso Próprio do Martelo		ÍNDICES DE PENETRAÇÃO * Penetração Adicional a 50cm de Profundidade P/N Amostrador Penetrou N cm com peso da haste, amostrador e martelo.	

BOLETIM DE SONDAGEM						Nº:	821/2009	
Cliente:						Conscam Construtora Campos Ltda.		
Local da Obra:						Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamararé - Campos dos Goytacazes - RJ.		
Cota:						Furo Nº		
-0,21m (RN1)						SP03		
Profundidade do Nível D'água:						Sondador:		
2,95 metros em 23/11/09.						Amarildo		
Amostrador Padrão - Diâmetro Interno 34,9mm						Data inicial:		
- Diâmetro Externo 50,8mm						18/11/09		
						Data final:		
						19/11/09		
						Revestimento		
						2,00 m		
Amostras	Profundidade da camada	Penetração		30cm iniciais	30cm finais	Gráfico		Classificação do Material
		Nº de Golpes/15cm				0 10 20 30 40 50		
0[]	0,65					0		Aterro: argila, com areia fina, média e grossa, com cascalhos cor cinza escuro.
1[]		5	6	6	11	12	1	Argila silteosa, com areia fina e média, com detritos vegetais com mica, cor amarela, rija.
2[]		6	6	5	12	11	2	
3[]	2,85	5	5	6	10	11	3	Areia fina, média e grossa, com mica, cor amarela medianamente compacta.
4[]		5	6	7	11	13	4	
5[]	5,30	5	6	6	11	12	5	Areia grossa, média e fina, com pedregulhos, cor amarela medianamente compacta.
6[]		5	5	5	10	10	6	
7[]		5	6	5	11	11	7	
8[]	8,10	6	6	6	12	12	8	Areia fina, média e grossa, com mica, cor cinza medianamente compacta.
9[]		5	5	7	10	12	9	
10[]		6	6	6	12	12	10	
11[]		5	7	6	12	13	11	
12[]		8	10	10	18	20	12	Idem, compacta.
13[]		9	9	11	18	20	13	
14[]		10	11	13	21	24	14	
15[]		14	12	10	26	22	15	
16[]		11	9	9	20	18	16	Idem, medianamente compacta.
17[]		12	11	11	23	22	17	Idem, compacta.
								Continua na folha SP03 cont. 1
GRÁFICO		AMOSTRA		[] Amostra Padrão		INDICES DE PENETRAÇÃO		
Nº Golpes/30cm iniciais		[L] Amostra Lavada		[L] Amostra Lavada		* Penetração Adicional a 50cm de Profundidade		
Nº Golpes/30cm finais		[P] Amostra Perdida		[P] Amostra Perdida		P/N Amostrador Penetrou N cm com peso da haste, amostrador e martelo.		
		Profundidade		[PP] Peso Próprio do Martelo				

BOLETIM DE SONDAGEM							Nº:	821/2009
Cliente:							Conscam Construtora Campos Ltda.	
Local da Obra:							Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamararé - Campos dos Goytacazes - RJ.	
Cota:							Profundidade do Nível D'água:	
- 0,21 m (RN1)							2,95 metros em 23/11/09.	
Amostrador Padrão - Diâmetro Interno 34,9mm							Data inicial:	
- Diâmetro Externo 50,8mm							18/11/09	
Sondador:							Amarildo	
Revestimento							2,00 m	
Aneladas	Profundidade até a camada	Penetração			30cm		Gráfico	Classificação do Material
		Nº de Golpes/15cm	30cm iniciais	30cm finais	iniciais	finais		
18[]		11	10	10	21	20		Areia fina, média e grossa, com mica, cor cinza, compacta.
19[]	19,35	10	9	11	19	20		Areia média fina e grossa, com pedregulhos, com mica, cor cinza, compacta.
20[]		12	10	12	22	22		
21[]		11	12	10	23	22		
22[]		11	11	11	22	22		
23[]		13	10	12	23	22		
24[]		11	9	10	20	19		
25[]		11	10	13	21	23		
26[]		9	12	14	21	26		
27[]		10	14	13	24	27		
28[]	28,45	13	13	15	26	28		
29[]								Sondagem paralisada a 28,45 metros, por ordem do Eng. José Narciso de Souza Riscado
30[]								
31[]								
32[]								
33[]								
34[]								
35[]								
GRÁFICO		AMOSTRA		[] Amostra Padrão		INDICES DE PENETRAÇÃO		
Nº Golpes/30cm iniciais		-----		[L] Amostra Lavada		* Penetração Adicional a 50cm de Profundidade		
Nº Golpes/30cm finais		-----		[P] Amostra Perdida		P/N Amostrador Penetrou N cm com peso da haste, amostrador e martelo.		
		-----		[PP] Peso Próprio do Martelo				
		-----		Profundidade				

BOLETIM DE SONDAGEM							Nº:	821/2009	
Cliente:							Conscam Construtora Campos Ltda.	Furo Nº	SP04
Local da Obra:							Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamandaré - Campos dos Goytacazes - RJ.	Sondador:	Amarildo
Cota:		Profundidade do Nível D'água:		Amostrador Padrão - Diâmetro interno 34,9mm		Data inicial:	Data final:	Revestimento	
0,45 m (RN 2)		3,09 metros em 27/11/09.		- Diâmetro Externo 50,8mm		26/11/09	27/11/09	2,00 m	
Amostras	Profundidade da camada	Penetração			Gráfico		Classificação do Material		
		Nº de Golpes/15cm	30cm iniciais	30cm finais	0 10 20 30 40 50				
0[]	0,02 0,12 0,35								
1[]	0,99	4	5	6	9	11		Aterro: argila, com areia fina, média e grossa, cor cinza.	
2[]		5	5	5	10	10		Argila silteosa, com areia fina, com detritos vegetais, com mica cor amarela, rija.	
3[P]	2,99	4	5	9	9	14		Areia média, fina e grossa, com mica, cor cinza, medianamente compacta.	
4[]		5	6	10	11	16			
5[]	5,25	6	7	9	13	16		Areia média, fina e grossa, cor amarela, medianamente compacta.	
6[]		7	8	10	15	18		Idem, compacta.	
7[]		7	9	9	16	18		Areia fina, média e grossa, com mica, cor cinza, compacta.	
8[]	8,35	9	11	16	20	27			
9[]		10	10	12	20	22			
10[]		9	11	10	20	21			
11[]	11,10	9	13	13	22	26		Areia grossa, média e fina, cor amarela, compacta.	
12[]		12	12	12	24	24			
13[]		10	10	10	20	20			
14[]		11	10	15	21	25			
15[]		12	13	14	25	27			
16[P]		9	11	12	20	23			
							José Narciso de Souza Riscado ENGENHEIRO CIVIL CREA -RJ: 89-1-00048-2		
							Continua na folha SP04 cont. 1		
GRÁFICO N° Golpes/30cm iniciais N° Golpes/30cm finais			AMOSTRA [] Amostra Padrão [L] Amostra Lavada [P] Amostra Perdida [PP] Peso Próprio do Martelo		INDICES DE PENETRAÇÃO * Penetração Adicional a 50cm de Profundidade P/N Amostrador Penetrou N cm com peso da haste, amostrador e martelo.				

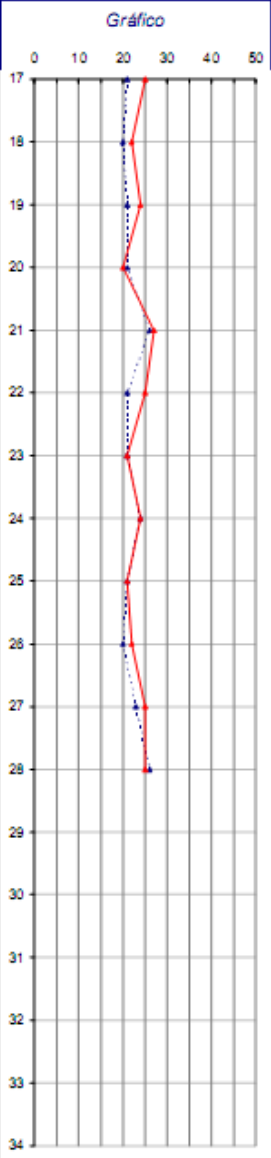
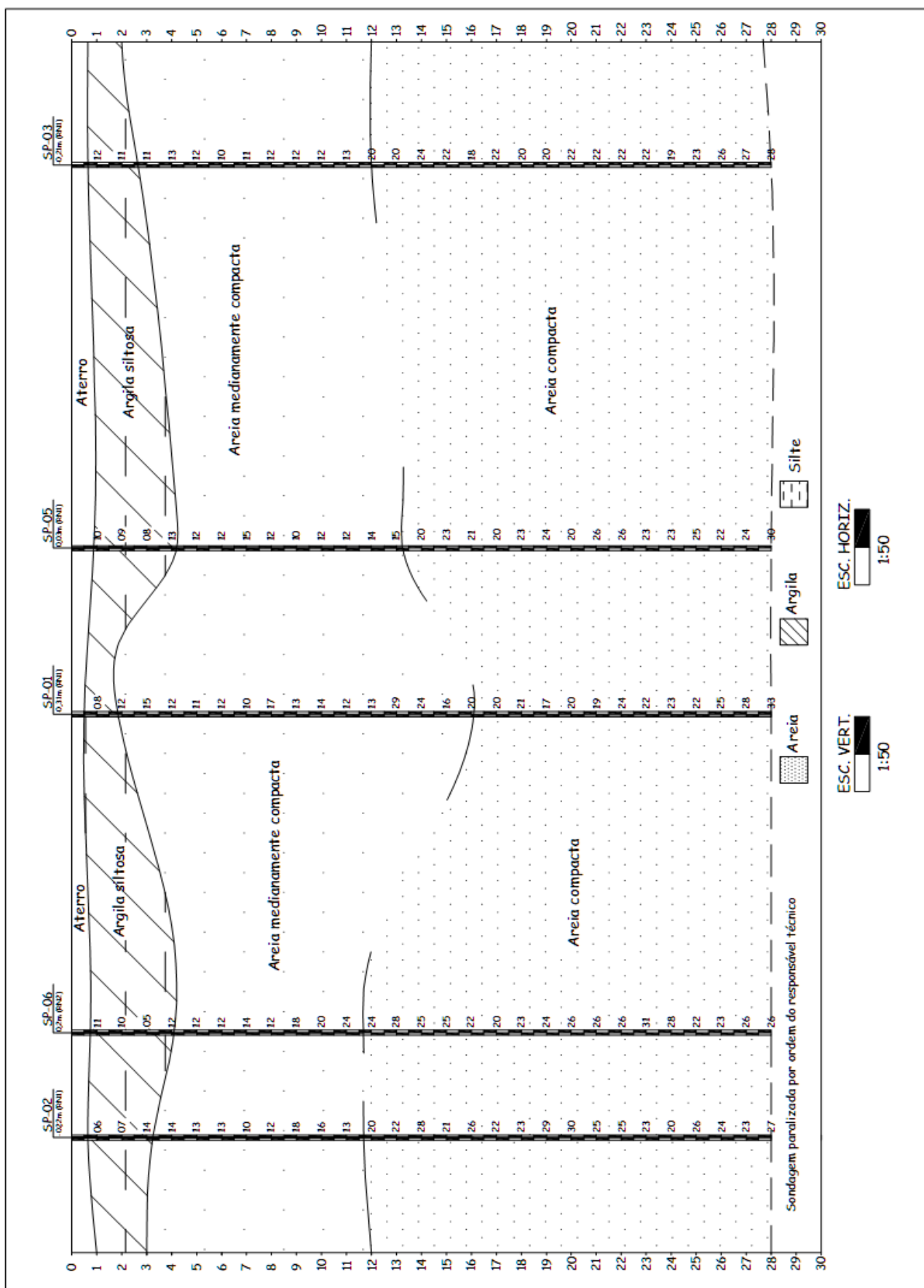
BOLETIM DE SONDAGEM						Nº:	821/2009		
Cliente:						Conscam Construtora Campos Ltda.			
Local da Obra:						Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamandaré - Campos dos Goytacazes - RJ.			
Cota:		Profundidade do Nível D'água:		Amostrador Padrão - Diâmetro Interno 34,9mm		Data inicial:	26/11/09		
0,45 m (RN2)		3,09 metros em 27/11/09.		- Diâmetro Externo 50,8mm		Data final:	27/11/09		
						Revestimento			
						2,00 m			
Amostras	Profundidade da camada	Penetração			30cm		Gráfico	Classificação do Material	
		Nº de Golpes/15cm	iniciais	30cm	30cm	finais			
17[]	17,25	9	12	13	21	25		Areia média, fina e grossa, com mica, cor cinza, compacta.	
18[]		8	12	10	20	22			
19[]		10	11	13	21	24			
20[]		11	10	10	21	20			
21[]		12	14	13	26	27			
22[]		10	11	14	21	25			
23[]		11	10	11	21	21			
24[]		12	12	12	24	24			
25[]		10	11	10	21	21			
26[]		10	10	12	20	22			
27[]		12	11	14	23	25			
28[]	28,45	13	13	12	26	25			Sondagem paralisada a 28,45 metros, por ordem do Eng. José Narciso de Souza Riscado
29[]									
30[]									
31[]									
32[]									
33[]									
34[]									

GRÁFICO N° Golpes/30cm iniciais N° Golpes/30cm finais	AMOSTRA [] Amostra Padrão [L] Amostra Lavada [P] Amostra Perdida [PP] Peso Próprio do Martelo	ÍNDICES DE PENETRAÇÃO * Penetração Adicional a 50cm de Profundidade P/N Amostrador Penetrou N cm com peso da haste, amostrador e martelo.
--	---	--

BOLETIM DE SONDAGEM						Nº:	821/2009
Cliente:						Conscam Construtora Campos Ltda.	
Local da Obra:						Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamandaré - Campos dos Goytacazes - RJ.	
Cota:						0,03 m (RN1)	
Profundidade do Nível D'água:						3,02 metros em 25/11/09.	
Amostrador Padrão - Diâmetro Interno 34,9mm						Data inicial:	
- Diâmetro Externo 50,8mm						23/11/09	
Sondador:						Amarildo	
Revestimento						2,00 m	
Amostras	Profundidade até a camada	Penetração		30cm iniciais	30cm finais	Gráfico	
		Nº de Golpes/15cm				Classificação do Material	
0[]						0 10 20 30 40 50	
1[]	0,89	4	5	9	10	Aterro: argila, com areia fina, média e grossa, com cascalhos cor variegada	
2[]		4	5	9	9	Argila silteosa, com areia fina, com detritos vegetais, com mica cor amarela, média.	
3[]		5	4	9	8		
4[]	4,20	6	6	12	13	Areia grossa, média e fina, com mica, cor amarela medianamente compacta.	
5[]		6	6	12	12		
6[]		7	6	13	12		
7[]		6	8	14	15		
8[]	7,90	6	6	12	12	Areia média, fina e grossa, com mica, cor cinza medianamente compacta.	
9[]	8,75	5	5	10	10	Areia média, fina e grossa, com mica, cor amarela medianamente compacta.	
10[]		5	6	11	12		
11[]		6	5	11	12		
12[]		5	7	12	14		
13[]	13,25	6	7	13	15	Areia média, fina e grossa, com mica, cor cinza medianamente compacta.	
14[]		8	9	17	20	Idem, compacta.	
15[]		10	10	20	23		
16[]		9	9	18	21		
17[]		8	9	17	20		
						José Narciso de Souza Riscado ENGENHEIRO CIVIL CREA -RJ :89-1-00046-2	
						Continua na folha SP05 cont. 1	
GRÁFICO N° Golpes/30cm iniciais N° Golpes/30cm finais		AMOSTRA Profundidade		[] Amostra Padrão [L] Amostra Lavada [P] Amostra Perdida [PP] Peso Próprio do Martelo		INDICES DE PENETRAÇÃO * Penetração Adicional a 50cm de Profundidade P/N Amostrador Penetrou N cm com peso da haste, amostrador e martelo.	

BOLETIM DE SONDAGEM							Nº:	821/2009	
Cliente:							Conscam Construtora Campos Ltda.	Furo Nº	SP06
Local da Obra:							Rua Ari Barroso / Nações Unidas, Parque Tamararé - Campos dos Goytacazes - RJ.	Sondador:	Amarildo
Cota:		Profundidade do Nível D'água:		Amostrador Padrão - Diâmetro Interno 34,9mm		Data inicial:	Data final:	Revestimento	
0,21 m (RN2)		3,12 metros em 26/11/09.		- Diâmetro Externo 50,8mm		24/11/09	26/11/09	2,00 m	
Amostras	Profundidade da amostra	Penetração			Gráfico		Classificação do Material		
		Nº de Golpes/15cm	30cm iniciais	30cm finais	0 10 20 30 40 50				
0[]	0,03 0,18 0,30 0,75								
1[]		4	5	6	9	11	1	Argila silteosa, com areia fina e grossa, com detritos vegetais com mica, cor amarela, rija.	
2[]		4	5	5	9	10	2		
3[]	3,20	2	2	3	4	5	3	Argila silteosa, com areia fina e média, com detritos vegetais com mica, cor cinza, mole.	
4[]	4,10	4	5	7	9	12	4	Areia média, fina e grossa, com mica, cor cinza, medianamente compacta.	
5[]		6	6	6	12	12	5		
6[P]		5	5	7	10	12	6		
7[P]		5	7	7	12	14	7		
8[]		5	6	6	11	12	8		
9[]	9,15	7	9	9	16	18	9	Areia média, fina e grossa, cor amarela, medianamente compacta.	
10[]		9	10	10	19	20	10	Idem, compacta.	
11[]		9	12	12	21	24	11		
12[]	11,68	8	11	13	19	24	12	Areia grossa, média e fina, com pedregulhos, cor cinza, compacta.	
13[]		9	13	15	22	28	13		
14[]		9	12	13	21	25	14		
15[]		10	11	14	21	25	15		
16[]	16,30	9	10	12	19	22	16	Areia média, fina e grossa, com mica, cor cinza, compacta.	
17[]		9	9	11	18	20	17		
							José Narciso de Souza Riscado ENGENHEIRO CIVIL CREA -RJ :89-1-00046-2		
							Continua na folha SP06 cont. 1		
GRÁFICO N° Golpes/30cm iniciais N° Golpes/30cm finais			AMOSTRA [] Amostra Padrão [L] Amostra Lavada [P] Amostra Perdida [PP] Peso Próprio do Martelo		INDICES DE PENETRAÇÃO * Penetração Adicional a 50cm de Profundidade P/N Amostrador Penetrou N cm com peso da haste, amostrador e martelo.				

ANEXO.2. PERFIL ESTATIGRÁFICO



APÊNDICE

APENDICE IX. DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

Foram escolhidos três tipos de estacas (Hélice, Raiz e Tri), e para cada tipo, foram escolhidas três dimensões. Esta seção apresenta os cálculos de capacidade de carga geotécnica, que será limitada pela capacidade de carga estrutural, o que neste caso determinará a profundidade necessária de cada estaca.

Uma observação a ser feita é a respeito dos resultados da região do SPT 4, que demonstrou uma capacidade muito superior aos demais SPT's, que foi desconsiderado no dimensionamento de forma que a capacidade de carga fique a favor da segurança, sem interferências negativas nos demais pontos, devido a sua localização.

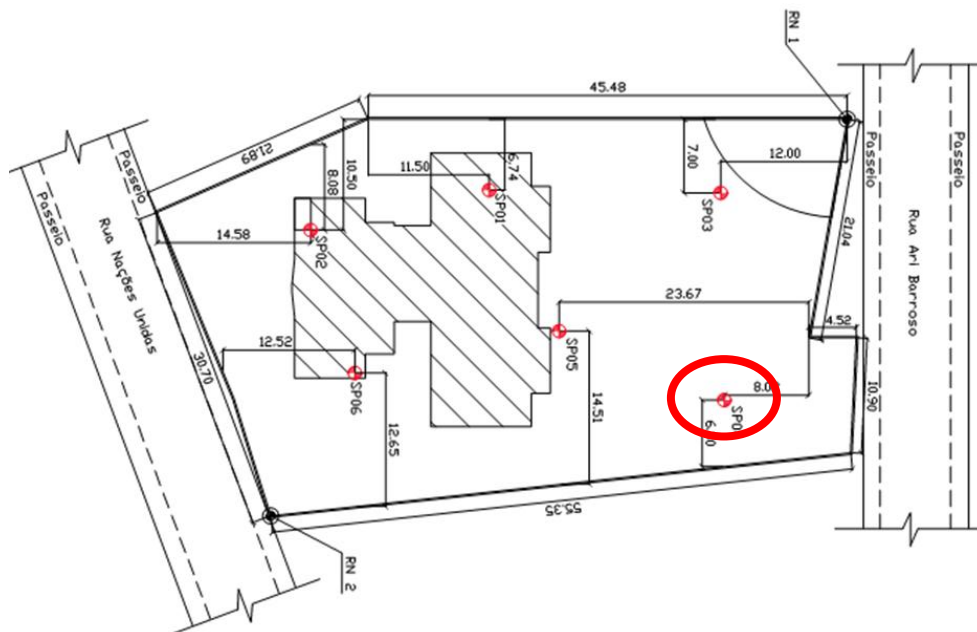


Figura API.1. Localização do SPT4.

IX.1. CAPACIDADE DE CARGA GEOTÉCNICA

IX.1.1. HESTACA HÉLICE

Segundo Aoki-Veloso com contribuições de Monteiro, os fatores de capacidade de carga são: $F1 = 3,0$ e $F2 = 3,8$.

Tabela API.1. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 01 (Estaca Hélice contínua).

SPT01			Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 40 cm				Diâmetro 50 cm				Diâmetro 60 cm			
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotál (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotál (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotál (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Aterro	8	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2		12	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3		15	7,30E-03	2,1	0,230	9,2	7,6	16,8	8,4	14,3	9,5	23,8	11,9	20,6	11,4	32,0	16,0	
4		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	13,7	21,0	10,5	11,5	17,1	28,6	14,3	16,5	20,5	37,0	18,5	
5		11	7,30E-03	2,1	0,169	6,7	19,3	26,0	13,0	10,5	24,1	34,6	17,3	15,1	28,9	44,0	22,0	
6		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	25,3	32,7	16,3	11,5	31,7	43,2	21,6	16,5	38,0	54,5	27,3	
7		10	7,30E-03	2,1	0,153	6,1	30,4	36,5	18,3	9,6	38,0	47,6	23,8	13,8	45,6	59,4	29,7	
8		17	7,30E-03	2,1	0,261	10,4	39,0	49,4	24,7	16,2	48,8	65,0	32,5	23,4	58,6	81,9	41,0	
9		13	7,30E-03	2,1	0,199	8,0	45,6	53,6	26,8	12,4	57,0	69,5	34,7	17,9	68,4	86,3	43,2	
10		14	7,30E-03	2,1	0,215	8,6	52,7	61,3	30,6	13,4	65,9	79,3	39,6	19,3	79,1	98,3	49,2	
11		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	58,8	66,1	33,1	11,5	73,5	85,0	42,5	16,5	88,2	104,7	52,4	
12		13	7,30E-03	2,1	0,199	8,0	65,4	73,3	36,7	12,4	81,7	94,2	47,1	17,9	98,1	116,0	58,0	
13		29	7,30E-03	2,1	0,445	17,7	80,1	97,8	48,9	27,7	100,1	127,8	63,9	39,9	120,1	160,1	80,0	
14		24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	92,3	106,9	53,5	22,9	115,3	138,3	69,1	33,0	138,4	171,4	85,7	
15		16	7,30E-03	2,1	0,245	9,8	100,4	110,2	55,1	15,3	125,5	140,8	70,4	22,0	150,6	172,6	86,3	
16		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	110,5	122,7	61,4	19,1	138,1	157,3	78,6	27,5	165,8	193,3	96,6	
17		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	120,7	132,9	66,4	19,1	150,8	169,9	85,0	27,5	181,0	208,5	104,3	
18		21	7,30E-03	2,1	0,322	12,8	131,3	144,1	72,1	20,1	164,1	184,2	92,1	28,9	197,0	225,8	112,9	
19		17	7,30E-03	2,1	0,261	10,4	139,9	150,3	75,2	16,2	174,9	191,1	95,6	23,4	209,9	233,3	116,6	
20		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	150,1	162,3	81,1	19,1	187,6	206,7	103,3	27,5	225,1	252,6	126,3	
21		19	7,30E-03	2,1	0,291	11,6	159,7	171,3	85,7	18,2	199,6	217,8	108,9	26,1	239,5	265,7	132,8	
22		24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	171,9	186,5	93,3	22,9	214,8	237,8	118,9	33,0	259,8	290,8	145,4	
23		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	183,0	196,5	98,2	21,0	228,8	249,8	124,9	30,3	274,5	304,8	152,4	
24		23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	194,7	208,7	104,4	22,0	243,3	265,3	132,7	31,6	292,0	323,7	161,8	
25		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	205,8	219,3	109,6	21,0	257,3	278,3	139,2	30,3	308,7	339,0	169,5	
26		25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	218,5	233,8	116,9	23,9	273,1	297,0	148,5	34,4	327,7	362,1	181,1	
27		28	7,30E-03	2,1	0,429	17,1	232,7	249,8	124,9	26,8	290,9	317,6	158,8	38,5	349,0	387,6	193,8	
28		33	7,30E-03	2,1	0,506	20,2	249,4	269,6	134,8	31,5	311,8	343,3	171,7	45,4	374,1	419,5	209,8	
29	A sondagem parou em 28,45 m																	
30																		

Tabela API.2. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 02 (Estaca Hélice contínua).

SPT02			Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 40 cm				Diâmetro 50 cm				Diâmetro 60 cm			
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotál (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotál (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotál (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1		6	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2		7	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3		14	2,60E-03	4,5	0,164	3,0	5,4	8,5	4,2	4,8	6,8	11,5	5,8	6,9	8,1	15,0	7,5	
4		14	7,30E-03	2,1	0,215	8,6	12,5	21,1	10,5	13,4	15,6	29,0	14,5	19,3	18,8	38,0	19,0	
5		13	7,30E-03	2,1	0,199	8,0	19,1	27,1	13,5	12,4	23,9	36,3	18,2	17,9	28,7	46,5	23,3	
6		13	7,30E-03	2,1	0,199	8,0	25,7	33,6	16,8	12,4	32,1	44,5	22,3	17,9	38,5	56,4	28,2	
7		10	7,30E-03	2,1	0,153	6,1	30,8	36,9	18,4	9,6	38,5	48,0	24,0	13,8	46,1	59,9	30,0	
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	36,8	44,2	22,1	11,5	46,1	57,5	28,8	16,5	55,3	71,8	35,9	
9		18	7,30E-03	2,1	0,276	11,0	46,0	57,0	28,5	17,2	57,5	74,7	37,3	24,8	69,0	93,7	46,9	
10		16	7,30E-03	2,1	0,245	9,8	54,1	63,9	31,9	15,3	67,6	82,9	41,4	22,0	81,1	103,1	51,6	
11		13	7,30E-03	2,1	0,199	8,0	60,7	68,6	34,3	12,4	75,8	88,3	44,1	17,9	91,0	108,9	54,5	
12		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	70,8	83,0	41,5	19,1	88,5	107,6	53,8	27,5	106,2	133,7	66,9	
13		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	82,0	95,4	47,7	21,0	102,5	123,5	61,7	30,3	123,0	153,2	76,6	
14		28	7,30E-03	2,1	0,429	17,1	96,2	113,3	56,6	26,8	120,2	147,0	73,5	38,5	144,2	182,8	91,4	
15		21	7,30E-03	2,1	0,322	12,8	106,8	119,7	59,8	20,1	133,5	153,6	76,8	28,9	160,2	189,1	94,6	
16		26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	120,0	135,9	67,9	24,8	150,0	174,8	87,4	35,8	180,0	215,8	107,9	
17		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	131,1	144,6	72,3	21,0	163,9	184,9	92,5	30,3	196,7	227,0	113,5	
18		23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	142,8	156,9	78,4	22,0	178,5	200,5	100,2	31,6	214,2	245,9	122,9	
19		29	7,30E-03	2,1	0,445	17,7	157,5	175,2	87,6	27,7	196,9	224,6	112,3	39,9	236,3	276,2	138,1	
20		30	7,30E-03	2,1	0,460	18,3	172,7	191,1	95,5	28,7	215,9	244,6	122,3	41,3	259,1	300,3	150,2	
21		25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	185,4	200,7	100,3	23,9	231,7	255,6	127,8	34,4	278,1	312,5	156,2	
22		25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	198,1	213,3	106,7	23,9	247,6	271,5	135,7	34,4	297,1	331,5	165,7	
23		23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	209,7	223,8	111,9	22,0	262,1	284,1	142,1	31,6	314,6	346,2	173,1	
24		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	219,9	232,1	116,0	19,1	274,8	293,9	147,0	27,5	329,8	357,3	178,7	
25		26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	233,0	248,9	124,5	24,8	291,3	316,1	158,1	35,8	349,6	385,3	192,7	
26		24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	245,2	259,9	129,9	22,9	306,5	329,4	164,7	33,0	367,8	400,8	200,4	
27		23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	256,9	270,9	135,5	22,0	321,1	343,1	171,5	31,6	385,3	416,9	208,5	
28		27	7,30E-03	2,1	0,414	16,5	270,6	287,1	143,5	25,8	338,2	364,0	182,0	37,2	405,8	443,0	221,5	
29	A sondagem parou em 28,45 m																	
30																		

Tabela API.3. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 03 (Estaca Hélice contínua).

SPT03			Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 40 cm				Diâmetro 50 cm				Diâmetro 60 cm			
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	12	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		11	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Área Medianamente compacta à Compacta	11	7,30E-03	2,1	0,169	6,7	5,6	12,3	6,2	10,5	7,0	17,5	8,7	15,1	8,4	23,5	11,8	11,8
4		13	7,30E-03	2,1	0,199	8,0	12,2	20,1	10,1	12,4	15,2	27,6	13,8	17,9	18,3	36,1	18,1	18,1
5		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	18,3	25,6	12,8	11,5	22,8	34,3	17,1	16,5	27,4	43,9	21,9	21,9
6		10	7,30E-03	2,1	0,153	6,1	23,3	29,4	14,7	9,6	29,1	38,7	19,4	13,8	35,0	48,7	24,4	24,4
7		11	7,30E-03	2,1	0,169	6,7	28,9	35,6	17,8	10,5	36,1	46,6	23,3	15,1	43,3	58,5	29,2	29,2
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	35,0	42,3	21,2	11,5	43,7	55,2	27,6	16,5	52,5	69,0	34,5	34,5
9		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	41,1	48,4	24,2	11,5	51,3	62,8	31,4	16,5	61,6	78,1	39,1	39,1
10		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	47,1	54,5	27,2	11,5	58,9	70,4	35,2	16,5	70,7	87,2	43,6	43,6
11		13	7,30E-03	2,1	0,199	8,0	53,7	61,7	30,8	12,4	67,2	79,6	39,8	17,9	80,6	98,5	49,2	49,2
12		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	63,9	76,1	38,1	19,1	79,8	99,0	49,5	27,5	95,8	123,3	61,7	61,7
13		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	74,0	86,2	43,1	19,1	92,5	111,6	55,8	27,5	111,0	138,5	69,3	69,3
14		24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	86,2	100,9	50,4	22,9	107,7	130,7	65,3	33,0	129,3	162,3	81,1	81,1
15		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	97,3	110,8	55,4	21,0	121,7	142,7	71,3	30,3	146,0	176,3	88,1	88,1
16		18	7,30E-03	2,1	0,276	11,0	106,5	117,5	58,7	17,2	133,1	150,3	75,1	24,8	159,7	184,5	92,2	92,2
17		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	117,6	131,1	65,5	21,0	147,0	168,0	84,0	30,3	176,4	206,7	103,3	103,3
18		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	127,8	140,0	70,0	19,1	159,7	178,8	89,4	27,5	191,6	219,1	109,6	109,6
19		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	137,9	150,1	75,1	19,1	172,4	191,5	95,7	27,5	206,8	234,4	117,2	117,2
20		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	149,0	162,5	81,2	21,0	186,3	207,3	103,7	30,3	223,6	253,8	126,9	126,9
21		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	160,2	173,7	86,8	21,0	200,2	221,3	110,6	30,3	240,3	270,6	135,3	135,3
22		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	171,4	184,8	92,4	21,0	214,2	235,2	117,6	30,3	257,0	287,3	143,6	143,6
23	22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	182,5	196,0	98,0	21,0	228,1	249,2	124,6	30,3	273,8	304,0	152,0	152,0	
24	19	7,30E-03	2,1	0,291	11,6	192,1	203,8	101,9	18,2	240,2	258,3	129,2	26,1	288,2	314,3	157,2	157,2	
25	23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	203,8	217,9	108,9	22,0	254,7	276,7	138,4	31,6	305,7	337,3	168,7	168,7	
26	26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	217,0	232,9	116,4	24,8	271,2	296,1	148,0	35,8	325,5	361,2	180,6	180,6	
27	27	7,30E-03	2,1	0,414	16,5	230,7	247,2	123,6	25,8	288,3	314,1	157,1	37,2	346,0	383,1	191,6	191,6	
28	28	7,30E-03	2,1	0,429	17,1	244,9	262,0	131,0	26,8	306,1	332,8	166,4	38,5	367,3	405,8	202,9	202,9	
29	A sondagem parou em 28,45 m																	
30																		

Tabela API.4. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 04 (Estaca Hélice contínua).

SPT04			Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 40 cm				Diâmetro 50 cm				Diâmetro 60 cm			
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	11	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		10	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Área Medianamente compacta à Compacta	14	7,30E-03	2,1	0,215	8,6	7,1	15,7	7,8	66,9	8,9	75,8	37,9	96,3	10,6	107,0	53,5	53,5
4		16	7,30E-03	2,1	0,245	9,8	15,2	25,0	12,5	76,4	19,0	95,5	47,7	110,1	22,8	132,9	66,4	66,4
5		16	7,30E-03	2,1	0,245	9,8	23,3	33,1	16,6	76,4	29,1	105,6	52,8	110,1	35,0	145,1	72,5	72,5
6		18	7,30E-03	2,1	0,276	11,0	32,4	43,5	21,7	86,0	40,6	126,6	63,3	123,8	48,7	172,5	86,3	86,3
7		18	7,30E-03	2,1	0,276	11,0	41,6	52,6	26,3	86,0	52,0	138,0	69,0	123,8	62,4	186,2	93,1	93,1
8		27	7,30E-03	2,1	0,414	16,5	55,3	71,8	35,9	129,0	69,1	198,1	99,0	185,8	82,9	268,6	134,3	134,3
9		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	66,4	79,9	39,9	105,1	83,0	188,1	94,1	151,4	99,6	251,0	125,5	125,5
10		21	7,30E-03	2,1	0,322	12,8	77,1	89,9	44,9	100,3	96,3	196,7	98,3	144,5	115,6	260,1	130,0	130,0
11		26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	90,2	106,1	53,1	124,2	112,8	237,0	118,5	178,9	135,4	314,2	157,1	157,1
12		24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	102,4	117,1	58,5	114,7	128,0	242,7	121,3	165,1	153,6	318,7	159,4	159,4
13		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	112,5	124,8	62,4	95,6	140,7	236,2	118,1	137,6	168,8	306,4	153,2	153,2
14		25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	125,2	140,5	70,3	119,4	156,5	276,0	138,0	172,0	187,8	359,8	179,9	179,9
15		27	7,30E-03	2,1	0,414	16,5	138,9	155,4	77,7	129,0	173,6	302,6	151,3	185,8	208,4	394,1	197,1	197,1
16		23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	150,6	164,6	82,3	109,9	188,2	298,1	149,0	158,2	225,8	384,1	192,0	192,0
17		25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	163,2	178,5	89,3	119,4	204,0	323,5	161,7	172,0	244,9	416,9	208,4	208,4
18		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	174,4	187,8	93,9	105,1	218,0	323,1	161,6	151,4	261,6	413,0	206,5	206,5
19		24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	186,6	201,2	100,6	114,7	233,2	347,9	173,9	165,1	279,8	445,0	222,5	222,5
20		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	196,7	208,9	104,5	95,6	245,9	341,4	170,7	137,6	295,0	432,6	216,3	216,3
21		27	7,30E-03	2,1	0,414	16,5	210,4	226,9	113,4	129,0	263,0	392,0	196,0	185,8	315,6	501,3	250,7	250,7
22		25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	223,1	238,3	119,2	119,4	278,8	398,3	199,1	172,0	334,6	506,6	253,3	253,3
23	21	7,30E-03	2,1	0,322	12,8	233,7	246,5	123,3	100,3	292,1	392,5	196,2	144,5	350,6	495,0	247,5	247,5	
24	24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	245,9	260,6	130,3	114,7	307,3	422,0	211,0	165,1	368,8	533,9	267,0	267,0	
25	21	7,30E-03	2,1	0,322	12,8	256,5	269,4	134,7	100,3	320,6	421,0	210,5	144,5	384,8	529,3	264,6	264,6	
26	22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	267,7	281,1	140,6	105,1	334,6	439,7	219,9	151,4	401,5	552,9	276,4	276,4	
27	25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	280,3	295,6	147,8	119,4	350,4	469,9	234,9	172,0	420,5	592,5	296,3	296,3	
28	25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	293,0	308,3	154,2	119,4	366,3	485,7	242,9	172,0	439,5	611,5	305,8	305,8	
29	A sondagem parou em 28,45 m																	
30																		

Tabela API.5. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 05 (Estaca Hélice contínua).

SPT05			Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 40 cm				Diâmetro 50 cm				Diâmetro 60 cm			
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotat (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotat (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotat (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	10	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2		9	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3		8	2,60E-03	4,5	0,094	1,7	3,1	4,8	2,4	2,7	3,9	6,6	3,3	3,9	4,6	8,6	4,3	
4		13	7,30E-03	2,1	0,199	8,0	9,7	17,6	8,8	12,4	12,1	24,5	12,3	17,9	14,5	32,4	16,2	
5		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	15,8	23,1	11,6	11,5	19,7	31,2	15,6	16,5	23,7	40,2	20,1	
6		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	21,9	29,2	14,6	11,5	27,3	38,8	19,4	16,5	32,8	49,3	24,6	
7		15	7,30E-03	2,1	0,230	9,2	29,5	38,6	19,3	14,3	36,8	51,2	25,6	20,6	44,2	64,8	32,4	
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	35,5	42,9	21,4	11,5	44,4	55,9	27,9	16,5	53,3	69,8	34,9	
9		10	7,30E-03	2,1	0,153	6,1	40,6	46,7	23,4	9,6	50,8	60,3	30,2	13,8	60,9	74,7	37,3	
10		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	46,7	54,0	27,0	11,5	58,4	69,8	34,9	16,5	70,0	86,6	43,3	
11	Areia Medianam ente compacta à Compacta	12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	52,8	60,1	30,1	11,5	66,0	77,4	38,7	16,5	79,2	95,7	47,8	
12		14	7,30E-03	2,1	0,215	8,6	59,9	68,4	34,2	13,4	74,8	88,2	44,1	19,3	89,8	109,1	54,5	
13		15	7,30E-03	2,1	0,230	9,2	67,5	76,7	38,3	14,3	84,3	98,7	49,3	20,6	101,2	121,9	60,9	
14		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	77,6	89,8	44,9	19,1	97,0	116,1	58,1	27,5	116,4	143,9	72,0	
15		23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	89,3	103,3	51,7	22,0	111,6	133,6	66,8	31,6	133,9	165,6	82,8	
16		21	7,30E-03	2,1	0,322	12,8	99,9	112,8	56,4	20,1	124,9	145,0	72,5	28,9	149,9	178,8	89,4	
17		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	110,1	122,3	61,1	19,1	137,6	156,7	78,3	27,5	165,1	192,6	96,3	
18		23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	121,7	135,8	67,9	22,0	152,2	174,1	87,1	31,6	182,6	214,2	107,1	
19		24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	133,9	148,6	74,3	22,9	167,4	190,3	95,1	33,0	200,8	233,9	116,9	
20		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	144,0	156,3	78,1	19,1	180,0	199,1	99,6	27,5	216,0	243,6	121,8	
21	26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	157,2	173,1	86,6	24,8	196,5	221,4	110,7	35,8	235,8	271,6	135,8		
22	26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	170,4	186,3	93,1	24,8	213,0	237,8	118,9	35,8	255,6	291,4	145,7		
23	22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	181,5	195,0	97,5	21,0	226,9	248,0	124,0	30,3	272,3	302,6	151,3		
24	23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	193,2	207,3	103,6	22,0	241,5	263,5	131,7	31,6	289,8	321,5	160,7		
25	25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	205,9	221,2	110,6	23,9	257,3	281,2	140,6	34,4	308,8	343,2	171,6		
26	22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	217,0	230,5	115,2	21,0	271,3	292,3	146,2	30,3	325,5	355,8	177,9		
27	24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	229,2	243,9	121,9	22,9	286,5	309,4	154,7	33,0	343,8	376,8	188,4		
28	30	7,30E-03	2,1	0,460	18,3	244,4	262,8	131,4	28,7	305,5	334,2	167,1	41,3	366,6	407,9	203,9		
29	A sondagem parou em 28,45 m																	
30																		

Tabela API.6. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 06 (Estaca Hélice contínua).

SPT06			Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 40 cm				Diâmetro 50 cm				Diâmetro 60 cm			
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotat (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotat (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotat (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	11	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2		10	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3		5	2,60E-03	4,5	0,059	1,1	1,9	3,0	1,5	1,7	2,4	4,1	2,1	2,5	2,9	5,4	2,7	
4		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	8,0	15,4	7,7	11,5	10,0	21,5	10,7	16,5	12,0	28,5	14,3	
5		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	14,1	21,4	10,7	11,5	17,6	29,1	14,5	16,5	21,2	37,7	18,8	
6		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	20,2	27,5	13,8	11,5	25,2	36,7	18,3	16,5	30,3	46,8	23,4	
7		14	7,30E-03	2,1	0,215	8,6	27,3	35,8	17,9	13,4	34,1	47,5	23,7	19,3	40,9	60,2	30,1	
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	7,3	33,4	40,7	20,4	11,5	41,7	53,2	26,6	16,5	50,0	66,6	33,3	
9		18	7,30E-03	2,1	0,276	11,0	42,5	53,5	26,7	17,2	53,1	70,3	35,2	24,8	63,7	88,5	44,3	
10		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	52,6	64,9	32,4	19,1	65,8	84,9	42,4	27,5	78,9	106,5	53,2	
11	24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	64,8	79,5	39,7	22,9	81,0	103,9	52,0	33,0	97,2	130,2	65,1		
12	Areia Medianam ente compacta à Compacta	24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	77,0	91,6	45,8	22,9	96,2	119,1	59,6	33,0	115,4	148,5	74,2	
13		28	7,30E-03	2,1	0,429	17,1	91,2	108,3	54,1	26,8	113,9	140,7	70,4	38,5	136,7	175,3	87,6	
14		25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	103,8	119,1	59,6	23,9	129,8	153,7	76,8	34,4	155,7	190,1	95,1	
15		25	7,30E-03	2,1	0,383	15,3	116,5	131,8	65,9	23,9	145,6	169,5	84,8	34,4	174,8	209,2	104,6	
16		22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	127,7	141,1	70,6	21,0	159,6	180,6	90,3	30,3	191,5	221,8	110,9	
17		20	7,30E-03	2,1	0,307	12,2	137,8	150,0	75,0	19,1	172,2	191,4	95,7	27,5	206,7	234,2	117,1	
18		23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	149,5	163,5	81,8	22,0	186,8	208,8	104,4	31,6	224,2	255,8	127,9	
19		24	7,30E-03	2,1	0,368	14,7	161,6	176,3	88,2	22,9	202,0	225,0	112,5	33,0	242,4	275,5	137,7	
20		26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	174,8	190,7	95,4	24,8	218,5	243,4	121,7	35,8	262,2	298,0	149,0	
21		26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	188,0	203,9	101,9	24,8	235,0	259,8	129,9	35,8	282,0	317,8	158,9	
22	26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	201,2	217,1	108,5	24,8	251,5	276,3	138,2	35,8	301,8	337,5	168,8		
23	31	7,30E-03	2,1	0,475	19,0	216,9	235,8	117,9	29,6	271,1	300,7	150,4	42,7	325,3	368,0	184,0		
24	28	7,30E-03	2,1	0,429	17,1	231,1	248,2	124,1	26,8	288,8	315,6	157,8	38,5	346,6	385,1	192,6		
25	22	7,30E-03	2,1	0,337	13,5	242,2	255,7	127,8	21,0	302,8	323,8	161,9	30,3	363,3	393,6	196,8		
26	23	7,30E-03	2,1	0,353	14,1	253,9	268,0	134,0	22,0	317,4	339,3	169,7	31,6	380,8	412,6	206,2		
27	26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	267,1	283,0	141,5	24,8	333,8	358,7	179,3	35,8	400,6	436,4	218,2		
28	26	7,30E-03	2,1	0,399	15,9	280,3	296,2	148,1	24,8	350,3	375,2	187,6	35,8	420,4	456,2	228,1		
29	A sondagem parou em 28,45 m																	
30																		

Tabela API.7. Capacidade de carga geotécnica média (Estaca Hélice contínua).

Média		40		50		60	
Profundidade (m)	Material	Qtal médio (tf)	Desvio Padrão	Qtal médio (tf)	Desvio Padrão	Qtal médio (tf)	Desvio Padrão
0	Aterro						
1	Argila Siltosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		4,5	2,8	6,4	4,0	8,4	5,5
4	Areia Medianamente compacta à Compacta	9,5	1,2	13,1	1,6	17,2	2,0
5		12,3	1,1	16,5	1,4	21,2	1,8
6		15,2	1,3	20,2	1,7	25,6	2,1
7		18,4	0,6	24,1	0,9	30,3	1,2
8		22,0	1,7	28,7	2,3	35,9	3,0
9		25,9	2,1	33,8	2,9	42,1	3,9
10		29,9	2,6	38,7	3,5	48,2	4,6
11		33,6	3,8	43,4	5,2	53,8	6,8
12		39,3	4,5	50,8	6,0	63,1	7,7
13		46,4	6,0	60,2	8,0	74,9	10,2
14		53,0	5,7	68,6	7,3	85,1	9,0
15		57,6	5,5	74,0	7,0	91,3	8,6
16		63,0	6,0	80,8	7,7	99,4	9,5
17		68,1	5,5	87,1	6,9	106,9	8,4
18		74,0	5,9	94,6	7,4	116,1	8,9
19		80,1	7,2	102,2	9,3	125,3	11,5
20		86,3	8,5	110,1	11,0	134,8	13,6
21		92,3	8,1	117,6	10,3	143,8	12,6
22		98,8	8,1	125,9	10,2	153,8	12,3
23		104,7	9,6	133,2	12,3	162,6	15,1
24		110,0	9,7	139,7	12,3	170,2	15,0
25		116,3	9,1	147,6	11,4	179,9	13,7
26		122,5	8,8	155,4	10,9	189,3	13,1
27		129,5	8,6	164,3	10,6	200,1	12,7
28	137,8	7,7	174,9	9,4	213,2	11,1	

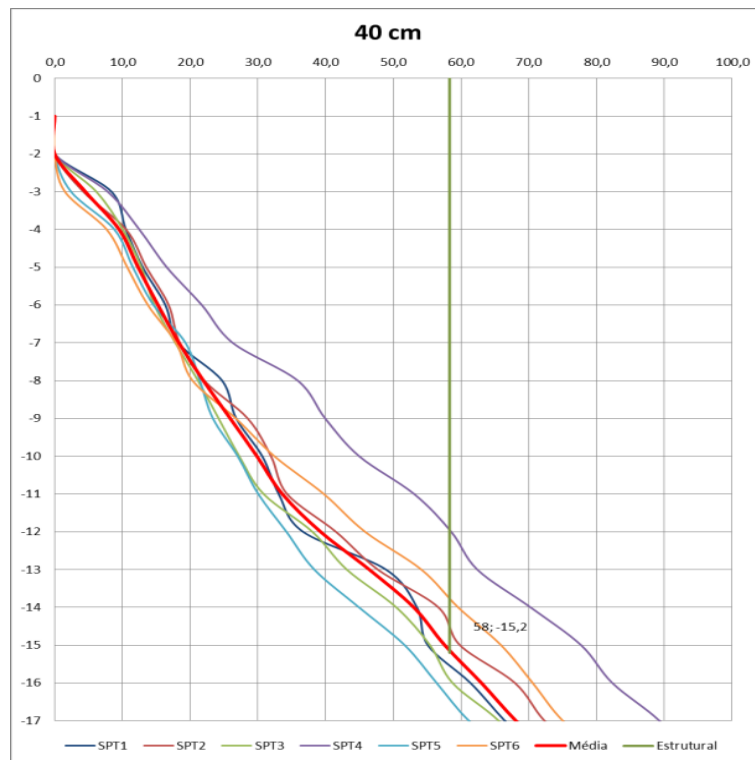


Figura API.2. Capacidade de carga versus profundidade (hélice 40 cm).

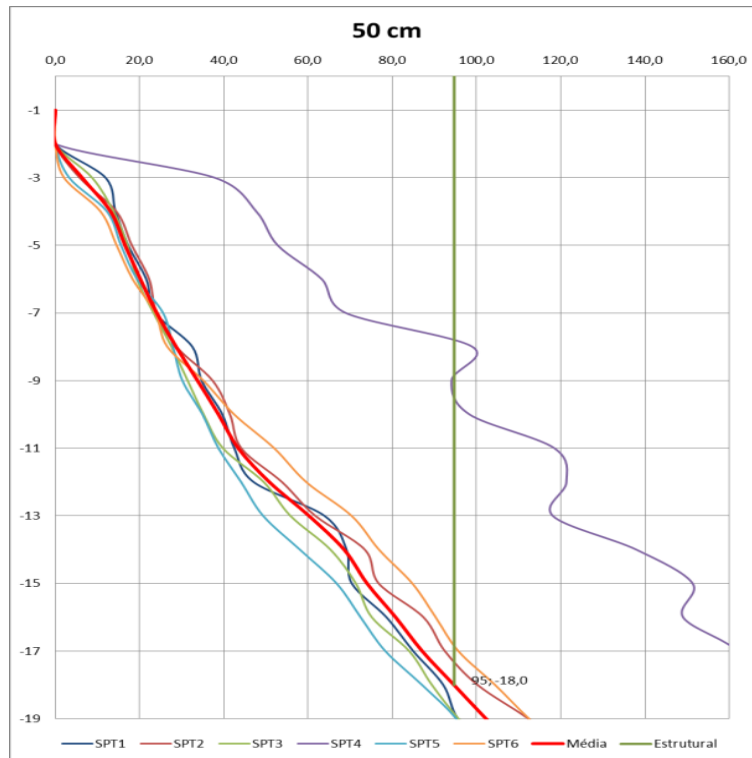


Figura API.3.Capacidade de carga versus profundidade (hélice 50 cm).

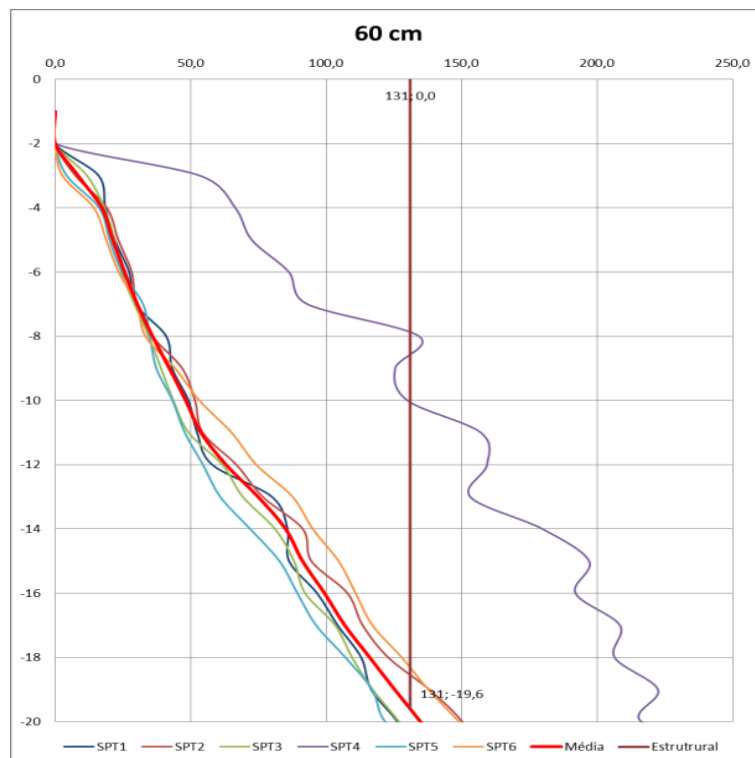


Figura API.4.Capacidade de carga versus profundidade (hélice 60 cm).

IX.1.2. ESTACA RAIZ

Segundo Aoki-Veloso com contribuições de Monteiro, os fatores de capacidade de carga são: $F1 = 2,2$ e $F2 = 2,4$.

Tabela API.8. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 01 (Estaca Raiz).

SPT01		Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 25 cm				Diâmetro 31 cm				Diâmetro 40 cm				
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Aterro	8	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		12	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		15	7,30E-03	2,1	0,230	4,9	7,5	12,4	6,2	7,5	9,3	16,8	8,4	12,5	12,0	24,5	12,3	12,3
4		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	13,5	17,5	8,7	6,0	16,8	22,8	11,4	10,0	21,7	31,7	15,8	15,8
5		11	7,30E-03	2,1	0,169	3,6	19,1	22,6	11,3	5,5	23,6	29,1	14,6	9,2	30,5	39,7	19,8	19,8
6		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	25,1	29,0	14,5	6,0	31,1	37,1	18,6	10,0	40,1	50,1	25,1	25,1
7		10	7,30E-03	2,1	0,153	3,3	30,1	33,4	16,7	5,0	37,3	42,3	21,2	8,3	48,2	56,5	28,3	28,3
8		17	7,30E-03	2,1	0,261	5,5	38,6	44,2	22,1	8,5	47,9	56,4	28,2	14,2	61,8	76,0	38,0	38,0
9		13	7,30E-03	2,1	0,199	4,2	45,2	49,4	24,7	6,5	56,0	62,5	31,2	10,8	72,2	83,1	41,5	41,5
10		14	7,30E-03	2,1	0,215	4,6	52,2	56,7	28,4	7,0	64,7	71,7	35,9	11,7	83,5	95,2	47,6	47,6
11		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	58,2	62,1	31,1	6,0	72,2	78,2	39,1	10,0	93,1	103,1	51,6	51,6
12		13	7,30E-03	2,1	0,199	4,2	64,7	69,0	34,5	6,5	80,2	86,8	43,4	10,8	103,5	114,4	57,2	57,2
13		29	7,30E-03	2,1	0,445	9,4	79,3	88,7	44,4	14,5	98,3	112,8	56,4	24,2	126,8	151,0	75,5	75,5
14	Areia Medianamente compacta à Compacta	24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	91,3	99,1	49,6	12,0	113,2	125,2	62,6	20,0	146,1	166,1	83,1	83,1
15		16	7,30E-03	2,1	0,245	5,2	99,3	104,5	52,3	8,0	123,2	131,2	65,6	13,3	158,9	172,3	86,1	86,1
16		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	109,4	115,9	57,9	10,0	135,6	145,6	72,8	16,7	175,0	191,7	95,8	95,8
17		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	119,4	125,9	63,0	10,0	148,1	158,1	79,0	16,7	191,0	207,7	103,9	103,9
18		21	7,30E-03	2,1	0,322	6,8	129,9	136,8	68,4	10,5	161,1	171,6	85,8	17,5	207,9	225,4	112,7	112,7
19		17	7,30E-03	2,1	0,261	5,5	138,5	144,0	72,0	8,5	171,7	180,2	90,1	14,2	221,5	235,7	117,9	117,9
20		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	148,5	155,0	77,5	10,0	184,1	194,2	97,1	16,7	237,6	254,3	127,1	127,1
21		19	7,30E-03	2,1	0,291	6,2	158,0	164,2	82,1	9,5	196,0	205,5	102,7	15,8	252,8	268,7	134,3	134,3
22		24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	170,1	177,9	88,9	12,0	210,9	222,9	111,5	20,0	272,1	292,1	146,1	146,1
23		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	181,1	188,3	94,1	11,0	224,6	235,6	117,8	18,3	289,8	308,1	154,1	154,1
24		23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	192,6	200,1	100,1	11,5	238,9	250,4	125,2	19,2	308,2	327,4	163,7	163,7
25		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	203,7	210,8	105,4	11,0	252,6	263,6	131,8	18,3	325,9	344,2	172,1	172,1
26		25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	216,2	224,4	112,2	12,5	268,1	280,6	140,3	20,8	346,0	366,8	183,4	183,4
27		28	7,30E-03	2,1	0,429	9,1	230,3	238,4	119,7	14,0	285,5	299,6	149,8	23,4	368,4	391,8	195,9	195,9
28		33	7,30E-03	2,1	0,506	10,8	246,8	257,6	128,8	16,5	306,1	322,6	161,3	27,5	394,9	422,4	211,2	211,2
29		A sondagem parou em 28,45 m																
30																		

Tabela API.9. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 02 (Estaca Raiz).

SPT02		Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 25 cm				Diâmetro 31 cm				Diâmetro 40 cm				
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila	6	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Siltosa	7	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		14	2,60E-03	4,5	0,164	1,6	5,4	7,0	3,5	2,5	6,6	9,1	4,6	4,2	8,6	12,7	6,4	6,4
4		14	7,30E-03	2,1	0,215	4,6	12,4	16,9	8,5	7,0	15,4	22,4	11,2	11,7	19,8	31,5	15,7	15,7
5		13	7,30E-03	2,1	0,199	4,2	18,9	23,1	11,6	6,5	23,4	30,0	15,0	10,8	30,2	41,1	20,5	20,5
6		13	7,30E-03	2,1	0,199	4,2	25,4	29,7	14,8	6,5	31,5	38,0	19,0	10,8	40,7	51,5	25,8	25,8
7		10	7,30E-03	2,1	0,153	3,3	30,4	33,7	16,9	5,0	37,8	42,8	21,4	8,3	48,7	57,0	28,5	28,5
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	36,5	40,4	20,2	6,0	45,2	51,2	25,6	10,0	58,3	68,3	34,2	34,2
9		18	7,30E-03	2,1	0,276	5,9	45,5	51,4	25,7	9,0	56,4	65,4	32,7	15,0	72,8	87,8	43,9	43,9
10		16	7,30E-03	2,1	0,245	5,2	53,5	58,7	29,4	8,0	66,4	74,4	37,2	13,3	85,6	99,0	49,5	49,5
11		13	7,30E-03	2,1	0,199	4,2	60,0	64,3	32,1	6,5	74,5	81,0	40,5	10,8	96,1	106,9	53,5	53,5
12		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	70,1	76,6	38,3	10,0	86,9	96,9	48,5	16,7	112,1	128,8	64,4	64,4
13		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	81,1	88,3	44,1	11,0	100,6	111,6	55,8	18,3	129,8	148,1	74,1	74,1
14		28	7,30E-03	2,1	0,429	9,1	95,2	104,3	52,1	14,0	118,0	132,0	66,0	23,4	152,3	175,6	87,8	87,8
15	Areia Medianamente compacta à Compacta	21	7,30E-03	2,1	0,322	6,8	105,7	112,5	56,3	10,5	131,1	141,6	70,8	17,5	169,1	186,6	93,3	93,3
16		26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	118,7	127,2	63,6	13,0	147,2	160,3	80,1	21,7	190,0	211,7	105,8	105,8
17		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	129,8	136,9	68,5	11,0	160,9	171,9	86,0	18,3	207,6	226,0	113,0	113,0
18		23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	141,3	148,8	74,4	11,5	175,2	186,7	93,4	19,2	226,1	245,3	122,6	122,6
19		29	7,30E-03	2,1	0,445	9,4	155,9	165,3	82,7	14,5	193,3	207,8	103,9	24,2	249,4	273,6	136,8	136,8
20		30	7,30E-03	2,1	0,460	9,8	170,9	180,7	90,3	15,0	211,9	227,0	113,5	25,0	273,5	298,5	149,2	149,2
21		25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	183,5	191,6	95,8	12,5	227,5	240,0	120,0	20,8	293,5	314,4	157,2	157,2
22		25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	196,0	204,1	102,1	12,5	243,0	255,6	127,8	20,8	313,6	334,4	167,2	167,2
23		23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	207,5	215,0	107,5	11,5	257,3	268,9	134,4	19,2	332,1	351,2	175,6	175,6
24		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	217,6	224,1	112,0	10,0	269,8	279,8	139,9	16,7	348,1	364,8	182,4	182,4
25		26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	230,6	239,1	119,5	13,0	286,0	299,0	149,5	21,7	369,0	390,7	195,3	195,3
26		24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	242,7	250,5	125,2	12,0	300,9	312,9	156,5	20,0	388,2	408,3	204,1	204,1
27		23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	254,2	261,7	130,8	11,5	315,2	326,7	163,4	19,2	406,7	425,9	212,9	212,9
28		27	7,30E-03	2,1	0,414	8,8	267,7	276,5	138,3	13,5	332,0	345,5	172,8	22,5	428,4	450,9	225,4	225,4
29		A sondagem parou em 28,45 m																
30																		

Tabela API.10. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 03 (Estaca Raiz).

SPT03			Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 25 cm				Diâmetro 31 cm				Diâmetro 40 cm			
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila	12	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Siltosa	11	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Área Medianamente compacta à Compacta	11	7,30E-03	2,1	0,169	3,6	5,5	9,1	4,6	5,5	6,8	12,4	6,2	9,2	8,8	18,0	9,0	9,0
4		13	7,30E-03	2,1	0,199	4,2	12,0	16,3	8,1	6,5	14,9	21,4	10,7	10,8	19,3	30,1	15,1	15,1
5		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	18,1	22,0	11,0	6,0	22,4	28,4	14,2	10,0	28,9	38,9	19,5	19,5
6		10	7,30E-03	2,1	0,153	3,3	23,1	26,3	13,2	5,0	28,6	33,6	16,8	8,3	36,9	45,3	22,6	22,6
7		11	7,30E-03	2,1	0,169	3,6	28,6	32,2	16,1	5,5	35,5	41,0	20,5	9,2	45,8	54,9	27,5	27,5
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	34,6	38,5	19,3	6,0	42,9	48,9	24,5	10,0	55,4	65,4	32,7	32,7
9		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	40,6	44,5	22,3	6,0	50,4	56,4	28,2	10,0	65,0	75,0	37,5	37,5
10		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	46,7	50,6	25,3	6,0	57,9	63,9	31,9	10,0	74,6	84,7	42,3	42,3
11		13	7,30E-03	2,1	0,199	4,2	53,2	57,4	28,7	6,5	65,9	72,5	36,2	10,8	85,1	95,9	48,0	48,0
12		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	63,2	69,7	34,9	10,0	78,4	88,4	44,2	16,7	101,1	117,8	58,9	58,9
13		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	73,2	79,8	39,9	10,0	90,8	100,8	50,4	16,7	117,2	133,9	66,9	66,9
14		24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	85,3	93,1	46,6	12,0	105,8	117,8	58,9	20,0	136,5	156,5	78,2	78,2
15		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	96,3	103,5	51,7	11,0	119,4	130,5	65,2	18,3	154,1	172,5	86,2	86,2
16		18	7,30E-03	2,1	0,276	5,9	105,4	111,2	55,6	9,0	130,6	139,7	69,8	15,0	168,6	183,6	91,8	91,8
17		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	116,4	123,6	61,8	11,0	144,3	155,3	77,7	18,3	186,2	204,6	102,3	102,3
18		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	126,4	132,9	66,5	10,0	156,8	166,8	83,4	16,7	202,3	219,0	109,5	109,5
19		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	136,5	143,0	71,5	10,0	169,2	179,2	89,6	16,7	218,3	235,0	117,5	117,5
20		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	147,5	154,7	77,3	11,0	182,9	193,9	97,0	18,3	236,0	254,3	127,2	127,2
21		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	158,5	165,7	82,8	11,0	196,6	207,6	103,8	18,3	253,6	272,0	136,0	136,0
22		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	169,6	176,7	88,4	11,0	210,3	221,3	110,6	18,3	271,3	289,7	144,8	144,8
23		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	180,6	187,8	93,9	11,0	223,9	235,0	117,5	18,3	289,0	307,3	153,7	153,7
24		19	7,30E-03	2,1	0,291	6,2	190,1	196,3	98,2	9,5	235,8	245,3	122,6	15,8	304,2	320,1	160,0	160,0
25		23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	201,7	209,2	104,6	11,5	250,1	261,6	130,8	19,2	322,7	341,9	170,9	170,9
26		26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	214,7	223,2	111,6	13,0	266,2	279,3	139,6	21,7	343,5	365,2	182,6	182,6
27		27	7,30E-03	2,1	0,414	8,8	228,3	237,1	118,5	13,5	283,0	296,6	148,3	22,5	365,2	387,7	193,9	193,9
28		28	7,30E-03	2,1	0,429	9,1	242,3	251,4	125,7	14,0	300,5	314,5	157,2	23,4	387,7	411,0	205,5	205,5
29		A sondagem parou em 28,45 m																
30																		

Tabela API.11. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 04 (Estaca Raiz).

SPT04			Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 25 cm				Diâmetro 31 cm				Diâmetro 40 cm			
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila	11	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Siltosa	10	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Área Medianamente compacta à Compacta	14	7,30E-03	2,1	0,215	4,6	7,0	11,6	5,8	7,0	8,7	15,7	7,9	11,7	11,2	22,9	11,5	11,5
4		16	7,30E-03	2,1	0,245	5,2	15,1	20,3	10,1	8,0	18,7	26,7	13,3	13,3	24,1	37,4	18,7	18,7
5		16	7,30E-03	2,1	0,245	5,2	23,1	28,3	14,1	8,0	28,6	36,6	18,3	13,3	36,9	50,3	25,1	25,1
6		18	7,30E-03	2,1	0,276	5,9	32,1	38,0	19,0	9,0	39,8	48,8	24,4	15,0	51,4	66,4	33,2	33,2
7		18	7,30E-03	2,1	0,276	5,9	41,1	47,0	23,5	9,0	51,0	60,0	30,0	15,0	65,8	80,8	40,4	40,4
8		27	7,30E-03	2,1	0,414	8,8	54,7	63,5	31,7	13,5	67,8	81,3	40,7	22,5	87,5	110,0	55,0	55,0
9		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	65,7	72,9	36,4	11,0	81,5	92,5	46,3	18,3	105,2	123,5	61,7	61,7
10		21	7,30E-03	2,1	0,322	6,8	76,3	83,1	41,5	10,5	94,6	105,1	52,5	17,5	122,0	139,5	69,8	69,8
11		26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	89,3	97,8	48,9	13,0	110,7	123,8	61,9	21,7	142,9	164,6	82,3	82,3
12		24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	101,3	109,2	54,6	12,0	125,7	137,7	68,8	20,0	162,1	182,2	91,1	91,1
13		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	111,4	117,9	58,9	10,0	138,1	148,1	74,1	16,7	178,2	194,9	97,4	97,4
14		25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	123,9	132,1	66,0	12,5	153,7	166,2	83,1	20,8	198,3	219,1	109,6	109,6
15		27	7,30E-03	2,1	0,414	8,8	137,5	146,3	73,1	13,5	170,4	184,0	92,0	22,5	219,9	242,5	121,2	121,2
16		23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	149,0	156,5	78,2	11,5	184,8	196,3	98,1	19,2	238,4	257,6	128,8	128,8
17		25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	161,5	169,7	84,8	12,5	200,3	212,8	106,4	20,8	258,5	279,3	139,7	139,7
18		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	172,6	179,7	89,9	11,0	214,0	225,0	112,5	18,3	276,1	294,5	147,2	147,2
19		24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	184,6	192,4	96,2	12,0	228,9	240,9	120,5	20,0	295,4	315,4	157,7	157,7
20		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	194,6	201,2	100,6	10,0	241,4	251,4	125,7	16,7	311,4	328,1	164,1	164,1
21		27	7,30E-03	2,1	0,414	8,8	208,2	217,0	108,5	13,5	258,2	271,7	135,8	22,5	333,1	355,6	177,8	177,8
22		25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	220,7	228,9	114,4	12,5	273,7	286,2	143,1	20,8	353,2	374,0	187,0	187,0
23		21	7,30E-03	2,1	0,322	6,8	231,3	238,1	119,1	10,5	286,8	297,3	148,6	17,5	370,0	387,5	193,8	193,8
24		24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	243,3	251,1	125,6	12,0	301,7	313,7	156,9	20,0	389,3	409,3	204,7	204,7
25		21	7,30E-03	2,1	0,322	6,8	253,8	260,7	130,3	10,5	314,8	325,3	162,6	17,5	406,2	423,7	211,8	211,8
26		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	264,9	272,1	136,0	11,0	328,5	339,5	169,7	18,3	423,8	442,2	221,1	221,1
27		25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	277,4	285,6	142,8	12,5	344,0	356,5	178,3	20,8	443,9	464,7	232,4	232,4
28		25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	290,0	298,1	149,1	12,5	359,6	372,1	186,0	20,8	463,9	484,8	242,4	242,4
29		A sondagem parou em 28,45 m																
30																		

Tabela API.12. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 05 (Estaca Raiz).

SPT05			Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 25 cm				Diâmetro 31 cm				Diâmetro 40 cm			
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	10	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		9	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		8	2,60E-03	4,5	0,094	0,9	3,1	4,0	2,0	1,4	3,8	5,2	2,6	2,4	4,9	7,3	3,6	
4		13	7,30E-03	2,1	0,199	4,2	9,6	13,8	6,9	6,5	11,9	18,4	9,2	10,8	15,3	26,2	13,1	
5		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	15,6	19,5	9,8	6,0	19,4	25,4	12,7	10,0	25,0	35,0	17,5	
6		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	21,6	25,5	12,8	6,0	26,8	32,8	16,4	10,0	34,6	44,6	22,3	
7		15	7,30E-03	2,1	0,230	4,9	29,2	34,0	17,0	7,5	36,1	43,7	21,8	12,5	46,6	59,1	29,6	
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	35,2	39,1	19,5	6,0	43,6	49,6	24,8	10,0	56,3	66,3	33,1	
9		10	7,30E-03	2,1	0,153	3,3	40,2	43,4	21,7	5,0	49,8	54,8	27,4	8,3	64,3	72,6	36,3	
10		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	46,2	50,1	25,1	6,0	57,3	63,3	31,7	10,0	73,9	83,9	42,0	
11	Areia Medianam ente compacta à Compacta	12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	52,2	56,1	28,1	6,0	64,8	70,8	35,4	10,0	83,6	93,6	46,8	
12		14	7,30E-03	2,1	0,215	4,6	59,3	63,8	31,9	7,0	73,5	80,5	40,2	11,7	94,8	106,5	53,2	
13		15	7,30E-03	2,1	0,230	4,9	66,8	71,7	35,8	7,5	82,8	90,3	45,2	12,5	106,8	119,4	59,7	
14		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	76,8	83,3	41,7	10,0	95,2	105,3	52,6	16,7	122,9	139,6	69,8	
15		23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	88,3	95,8	47,9	11,5	109,6	121,1	60,5	19,2	141,4	160,5	80,3	
16		21	7,30E-03	2,1	0,322	6,8	98,9	105,7	52,9	10,5	122,6	133,1	66,6	17,5	158,2	175,7	87,9	
17		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	108,9	115,4	57,7	10,0	135,1	145,1	72,5	16,7	174,3	190,9	95,5	
18		23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	120,5	127,9	64,0	11,5	149,4	160,9	80,4	19,2	192,7	211,9	106,0	
19		24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	132,5	140,3	70,2	12,0	164,3	176,3	88,2	20,0	212,0	232,0	116,0	
20		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	142,5	149,0	74,5	10,0	176,7	186,8	93,4	16,7	228,0	244,7	122,4	
21	26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	155,6	164,0	82,0	13,0	209,9	205,9	103,0	21,7	248,9	270,6	135,3		
22	26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	168,6	177,1	88,5	13,0	209,1	222,1	111,1	21,7	269,8	291,5	145,7		
23	22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	179,7	186,8	93,4	11,0	222,8	233,8	116,9	18,3	287,4	305,8	152,9		
24	23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	191,2	198,7	99,3	11,5	237,1	248,6	124,3	19,2	305,9	325,1	162,5		
25	25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	203,7	211,9	105,9	12,5	252,6	265,2	132,6	20,8	326,0	346,8	173,4		
26	22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	214,8	221,9	111,0	11,0	266,3	277,3	138,7	18,3	343,6	362,0	181,0		
27	24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	226,8	234,6	117,3	12,0	281,2	293,3	146,6	20,0	362,9	382,9	191,5		
28	30	7,30E-03	2,1	0,460	9,8	241,9	251,6	125,8	15,0	299,9	314,9	157,5	25,0	387,0	412,0	206,0		
29	A sondagem parou em 28,45 m																	
30																		

Tabela API.13. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 06 (Estaca Raiz).

SPT06			Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 25 cm				Diâmetro 31 cm				Diâmetro 40 cm			
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	11	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		10	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		5	2,60E-03	4,5	0,059	0,6	1,9	2,5	1,2	0,9	2,4	3,3	1,6	1,5	3,1	4,5	2,3	
4		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	7,9	11,8	5,9	6,0	9,8	15,8	7,9	10,0	12,7	22,7	11,4	
5		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	14,0	17,9	8,9	6,0	17,3	23,3	11,7	10,0	22,3	32,3	16,2	
6		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	20,0	23,9	11,9	6,0	24,8	30,8	15,4	10,0	32,0	42,0	21,0	
7		14	7,30E-03	2,1	0,215	4,6	27,0	31,6	15,8	7,0	33,5	40,5	20,2	11,7	43,2	54,9	27,4	
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	3,9	33,0	36,9	18,5	6,0	40,9	47,0	23,5	10,0	52,8	62,8	31,4	
9		18	7,30E-03	2,1	0,276	5,9	42,0	47,9	24,0	9,0	52,1	61,2	30,6	15,0	67,3	82,3	41,1	
10		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	52,1	58,6	29,3	10,0	64,6	74,6	37,3	16,7	83,3	100,0	50,0	
11	24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	64,1	71,9	36,0	12,0	79,5	91,5	45,8	20,0	102,6	122,6	61,3		
12	Areia Medianam ente compacta à Compacta	24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	76,2	84,0	42,0	12,0	94,4	106,5	53,2	20,0	121,9	141,9	70,9	
13		28	7,30E-03	2,1	0,429	9,1	90,2	99,3	49,7	14,0	111,9	125,9	62,9	23,4	144,3	167,7	83,8	
14		25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	102,8	110,9	55,4	12,5	127,4	139,9	70,0	20,8	164,4	185,2	92,6	
15		25	7,30E-03	2,1	0,383	8,1	115,3	123,4	61,7	12,5	143,0	155,5	77,7	20,8	184,5	205,3	102,7	
16		22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	126,3	133,5	66,7	11,0	156,6	167,7	83,8	18,3	202,1	220,5	110,2	
17		20	7,30E-03	2,1	0,307	6,5	136,4	142,9	71,4	10,0	169,1	179,1	89,6	16,7	218,2	234,9	117,4	
18		23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	147,9	155,4	77,7	11,5	183,4	194,9	97,5	19,2	236,6	255,8	127,9	
19		24	7,30E-03	2,1	0,368	7,8	159,9	167,8	83,9	12,0	198,3	210,3	105,2	20,0	255,9	275,9	138,0	
20		26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	173,0	181,5	90,7	13,0	214,5	227,5	113,8	21,7	276,8	298,5	149,2	
21		26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	186,0	194,5	97,2	13,0	230,7	243,7	121,8	21,7	297,6	319,3	159,7	
22	26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	199,1	207,5	103,8	13,0	246,8	259,9	129,9	21,7	318,5	340,2	170,1		
23	31	7,30E-03	2,1	0,475	10,1	214,6	224,7	112,4	15,5	266,1	281,7	140,8	25,9	343,4	369,3	184,6		
24	28	7,30E-03	2,1	0,429	9,1	228,7	237,8	118,9	14,0	283,6	297,6	148,8	23,4	365,9	389,2	194,6		
25	22	7,30E-03	2,1	0,337	7,2	239,7	246,9	123,4	11,0	297,2	308,3	154,1	18,3	383,5	401,9	200,9		
26	23	7,30E-03	2,1	0,353	7,5	251,2	258,7	129,4	11,5	311,5	323,1	161,5	19,2	402,0	421,2	210,6		
27	26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	264,3	272,8	136,4	13,0	327,7	340,7	170,4	21,7	422,9	444,5	222,3		
28	26	7,30E-03	2,1	0,399	8,5	277,3	285,8	142,9	13,0	343,9	356,9	178,5	21,7	443,7	465,4	232,7		
29	A sondagem parou em 28,45 m																	
30																		

Tabela API.14. Capacidade de carga geotécnica média (Estaca Raiz).

Média		25		31		40	
Profundidade de (m)	Material	Qtotál médio (tf)	Desvíó Padrão	Qtotál médio (tf)	Desvíó Padrão	Qtotál médio (tf)	Desvíó Padrão
0	Aterro						
1	Argila Siltosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		3,5	2,0	4,7	2,7	6,7	4,0
4	Areia Medianamente compacta à Compacta	7,6	1,2	10,1	1,5	14,2	1,9
5		10,5	1,1	13,6	1,4	18,7	1,8
6		13,4	1,2	17,2	1,5	23,4	2,0
7		16,5	0,5	21,0	0,7	28,2	0,9
8		19,9	1,4	25,3	1,8	33,9	2,5
9		23,7	1,7	30,0	2,2	40,1	3,1
10		27,5	2,1	34,8	2,8	46,3	3,9
11		31,2	3,1	39,4	4,1	52,2	5,7
12		36,3	3,9	45,9	5,0	60,9	6,9
13		42,8	5,2	54,1	6,7	72,0	9,1
14		49,1	5,3	62,0	6,7	82,3	8,8
15		54,0	5,2	68,0	6,6	89,7	8,6
16		59,4	5,7	74,6	7,2	98,3	9,4
17		64,5	5,5	81,0	6,8	106,4	8,8
18		70,2	5,7	88,1	7,1	115,7	9,2
19		76,0	6,7	95,4	8,4	125,2	11,1
20		82,1	7,8	102,9	9,9	135,0	13,1
21		88,0	7,8	110,3	9,8	144,5	12,8
22		94,3	7,9	118,2	9,8	154,8	12,7
23		100,3	9,0	125,5	11,3	164,2	14,9
24		105,7	9,3	132,2	11,6	172,7	15,2
25		111,8	9,0	139,8	11,1	182,5	14,4
26		117,9	8,7	147,3	10,8	192,3	13,9
27		124,6	8,5	155,7	10,6	203,3	13,6
28		132,3	7,8	165,4	9,6	216,2	12,3

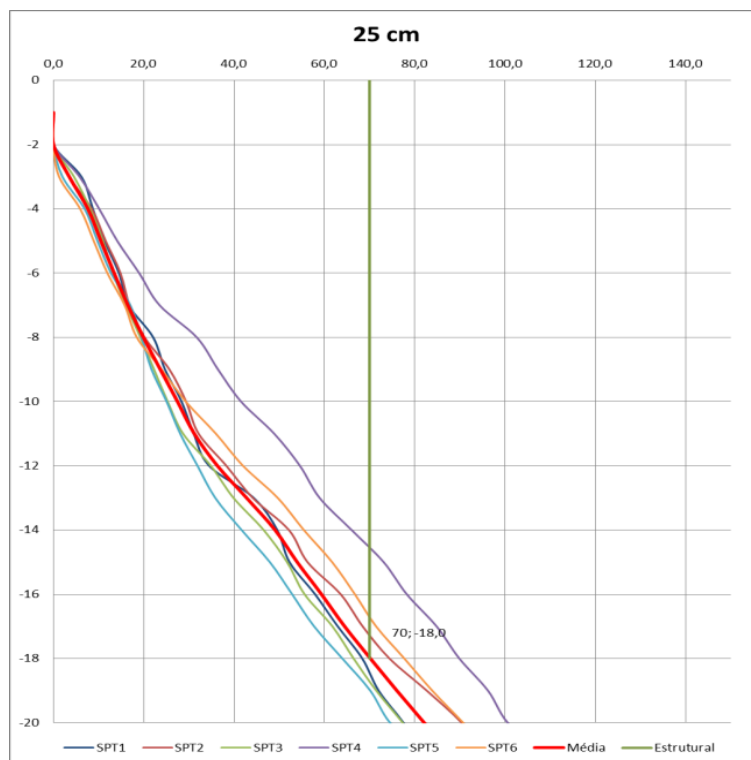


Figura API.5. Capacidade de carga versus profundidade (Raiz 25 cm).

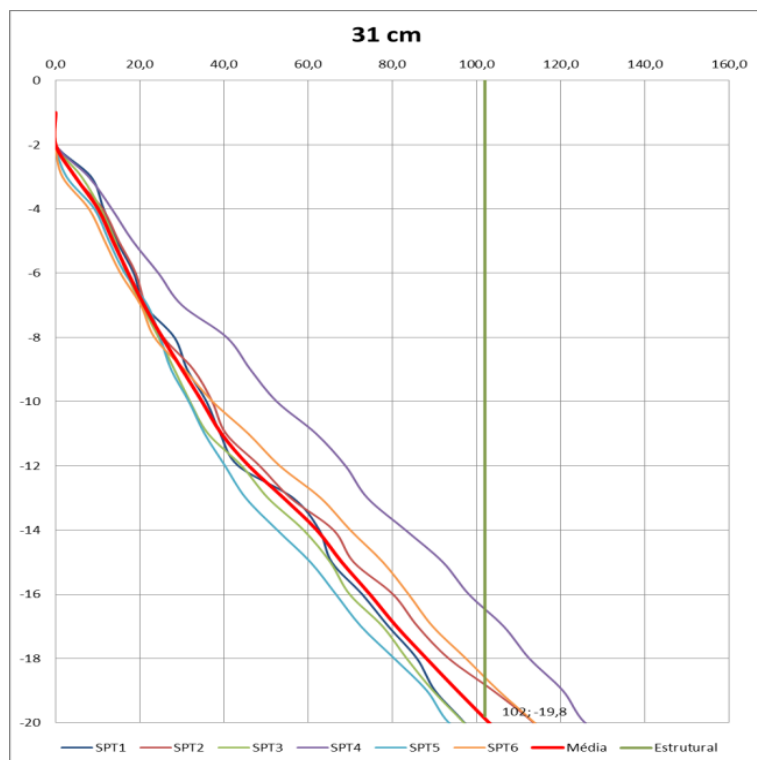


Figura API.6.Capacidade de carga versus profundidade (Raiz 31 cm).

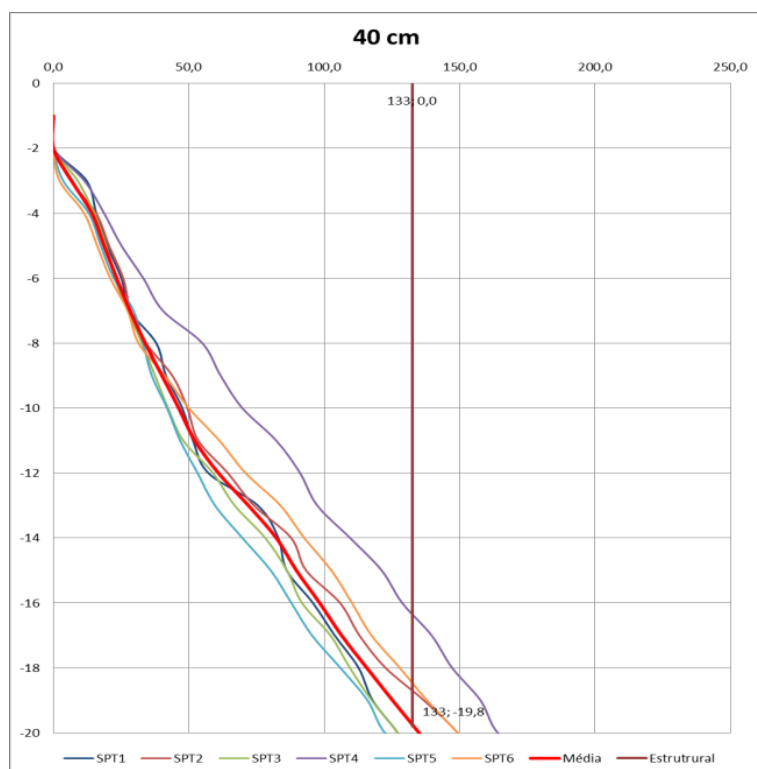


Figura API.7.Capacidade de carga versus profundidade (Raiz 40 cm).

IX.1.3. ESTACA CRAVADA TRI

Segundo Aoki-Veloso com contribuições de Monteiro, os fatores de capacidade de carga são: F1 =3,5 e F2 = 3,5.

Tabela API.15. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 01 (Estaca Cravada Tri).

Profundidade de (m)	SPT01	Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 23 cm				Diâmetro 32 cm				Diâmetro 41 cm				
		Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Aterro	8	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		12	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		15	7,30E-03	2,1	0,230	13,0	4,7	17,7	8,9	25,2	6,6	31,8	15,9	41,3	8,5	49,8	24,9	
4		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	8,5	18,9	9,5	20,1	11,9	32,0	16,0	33,0	15,2	48,3	24,1	
5		11	7,30E-03	2,1	0,169	9,5	12,0	21,6	10,8	18,5	16,7	35,2	17,6	30,3	21,4	51,7	25,9	
6		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	15,8	26,2	13,1	20,1	22,0	42,1	21,1	33,0	28,2	61,3	30,6	
7		10	7,30E-03	2,1	0,153	8,7	19,0	27,7	13,8	16,8	26,4	43,2	21,6	27,5	33,9	61,4	30,7	
8		17	7,30E-03	2,1	0,261	14,7	24,4	39,1	19,6	28,5	33,9	62,4	31,2	46,8	43,4	90,3	45,1	
9		13	7,30E-03	2,1	0,199	11,3	28,5	39,7	19,9	21,8	39,6	61,4	30,7	35,8	50,8	86,6	43,3	
10		14	7,30E-03	2,1	0,215	12,1	32,9	45,0	22,5	23,5	45,8	69,3	34,6	38,6	58,7	97,2	48,6	
11		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	36,7	47,1	23,6	20,1	51,1	71,2	35,6	33,0	65,4	98,5	49,2	
12		13	7,30E-03	2,1	0,199	11,3	40,8	52,1	26,0	21,8	56,8	78,6	39,3	35,8	72,8	108,6	54,3	
13		29	7,30E-03	2,1	0,445	25,1	50,0	75,1	37,6	48,6	69,6	118,2	59,1	79,9	89,1	169,0	84,5	
14		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	57,6	78,4	39,2	40,3	80,1	120,4	60,2	66,1	102,7	168,8	84,4	
15		16	7,30E-03	2,1	0,245	13,9	62,7	76,5	38,3	26,8	87,2	114,0	57,0	44,1	111,7	155,8	77,9	
16		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	69,0	86,3	43,2	33,5	96,0	129,5	64,8	55,1	123,0	178,1	89,0	
17		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	75,3	92,7	46,3	33,5	104,8	138,3	69,2	55,1	134,3	189,3	94,7	
18		21	7,30E-03	2,1	0,322	18,2	82,0	100,2	50,1	35,2	114,0	149,3	74,6	57,8	146,1	203,9	102,0	
19		17	7,30E-03	2,1	0,261	14,7	87,3	102,1	51,0	28,5	121,5	150,0	75,0	46,8	155,7	202,5	101,3	
20		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	93,7	111,0	55,5	33,5	130,3	163,9	81,9	55,1	167,0	222,1	111,0	
21		19	7,30E-03	2,1	0,291	16,5	99,7	116,2	58,1	31,9	138,7	170,6	85,3	52,3	177,7	230,0	115,0	
22		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	107,3	128,1	64,0	40,3	149,3	189,5	94,8	66,1	191,3	257,3	128,7	
23		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	114,3	133,3	66,7	36,9	159,0	195,9	97,9	60,6	203,7	264,2	132,1	
24		23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	121,5	141,5	70,7	38,6	169,1	207,7	103,8	63,3	216,6	280,0	140,0	
25		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	128,5	147,6	73,8	36,9	178,8	215,7	107,8	60,6	229,1	289,6	144,8	
26		25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	136,4	158,1	79,0	41,9	189,8	231,7	115,9	68,8	243,2	312,0	156,0	
27		28	7,30E-03	2,1	0,429	24,3	145,3	169,5	84,8	47,0	202,1	249,1	124,5	77,1	259,0	336,1	168,0	
28		33	7,30E-03	2,1	0,506	28,6	155,7	184,3	92,2	55,4	216,6	272,0	136,0	90,9	277,6	368,4	184,2	
29		A sondagem parou em 28,45 m																
30																		

Tabela API.16. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 02 (Estaca Cravada Tri).

Profundidade de (m)	SPT02	Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 23 cm				Diâmetro 32 cm				Diâmetro 41 cm				
		Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	6	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		7	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		14	2,60E-03	4,5	0,164	4,3	3,4	7,7	3,9	8,4	4,7	13,1	6,5	13,7	6,0	19,8	9,9	
4		14	7,30E-03	2,1	0,215	12,1	7,8	19,9	10,0	23,5	10,9	34,4	17,2	38,6	13,9	52,5	26,2	
5		13	7,30E-03	2,1	0,199	11,3	11,9	23,2	11,6	21,8	16,6	38,4	19,2	35,8	21,3	57,1	28,5	
6		13	7,30E-03	2,1	0,199	11,3	16,0	27,3	13,7	21,8	22,3	44,1	22,1	35,8	28,6	64,4	32,2	
7		10	7,30E-03	2,1	0,153	8,7	19,2	27,9	13,9	16,8	26,7	43,5	21,7	27,5	34,2	61,8	30,9	
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	23,0	33,4	16,7	20,1	32,0	52,1	26,1	33,0	41,0	74,1	37,0	
9		18	7,30E-03	2,1	0,276	15,6	28,7	44,3	22,1	30,2	39,9	70,1	35,1	49,6	51,2	100,7	50,4	
10		16	7,30E-03	2,1	0,245	13,9	33,8	47,6	23,8	26,8	47,0	73,8	36,9	44,1	60,2	104,2	52,1	
11		13	7,30E-03	2,1	0,199	11,3	37,9	49,1	24,6	21,8	52,7	74,5	37,3	35,8	67,5	103,3	51,7	
12		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	44,2	61,5	30,8	33,5	61,5	95,1	47,5	55,1	78,8	133,9	66,9	
13		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	51,2	70,2	35,1	36,9	71,2	108,1	54,0	60,6	91,2	151,8	75,9	
14		28	7,30E-03	2,1	0,429	24,3	60,0	84,3	42,1	47,0	83,5	130,5	65,2	77,1	107,0	184,1	92,1	
15		21	7,30E-03	2,1	0,322	18,2	66,7	84,9	42,4	35,2	92,8	128,0	64,0	57,8	118,9	176,7	88,3	
16		26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	74,9	97,4	48,7	43,6	104,2	147,8	73,9	71,6	133,5	205,1	102,6	
17		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	81,9	100,9	50,5	36,9	113,9	150,8	75,4	60,6	145,9	206,5	103,3	
18		23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	89,1	109,1	54,5	38,6	124,0	162,6	81,3	63,3	158,9	222,3	111,1	
19		29	7,30E-03	2,1	0,445	25,1	98,3	123,5	61,7	48,6	136,8	185,4	92,7	79,9	175,3	255,1	127,6	
20		30	7,30E-03	2,1	0,460	26,0	107,8	133,8	66,9	50,3	150,0	200,3	100,2	82,6	192,2	274,8	137,4	
21		25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	115,7	137,4	68,7	41,9	161,0	203,0	101,5	68,8	206,3	275,1	137,6	
22		25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	123,6	145,3	72,7	41,9	172,0	214,0	107,0	68,8	220,4	289,3	144,6	
23		23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	130,9	150,9	75,4	38,6	182,2	220,7	110,4	63,3	233,4	296,7	148,4	
24		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	137,3	154,6	77,3	33,5	191,0	224,5	112,3	55,1	244,7	299,7	149,9	
25		26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	145,5	168,0	84,0	43,6	202,4	246,0	123,0	71,6	259,3	330,9	165,5	
26		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	153,1	173,9	86,9	40,3	213,0	253,2	126,6	66,1	272,9	339,0	169,5	
27		23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	160,4	180,3	90,1	38,6	223,1	261,7	130,8	63,3	285,9	349,2	174,6	
28		27	7,30E-03	2,1	0,414	23,4	168,9	192,3	96,1	45,3	235,0	280,3	140,1	74,3	301,1	375,4	187,7	
29		A sondagem parou em 28,45 m																
30																		

Tabela API.17. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 03 (Estaca Cravada Tri).

SPT03		Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 23 cm				Diâmetro 32 cm				Diâmetro 41 cm				
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	12	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		11	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Área Medianamente compacta à Compacta	11	7,30E-03	2,1	0,169	9,5	3,5	13,0	6,5	18,5	4,8	23,3	11,6	30,3	6,2	36,5	18,2	
4		13	7,30E-03	2,1	0,199	11,3	7,6	18,9	9,4	21,8	10,6	32,4	16,2	35,8	13,5	49,3	24,7	
5		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	11,4	21,8	10,9	20,1	15,9	36,0	18,0	33,0	20,3	53,4	26,7	
6		10	7,30E-03	2,1	0,153	8,7	14,6	23,2	11,6	16,8	20,3	37,0	18,5	27,5	26,0	53,5	26,7	
7		11	7,30E-03	2,1	0,169	9,5	18,0	27,6	13,8	18,5	25,1	43,6	21,8	30,3	32,2	62,4	31,2	
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	21,8	32,2	16,1	20,1	30,4	50,5	25,3	33,0	38,9	72,0	36,0	
9		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	25,6	36,0	18,0	20,1	35,7	55,8	27,9	33,0	45,7	78,7	39,4	
10		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	29,4	39,8	19,9	20,1	41,0	61,1	30,5	33,0	52,5	85,5	42,8	
11		13	7,30E-03	2,1	0,199	11,3	33,5	44,8	22,4	21,8	46,7	68,5	34,2	35,8	59,8	95,6	47,8	
12		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	39,9	57,2	28,6	33,5	55,5	89,0	44,5	55,1	71,1	126,2	63,1	
13		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	46,2	63,5	31,8	33,5	64,3	97,8	48,9	55,1	82,4	137,4	68,7	
14		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	53,8	74,6	37,3	40,3	74,9	115,1	57,6	66,1	95,9	162,0	81,0	
15		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	60,8	79,8	39,9	36,9	84,5	121,4	60,7	60,6	108,3	168,9	84,5	
16		18	7,30E-03	2,1	0,276	15,6	66,5	82,1	41,0	30,2	92,5	122,7	61,3	49,6	118,5	168,0	84,0	
17		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	73,4	92,5	46,2	36,9	102,2	139,1	69,5	60,6	130,9	191,5	95,7	
18		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	79,8	97,1	48,5	33,5	111,0	144,5	72,3	55,1	142,2	197,2	98,6	
19		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	86,1	103,4	51,7	33,5	119,8	153,3	76,7	55,1	153,5	208,5	104,3	
20		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	93,0	112,1	56,1	36,9	129,5	166,4	83,2	60,6	165,9	226,4	113,2	
21		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	100,0	119,1	59,5	36,9	139,1	176,0	88,0	60,6	178,3	238,9	119,4	
22		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	107,0	126,0	63,0	36,9	148,8	185,7	92,9	60,6	190,7	251,3	125,6	
23		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	113,9	133,0	66,5	36,9	158,5	195,4	97,7	60,6	203,1	263,7	131,8	
24		19	7,30E-03	2,1	0,291	16,5	119,9	136,4	68,2	31,9	166,9	198,8	99,4	52,3	213,8	266,1	133,1	
25		23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	127,2	147,2	73,6	38,6	177,0	215,6	107,8	63,3	226,8	290,1	145,1	
26		26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	135,5	158,0	79,0	43,6	188,5	232,1	116,0	71,6	241,5	313,1	156,5	
27		27	7,30E-03	2,1	0,414	23,4	144,0	167,4	83,7	45,3	200,3	245,6	122,8	74,3	256,7	331,0	165,5	
28		28	7,30E-03	2,1	0,429	24,3	152,9	177,1	88,6	47,0	212,7	259,6	129,8	77,1	272,5	349,6	174,8	
29		A sondagem parou em 28,45 m																
30																		

Tabela API.18. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 04 (Estaca Cravada Tri).

SPT04		Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 23 cm				Diâmetro 32 cm				Diâmetro 41 cm				
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	11	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		10	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Área Medianamente compacta à Compacta	14	7,30E-03	2,1	0,215	12,1	4,4	16,6	8,3	23,5	6,2	29,6	14,8	38,6	7,9	46,4	23,2	
4		16	7,30E-03	2,1	0,245	13,9	9,5	23,4	11,7	26,8	13,2	40,0	20,0	44,1	16,9	61,0	30,5	
5		16	7,30E-03	2,1	0,245	13,9	14,6	28,4	14,2	26,8	20,3	47,1	23,5	44,1	26,0	70,0	35,0	
6		18	7,30E-03	2,1	0,276	15,6	20,3	35,9	17,9	30,2	28,2	58,4	29,2	49,6	36,1	85,7	42,8	
7		18	7,30E-03	2,1	0,276	15,6	26,0	41,5	20,8	30,2	36,1	66,3	33,2	49,6	46,3	95,8	47,9	
8		27	7,30E-03	2,1	0,414	23,4	34,5	57,9	28,9	45,3	48,0	93,3	46,6	74,3	61,5	135,8	67,9	
9		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	41,5	60,5	30,3	36,9	57,7	94,6	47,3	60,6	73,9	134,5	67,2	
10		21	7,30E-03	2,1	0,322	18,2	48,1	66,3	33,2	35,2	66,9	102,2	51,1	57,8	85,8	143,6	71,8	
11		26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	56,3	78,9	39,4	43,6	78,4	122,0	61,0	71,6	100,4	172,0	86,0	
12		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	63,9	84,7	42,4	40,3	88,9	129,2	64,6	66,1	114,0	180,0	90,0	
13		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	70,3	87,6	43,8	33,5	97,8	131,3	65,7	55,1	125,2	180,3	90,2	
14		25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	78,2	99,8	49,9	41,9	108,8	150,7	75,3	68,8	139,3	208,2	104,1	
15		27	7,30E-03	2,1	0,414	23,4	86,7	110,1	55,1	45,3	120,6	165,9	83,0	74,3	154,6	228,9	114,5	
16		23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	94,0	113,9	57,0	38,6	130,8	169,4	84,7	63,3	167,6	230,9	115,4	
17		25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	101,9	123,6	61,8	41,9	141,8	183,7	91,9	68,8	181,7	250,5	125,3	
18		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	108,9	127,9	64,0	36,9	151,5	188,4	94,2	60,6	194,1	254,7	127,3	
19		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	116,5	137,3	68,6	40,3	162,0	202,3	101,1	66,1	207,6	273,7	136,9	
20		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	122,8	140,1	70,1	33,5	170,8	204,4	102,2	55,1	218,9	274,0	137,0	
21		27	7,30E-03	2,1	0,414	23,4	131,3	154,7	77,4	45,3	182,7	228,0	114,0	74,3	234,1	308,5	154,2	
22		25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	139,3	160,9	80,5	41,9	193,7	235,7	117,8	68,8	248,2	317,1	158,5	
23		21	7,30E-03	2,1	0,322	18,2	145,9	164,1	82,0	35,2	203,0	238,2	119,1	57,8	260,1	317,9	159,0	
24		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	153,5	174,3	87,1	40,3	213,6	253,8	126,9	66,1	273,6	339,7	169,9	
25		21	7,30E-03	2,1	0,322	18,2	160,1	178,3	89,2	35,2	222,8	258,0	129,0	57,8	285,5	343,3	171,6	
26		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	167,1	186,2	93,1	36,9	232,5	269,4	134,7	60,6	297,9	358,5	179,2	
27		25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	175,0	196,7	98,3	41,9	243,5	285,4	142,7	68,8	312,0	380,8	190,4	
28		25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	182,9	204,6	102,3	41,9	254,5	296,4	148,2	68,8	326,1	394,9	197,5	
29		A sondagem parou em 28,45 m																
30																		

Tabela API.19. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 05 (Estaca Cravada Tri).

SPT05		Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 23 cm				Diâmetro 32 cm				Diâmetro 41 cm				
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	10	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		9	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		8	2,60E-03	4,5	0,094	2,5	1,9	4,4	2,2	4,8	2,7	7,5	3,7	7,8	3,4	11,3	5,6	
4	Areia Medianamente compacta à Compacta	13	7,30E-03	2,1	0,199	11,3	6,0	17,3	8,7	21,8	8,4	30,2	15,1	35,8	10,8	46,6	23,3	
5		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	9,8	20,2	10,1	20,1	13,7	33,8	16,9	33,0	17,5	50,6	25,3	
6		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	13,6	24,0	12,0	20,1	19,0	39,1	19,6	33,0	24,3	57,4	28,7	
7		15	7,30E-03	2,1	0,230	13,0	18,4	31,4	15,7	25,2	25,6	50,7	25,4	41,3	32,8	74,1	37,0	
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	22,2	32,6	16,3	20,1	30,9	51,0	25,5	33,0	39,6	72,6	36,3	
9		10	7,30E-03	2,1	0,153	8,7	25,4	34,0	17,0	16,8	35,3	52,0	26,0	27,5	45,2	72,7	36,4	
10		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	29,1	39,5	19,8	20,1	40,6	60,7	30,3	33,0	52,0	85,0	42,5	
11		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	32,9	43,3	21,7	20,1	45,8	66,0	33,0	33,0	58,7	91,8	45,9	
12		14	7,30E-03	2,1	0,215	12,1	37,4	49,5	24,8	23,5	52,0	75,5	37,7	38,6	66,6	105,2	52,6	
13		15	7,30E-03	2,1	0,230	13,0	42,1	55,1	27,6	25,2	58,6	83,8	41,9	41,3	75,1	116,4	58,2	
14		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	48,5	65,8	32,9	33,5	67,4	101,0	50,5	55,1	86,4	141,5	70,7	
15		23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	55,7	75,7	37,8	38,6	77,5	116,1	58,1	63,3	99,4	162,7	81,3	
16		21	7,30E-03	2,1	0,322	18,2	62,4	80,6	40,3	35,2	86,8	122,0	61,0	57,8	111,2	169,0	84,5	
17		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	68,7	86,0	43,0	33,5	95,6	129,1	64,6	55,1	122,5	177,6	88,8	
18		23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	76,0	95,9	48,0	38,6	105,7	144,3	72,2	63,3	135,5	198,8	99,4	
19		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	83,6	104,4	52,2	40,3	116,3	156,6	78,3	66,1	149,0	215,1	107,5	
20		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	89,9	107,2	53,6	33,5	125,1	158,6	79,3	55,1	160,3	215,4	107,7	
21		26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	98,1	120,7	60,3	43,6	136,5	180,2	90,1	71,6	175,0	246,5	123,3	
22		26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	106,4	128,9	64,5	43,6	148,0	191,6	95,8	71,6	189,6	261,2	130,6	
23		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	113,3	132,4	66,2	36,9	157,7	194,6	97,3	60,6	202,0	262,6	131,3	
24	23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	120,6	140,5	70,3	38,6	167,8	206,4	103,2	63,3	215,0	278,3	139,2		
25	25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	128,5	150,2	75,1	41,9	178,8	220,8	110,4	68,8	229,1	298,0	149,0		
26	22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	135,5	154,6	77,3	36,9	188,5	225,4	112,7	60,6	241,5	302,1	151,1		
27	24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	143,1	163,9	81,9	40,3	199,1	239,3	119,7	66,1	255,1	321,2	160,6		
28	30	7,30E-03	2,1	0,460	26,0	152,6	178,6	89,3	50,3	212,3	262,6	131,3	82,6	272,0	354,6	177,3		
29	A sondagem parou em 28,45 m																	
30																		

Tabela API.20. Capacidade de carga geotécnica para o SPT 06 (Estaca Cravada Tri).

SPT06		Aoki- Veloso - Contribuição de				Diâmetro 23 cm				Diâmetro 32 cm				Diâmetro 41 cm				
Profundidade (m)	Material	N SPT	k (tf/cm ²)	α (%)	k.N SPT.α.ΔL	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	Qp (tf)	Ql (tf)	Qtotal (tf)	Qserviço (tf)	
0	Aterro	-	-	-	-													
1	Argila Siltosa	11	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		10	0,00E+00	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		5	2,60E-03	4,5	0,059	1,5	1,2	2,8	1,4	3,0	1,7	4,7	2,3	4,9	2,2	7,1	3,5	
4	Areia Medianamente compacta à Compacta	12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	5,0	15,4	7,7	20,1	7,0	27,1	13,5	33,0	8,9	42,0	21,0	
5		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	8,8	19,2	9,6	20,1	12,2	32,4	16,2	33,0	15,7	48,7	24,4	
6		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	12,6	23,0	11,5	20,1	17,5	37,7	18,8	33,0	22,5	55,5	27,8	
7		14	7,30E-03	2,1	0,215	12,1	17,0	29,2	14,6	23,5	23,7	47,2	23,6	38,6	30,4	68,9	34,5	
8		12	7,30E-03	2,1	0,184	10,4	20,8	31,2	15,6	20,1	29,0	49,1	24,6	33,0	37,1	70,2	35,1	
9		18	7,30E-03	2,1	0,276	15,6	26,5	42,1	21,1	30,2	36,9	67,1	33,6	49,6	47,3	96,9	48,4	
10		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	32,9	50,2	25,1	33,5	45,7	79,3	39,6	55,1	58,6	113,6	56,8	
11		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	40,5	61,2	30,6	40,3	56,3	96,5	48,3	66,1	72,1	138,2	69,1	
12		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	48,0	68,8	34,4	40,3	66,8	107,1	53,6	66,1	85,6	151,7	75,9	
13		28	7,30E-03	2,1	0,429	24,3	56,9	81,2	40,6	47,0	79,2	126,1	63,1	77,1	101,4	178,5	89,3	
14		25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	64,8	86,5	43,2	41,9	90,2	132,1	66,1	68,8	115,6	184,4	92,2	
15		25	7,30E-03	2,1	0,383	21,7	72,7	94,4	47,2	41,9	101,2	143,1	71,6	68,8	129,7	198,5	99,2	
16		22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	79,7	98,8	49,4	36,9	110,9	147,8	73,9	60,6	142,1	202,6	101,3	
17		20	7,30E-03	2,1	0,307	17,3	86,0	103,4	51,7	33,5	119,7	153,2	76,6	55,1	153,3	208,4	104,2	
18		23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	93,3	113,2	56,6	38,6	129,8	168,4	84,2	63,3	166,3	229,7	114,8	
19		24	7,30E-03	2,1	0,368	20,8	100,9	121,7	60,8	40,3	140,4	180,6	90,3	66,1	179,9	246,0	123,0	
20		26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	109,1	131,7	65,8	43,6	151,8	195,4	97,7	71,6	194,5	266,1	133,1	
21		26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	117,4	139,9	69,9	43,6	163,3	206,9	103,4	71,6	209,2	280,8	140,4	
22		26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	125,6	148,1	74,1	43,6	174,7	218,3	109,2	71,6	223,9	295,5	147,7	
23		31	7,30E-03	2,1	0,475	26,9	135,4	162,3	81,1	52,0	188,4	240,4	120,2	85,4	241,4	326,7	163,4	
24	28	7,30E-03	2,1	0,429	24,3	144,3	168,5	84,3	47,0	200,7	247,7	123,8	77,1	257,2	334,3	167,1		
25	22	7,30E-03	2,1	0,337	19,1	151,2	170,3	85,1	36,9	210,4	247,3	123,6	60,6	269,6	330,1	165,1		
26	23	7,30E-03	2,1	0,353	19,9	158,5	178,4	89,2	38,6	220,5	259,1	129,6	63,3	282,5	345,9	172,9		
27	26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	166,7	189,3	94,6	43,6	232,0	275,6	137,8	71,6	297,2	368,8	184,4		
28	26	7,30E-03	2,1	0,399	22,5	175,0	197,5	98,7	43,6	243,4	287,0	143,5	71,6	311,9	383,5	191,7		
29	A sondagem parou em 28,45 m																	
30																		

Tabela API.21. Capacidade de carga geotécnica média (Estaca Cravada Tri).

Média		23		32		41	
Profundidade de (m)	Material	Qtot médio (tf)	Desvio Padrão	Qtot médio (tf)	Desvio Padrão	Qtot médio (tf)	Desvio Padrão
0	Aterro						
1	Argila Siltosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Areia Medianamente compacta à Compacta	4,6	3,1	8,0	5,7	12,4	9,0
4		9,0	0,9	15,6	1,4	23,9	1,9
5		10,6	0,8	17,6	1,1	26,1	1,6
6		12,4	1,0	20,0	1,5	29,2	2,2
7		14,4	0,8	22,8	1,6	32,9	2,8
8		16,9	1,6	26,5	2,7	37,9	4,1
9		19,6	2,1	30,7	3,8	43,6	5,9
10		22,2	2,4	34,4	4,0	48,6	6,2
11		24,6	3,6	37,7	6,1	52,7	9,4
12		28,9	3,9	44,5	6,4	62,6	9,5
13		34,5	5,1	53,4	8,4	75,3	12,4
14		39,0	4,1	59,9	6,3	84,1	8,9
15		41,1	3,8	62,3	5,9	86,3	8,2
16		44,5	4,3	67,0	6,5	92,3	9,0
17		47,5	3,5	71,1	4,9	97,3	6,4
18		51,5	3,8	76,9	5,5	105,2	7,3
19		55,5	5,3	82,6	8,3	112,7	11,8
20		59,6	6,3	88,5	9,7	120,5	13,7
21		63,3	5,6	93,7	8,2	127,1	11,2
22		67,6	5,3	99,9	7,6	135,5	10,0
23		71,2	6,8	104,7	10,3	141,4	14,2
24		74,2	6,6	108,5	9,8	145,8	13,3
25		78,3	5,8	114,5	8,1	153,9	10,5
26		82,3	5,4	120,2	7,4	161,2	9,5
27	87,0	5,2	127,1	7,2	170,6	9,2	
28	93,0	4,4	136,2	5,8	183,2	7,1	

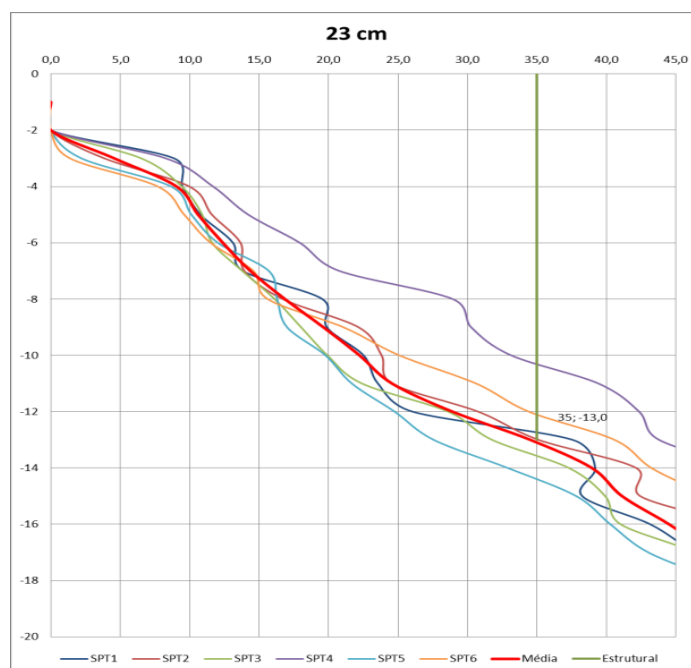


Figura API.8. Capacidade de carga versus profundidade (Tri 23 cm).

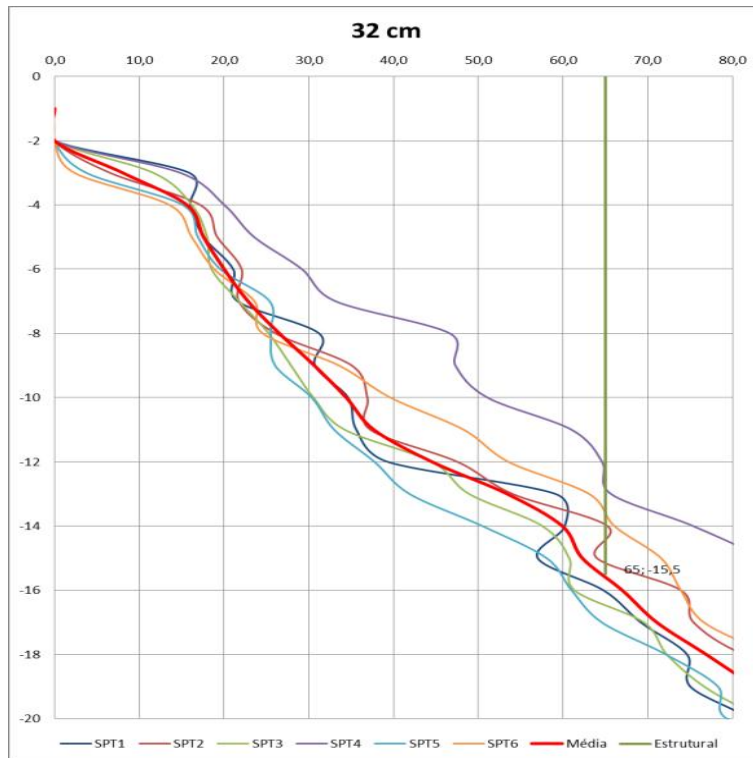


Figura API.9. Capacidade de carga versus profundidade (Tri 32 cm).

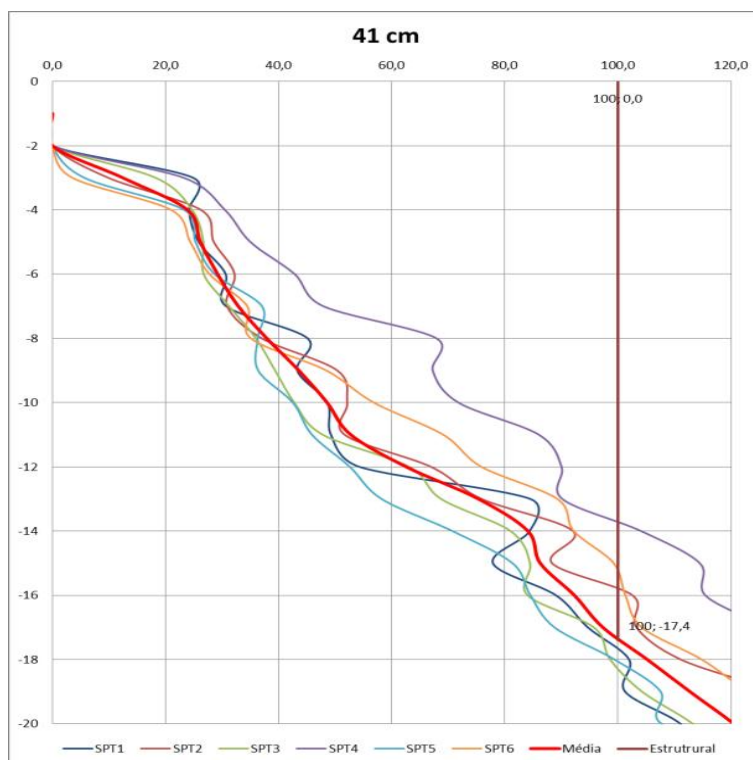


Figura API.10. Capacidade de carga versus profundidade (Tri 41 cm).

IX.2. NUMERO DE ESTACAS POR PILAR – ESTIMATIVA INICIAL

O número de estacas por pilar foi estimado inicialmente somente segundo a carga vinda dos pilares. Ainda nesta fase não tenha considerado o peso dos blocos e as cargas geradas pelas vigas de alavanca, esta foi incluída num processo iterativo: Inicialmente se estima o número de estacas por bloco/pilar e em seguida se dimensiona o peso dos blocos e se inclui os esforços das vigas, e dimensiona-se novamente o número de estacas, isso é feito até que o numero de estacas por bloco permaneça constante.

IX.2.1. ESTIMATIVA INICIAL DO NÚMERO DE ESTACA POR PILAR

As tabelas AI.22, AI.23 e AI.24 mostram o número inicial de estacas para os diferentes tipos de estacas:

Tabela API.22. Número inicial de estacas hélice por pilar da Estaca Hélice.

Estaca Hélice Contínua									
Elemento	Diâmetro (cm):	40	50	60	Elemento	Diâmetro	40	50	60
	Q _{MÁX} no pilar (tf)	NÚMERO DE ESTACAS				Q _{MÁX} no pilar	NÚMERO DE ESTACAS		
1	237	5	3	2	49	168	3	2	2
2	426	9	5	4	50	115	2	2	1
3	528	10	6	5	51	117	3	2	1
4	388	7	5	3	52	222	4	3	2
5	541	10	6	5	53	96	2	2	1
6	434	9	5	4	54	143	3	2	2
7	266	5	3	3	55	65	2	1	1
8	618	12	7	5	56	60	2	1	1
9	654	12	7	5	57	73	2	1	1
10	704	13	9	6	59	70	2	1	1
11	642	12	7	5	60	245	5	3	2
14	393	7	5	3	61	262	5	3	2
15	427	9	5	4	62	81	2	1	1
17	514	9	6	4	63	95	2	2	1
18	1906	33	21	15	64	65	2	1	1
19	1437	25	16	12	65	69	2	1	1
21	517	9	6	4	66	220	4	3	2
22	580	10	7	5	67	78	2	1	1
23	577	10	7	5	68	115	2	2	1
24	463	9	5	4	69	71	2	1	1
25	536	10	6	5	70	314	6	4	3
26	325	6	4	3	71	43	1	1	1
27	263	5	3	3	72	153	3	2	2
28	257	5	3	2	73	60	2	1	1
29	635	12	7	5	74	117	3	2	1
31	320	6	4	3	75	67	2	1	1
32	54	1	1	1	76	43	1	1	1
33	22	1	1	1	77	86	2	1	1
34	33	1	1	1	78	54	1	1	1
35	88	2	1	1	79	112	2	2	1
36	194	4	3	2	80	131	3	2	1
37	70	2	1	1	81	71	2	1	1
38	69	2	1	1	82	64	2	1	1
39	33	1	1	1	83	47	1	1	1
40	58	1	1	1	84	55	1	1	1
41	120	3	2	1	85	35	1	1	1
42	107	2	2	1	202	132	3	2	2
44	84	2	1	1	201	107	2	2	1
45	99	2	2	1		TOTAL	293	186	138

Tabela API.23. Número inicial de estacas raiz por pilar da Estaca Raiz.

Estaca Raiz									
Elemento	Diâmetro (cm)	25	31	40	Elemento	Diâmetro	25	31	40
	Q _{MÁX} no pilar (tf)	NÚMERO DE ESTACAS				Q _{MÁX} no pilar	NÚMERO DE ESTACAS		
1	237	4	3	2	49	168	3	2	2
2	426	7	5	4	50	115	2	2	1
3	528	9	6	4	51	117	2	2	1
4	388	6	4	3	52	222	4	3	2
5	541	9	6	5	53	96	2	1	1
6	434	7	5	4	54	143	3	2	2
7	266	4	3	3	55	65	1	1	1
8	618	9	7	5	56	60	1	1	1
9	654	10	7	5	57	73	2	1	1
10	704	12	7	6	59	70	1	1	1
11	642	10	7	5	60	245	4	3	2
14	393	6	4	3	61	262	4	3	2
15	427	7	5	4	62	81	2	1	1
17	514	9	6	4	63	95	2	1	1
18	1906	30	19	15	64	65	1	1	1
19	1437	21	15	12	65	69	1	1	1
21	517	9	6	4	66	220	4	3	2
22	580	9	6	5	67	78	2	1	1
23	577	9	6	5	68	115	2	2	1
24	463	7	5	4	69	71	2	1	1
25	536	9	6	5	70	314	5	4	3
26	325	5	4	3	71	43	1	1	1
27	263	4	3	2	72	153	3	2	2
28	257	4	3	2	73	60	1	1	1
29	635	10	7	5	74	117	2	2	1
31	320	5	4	3	75	67	1	1	1
32	54	1	1	1	76	43	1	1	1
33	22	1	1	1	77	86	2	1	1
34	33	1	1	1	78	54	1	1	1
35	88	2	1	1	79	112	2	2	1
36	194	3	2	2	80	131	2	2	1
37	70	1	1	1	81	71	2	1	1
38	69	1	1	1	82	64	1	1	1
39	33	1	1	1	83	47	1	1	1
40	58	1	1	1	84	55	1	1	1
41	120	2	2	1	85	35	1	1	1
42	107	2	2	1	202	132	2	2	1
44	84	2	1	1	201	107	2	2	1
45	99	2	1	1		TOTAL	0	76	136

Tabela API.24. Número inicial de estacas tri por pilar da Estaca Cravada Tri.

Estaca Cravada TRI									
Elemento	Diâmetro (cm)	23	32	41	Elemento	Diâmetro	23	32	41
	Q _{MÁX} no pilar (tf)	NÚMERO DE ESTACAS				Q _{MÁX} no pilar	NÚMERO DE ESTACAS		
1	237	7	4	3	49	168	5	3	2
2	426	13	7	5	50	115	4	2	2
3	528	16	9	6	51	117	4	2	2
4	388	12	7	4	52	222	7	4	3
5	541	16	9	6	53	96	3	2	1
6	434	13	7	5	54	143	5	3	2
7	266	9	5	3	55	65	2	2	1
8	618	19	10	7	56	60	2	1	1
9	654	19	12	7	57	73	3	2	1
10	704	21	12	9	59	70	3	2	1
11	642	19	10	7	60	245	9	4	3
14	393	12	7	4	61	262	9	5	3
15	427	13	7	5	62	81	3	2	1
17	514	15	9	6	63	95	3	2	1
18	1906	56	30	20	64	65	2	2	1
19	1437	42	25	15	65	69	2	2	1
21	517	15	8	6	66	220	7	4	3
22	580	17	9	6	67	78	3	2	1
23	577	17	9	6	68	115	4	2	2
24	463	15	8	5	69	71	3	2	1
25	536	16	9	6	70	314	10	5	4
26	325	10	6	4	71	43	2	1	1
27	263	9	5	3	72	153	5	3	2
28	257	9	4	3	73	60	2	1	1
29	635	19	10	7	74	117	4	2	2
31	320	10	5	4	75	67	2	2	1
32	54	2	1	1	76	43	2	1	1
33	22	1	1	1	77	86	3	2	1
34	33	1	1	1	78	54	2	1	1
35	88	3	2	1	79	112	4	2	2
36	194	6	4	2	80	131	4	3	2
37	70	3	2	1	81	71	3	2	1
38	69	2	2	1	82	64	2	1	1
39	33	1	1	1	83	47	2	1	1
40	58	2	1	1	84	55	2	1	1
41	120	4	2	2	85	35	2	1	1
42	107	4	2	2	202	132	4	3	2
44	84	3	2	1	201	107	4	2	2
45	99	3	2	1			474	266	178

IX.3. ESTIMATIVA DE CUSTOS DAS ESTACAS – ESCOLHA DA MELHOR OPÇÃO

A escolha da estaca e dos diâmetros a ser empregados será estimada nesta fase.

A estaca será escolhida, como dita anteriormente, segundo o critério de custos. Já o diâmetro será escolhido segundo a posição do pilar/bloco em relação à projeção do núcleo do edifício. Onde se concentram as maiores cargas (núcleo) foram fixadas a estacas com a maior capacidade de carga, já as estacas da periferia são estimadas, dentro das três opções de diâmetro, livres ao critério menos custo.

IX.3.1.CUSTOS UNITÁRIOS DAS ESTACAS

Tabela API.25.

Custo unitário das estacas

ESTACA HÉLICE																
Diâmetro	Quantidade	Carga	Profundidade	Custos										Total (R\$)	Total/estc. (R\$)	
				Armadura		Concreto (f _{ck} =20MPa)		Perfuração		Arrasamento		Mobilização de Equipamento				
cm	-	tf	m	R\$/est.	Total	R\$/ml	Total	R\$/ml	Total	R\$/est.	Total	R\$/est.	Total	R\$ 8.000,00		
40	293	58	15,5	237,9	69.704,70	45,9	208.454,85	35,00	158.952,50	17,3	5.068,90	26,99	5.020,14		442.180,95	R\$ 1.509,15
50	186	95	18	428,22	79.648,92	62,1	207.910,80	45,00	150.660,00	26,99	5.020,14	38,75	5.347,50	R\$ 8.000,00	443.239,86	R\$ 2.383,01
60	138	131	20	604,27	83.389,26	89,1	245.916,00	55,00	151.800,00	38,75	5.347,50				486.452,76	R\$ 3.525,02

ESTACA RAIZ																
Diâmetro	Quantidade	Carga	Profundidade	Custo										Total (R\$)	Total/estc. (R\$)	
				Armadura		Concreto (f _{ck} =20MPa)		Perfuração		Arrasamento		Mobilização de Equipamento				
cm	-	tf	m	R\$/est.	Total	R\$/ml	Total	R\$/ml	Total	R/est.	Total	R\$/est.	Total	0,00	R\$2.737,75	
25	0	70	18	189,6	0,00	15,60	0,00	125,00	0,00	17,30	0,00	17,30	0,00			
31	76	102	20	216,5	16.454,00	24,95	37.925,34	180,00	273.600,00	17,30	1.314,80	17,30	1.314,80	R\$ 8.000,00	329.294,14	R\$ 4.332,82
40	136	133	20	237,9	32.354,40	43,14	117.338,85	205,00	557.600,00	17,30	2.352,80				709.646,05	R\$ 5.217,99

ESTACA CRAVADA																
Diâmetro	Quantidade	Carga	Comprimento	Emendas	Custo										Total (R\$)	Total/estc. (R\$)
					Fornecimento		Emendas		Cravação		Arrasamento		Mobilização de Equipamento			
cm	-	tf	m	m	R\$/m	total	R\$/emenda	total	R\$/ml	Total	R\$/estaca	Total	R\$ 8.000,00	Total (R\$)	Total/estc. (R\$)	
TR123	474	35	14	1	30,00	199.080,00	50,00	23.700,00	35,00	232.260,00	17,30	8.200,20		463.240,20	R\$ 977,30	
TR132	266	65	16	1	60,00	255.360,00	50,00	13.300,00	45,00	191.520,00	17,30	4.601,80		464.781,80	R\$ 1.747,30	
TR141	178	100	18	2	90,00	288.360,00	50,00	17.800,00	55,00	176.220,00	17,30	3.079,40		485.459,40	R\$ 2.727,30	

Tabela API.26. Pilares da periferia do prédio.

Pilares da periferia:	
34	65
32	71
33	73
35	76
36	77
37	202
44	201
42	80
41	82
38	84
39	85
40	83
53	81
59	74
63	79

Tabela API.27. Estimativa de custos da Estaca Hélice.

		Custos (R\$)															
		40 cm		50 cm		60 cm		Hélice		Mais econômica		Hélice					
Hélice	Elemento	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	nº	Diam.	Menor custo	Elemento	nº	Diam.	Menor custo	
1	1	5	7.545,75	3	7.149,03	2	7.050,04	1	7.050,04	2	60 cm	R\$ 7.050,04	1	2	60 cm	R\$ 7.050,04	
2	2	9	13.582,35	5	11.915,05	4	14.100,08	4	14.100,08	5	50 cm	R\$ 11.915,05	2	4	60 cm	R\$ 14.100,08	
3	3	10	15.091,50	6	14.298,06	5	17.625,10	5	17.625,10	6	50 cm	R\$ 14.298,06	3	5	60 cm	R\$ 17.625,10	
4	4	7	10.564,05	5	11.915,05	3	10.575,06	3	10.575,06	7	40 cm	R\$ 10.564,05	4	3	60 cm	R\$ 10.575,06	
5	5	10	15.091,50	6	14.298,06	5	17.625,10	5	17.625,10	6	50 cm	R\$ 14.298,06	5	5	60 cm	R\$ 17.625,10	
6	6	9	13.582,35	5	11.915,05	4	14.100,08	4	14.100,08	5	50 cm	R\$ 11.915,05	6	4	60 cm	R\$ 14.100,08	
7	7	5	7.545,75	3	7.149,03	3	10.575,06	3	10.575,06	7	50 cm	R\$ 7.149,03	7	3	60 cm	R\$ 10.575,06	
8	8	12	18.109,80	7	16.681,07	5	17.625,10	5	17.625,10	8	7	50 cm	R\$ 16.681,07	8	5	60 cm	R\$ 17.625,10
9	9	12	18.109,80	7	16.681,07	5	17.625,10	5	17.625,10	9	7	50 cm	R\$ 16.681,07	9	5	60 cm	R\$ 17.625,10
10	10	13	19.618,95	9	21.447,09	6	21.150,12	6	21.150,12	10	13	40 cm	R\$ 19.618,95	10	6	60 cm	R\$ 21.150,12
11	11	12	18.109,80	7	16.681,07	5	17.625,10	5	17.625,10	11	7	50 cm	R\$ 16.681,07	11	5	60 cm	R\$ 17.625,10
14	14	7	10.564,05	5	11.915,05	3	10.575,06	3	10.575,06	14	7	40 cm	R\$ 10.564,05	14	3	60 cm	R\$ 10.575,06
15	15	9	13.582,35	5	11.915,05	4	14.100,08	4	14.100,08	15	5	50 cm	R\$ 11.915,05	15	4	60 cm	R\$ 14.100,08
17	17	9	13.582,35	6	14.298,06	4	14.100,08	4	14.100,08	17	9	40 cm	R\$ 13.582,35	17	4	60 cm	R\$ 14.100,08
18	18	33	49.801,95	21	50.043,21	15	52.875,30	15	52.875,30	18	33	40 cm	R\$ 49.801,95	18	15	60 cm	R\$ 52.875,30
19	19	25	37.728,75	16	38.128,16	12	42.300,24	12	42.300,24	19	25	40 cm	R\$ 37.728,75	19	12	60 cm	R\$ 42.300,24
21	21	9	13.582,35	6	14.298,06	4	14.100,08	4	14.100,08	21	9	40 cm	R\$ 13.582,35	21	4	60 cm	R\$ 14.100,08
22	22	10	15.091,50	7	16.681,07	5	17.625,10	5	17.625,10	22	10	40 cm	R\$ 15.091,50	22	5	60 cm	R\$ 17.625,10
23	23	10	15.091,50	7	16.681,07	5	17.625,10	5	17.625,10	23	10	40 cm	R\$ 15.091,50	23	5	60 cm	R\$ 17.625,10
24	24	9	13.582,35	5	11.915,05	4	14.100,08	4	14.100,08	24	5	50 cm	R\$ 11.915,05	24	4	60 cm	R\$ 14.100,08
25	25	10	15.091,50	6	14.298,06	5	17.625,10	5	17.625,10	25	6	50 cm	R\$ 14.298,06	25	5	60 cm	R\$ 17.625,10
26	26	6	9.054,90	4	9.532,04	3	10.575,06	3	10.575,06	26	6	40 cm	R\$ 9.054,90	26	3	60 cm	R\$ 10.575,06
27	27	5	7.545,75	3	7.149,03	3	10.575,06	3	10.575,06	27	3	50 cm	R\$ 7.149,03	27	3	60 cm	R\$ 10.575,06
28	28	5	7.545,75	3	7.149,03	2	7.050,04	2	7.050,04	28	2	60 cm	R\$ 7.050,04	28	2	60 cm	R\$ 7.050,04
29	29	12	18.109,80	7	16.681,07	5	17.625,10	5	17.625,10	29	7	50 cm	R\$ 16.681,07	29	5	60 cm	R\$ 17.625,10
31	31	6	9.054,90	4	9.532,04	3	10.575,06	3	10.575,06	31	6	40 cm	R\$ 9.054,90	31	3	60 cm	R\$ 10.575,06
32	32	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	1	3.525,02	32	1	40 cm	R\$ 1.509,15	32	1	40 cm	R\$ 1.509,15
33	33	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	1	3.525,02	33	1	40 cm	R\$ 1.509,15	33	1	40 cm	R\$ 1.509,15
34	34	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	1	3.525,02	34	1	40 cm	R\$ 1.509,15	34	1	40 cm	R\$ 1.509,15
35	35	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	1	3.525,02	35	1	50 cm	R\$ 2.383,01	35	1	50 cm	R\$ 2.383,01
36	36	4	6.036,60	3	7.149,03	2	7.050,04	2	7.050,04	36	4	40 cm	R\$ 6.036,60	36	4	40 cm	R\$ 6.036,60
37	37	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	1	3.525,02	37	1	50 cm	R\$ 2.383,01	37	1	50 cm	R\$ 2.383,01
38	38	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	1	3.525,02	38	1	50 cm	R\$ 2.383,01	38	1	50 cm	R\$ 2.383,01
39	39	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	1	3.525,02	39	1	40 cm	R\$ 1.509,15	39	1	40 cm	R\$ 1.509,15
40	40	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	1	3.525,02	40	1	40 cm	R\$ 1.509,15	40	1	40 cm	R\$ 1.509,15
41	41	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	1	3.525,02	41	1	60 cm	R\$ 3.525,02	41	1	60 cm	R\$ 3.525,02
42	42	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	1	3.525,02	42	2	40 cm	R\$ 3.018,30	42	2	40 cm	R\$ 3.018,30
44	44	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	1	3.525,02	44	1	50 cm	R\$ 2.383,01	44	1	50 cm	R\$ 2.383,01
45	45	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	1	3.525,02	45	2	40 cm	R\$ 3.018,30	45	2	40 cm	R\$ 3.018,30
49	49	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	2	7.050,04	49	3	40 cm	R\$ 4.527,45	49	3	40 cm	R\$ 4.527,45
50	50	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	1	3.525,02	50	2	40 cm	R\$ 3.018,30	50	2	40 cm	R\$ 3.018,30

Hélice	Custos (R\$)												Hélice	Utilizada				
	40 cm				50 cm				60 cm						Hélice	Mais econômica	Hélice	Estacas
	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco						
51	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	51	1	60 cm	R\$	3.525,02	51	1	60 cm	R\$	3.525,02		
52	4	6.036,60	3	7.149,03	2	7.050,04	52	4	40 cm	R\$	6.036,60	52	4	40 cm	R\$	6.036,60		
53	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	53	2	40 cm	R\$	3.018,30	53	2	40 cm	R\$	3.018,30		
54	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	54	3	40 cm	R\$	4.527,45	54	2	60 cm	R\$	7.050,04		
55	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	55	1	50 cm	R\$	2.383,01	55	1	60 cm	R\$	3.525,02		
56	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	56	1	50 cm	R\$	2.383,01	56	1	60 cm	R\$	3.525,02		
57	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	57	1	50 cm	R\$	2.383,01	57	1	50 cm	R\$	2.383,01		
59	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	59	1	50 cm	R\$	2.383,01	59	1	50 cm	R\$	2.383,01		
60	5	7.545,75	3	7.149,03	2	7.050,04	60	2	60 cm	R\$	7.050,04	60	2	60 cm	R\$	7.050,04		
61	5	7.545,75	3	7.149,03	2	7.050,04	61	2	60 cm	R\$	7.050,04	61	2	60 cm	R\$	7.050,04		
62	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	62	1	50 cm	R\$	2.383,01	62	1	50 cm	R\$	2.383,01		
63	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	63	2	40 cm	R\$	3.018,30	63	2	40 cm	R\$	3.018,30		
64	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	64	1	50 cm	R\$	2.383,01	64	1	50 cm	R\$	2.383,01		
65	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	65	1	50 cm	R\$	2.383,01	65	1	50 cm	R\$	2.383,01		
66	4	6.036,60	3	7.149,03	2	7.050,04	66	4	40 cm	R\$	6.036,60	66	2	60 cm	R\$	7.050,04		
67	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	67	1	50 cm	R\$	2.383,01	67	1	50 cm	R\$	2.383,01		
68	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	68	2	40 cm	R\$	3.018,30	68	1	60 cm	R\$	3.525,02		
69	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	69	1	50 cm	R\$	2.383,01	69	1	60 cm	R\$	3.525,02		
70	6	9.054,90	4	9.532,04	3	10.575,06	70	6	40 cm	R\$	9.054,90	70	3	60 cm	R\$	10.575,06		
71	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	71	1	40 cm	R\$	1.509,15	71	1	40 cm	R\$	1.509,15		
72	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	72	3	40 cm	R\$	4.527,45	72	2	60 cm	R\$	7.050,04		
73	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	73	1	50 cm	R\$	2.383,01	73	1	50 cm	R\$	2.383,01		
74	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	74	1	60 cm	R\$	3.525,02	74	1	60 cm	R\$	3.525,02		
75	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	75	1	50 cm	R\$	2.383,01	75	1	50 cm	R\$	2.383,01		
76	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	76	1	40 cm	R\$	1.509,15	76	1	40 cm	R\$	1.509,15		
77	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	77	1	50 cm	R\$	2.383,01	77	1	50 cm	R\$	2.383,01		
78	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	78	1	40 cm	R\$	1.509,15	78	1	40 cm	R\$	1.509,15		
79	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	79	2	40 cm	R\$	3.018,30	79	2	40 cm	R\$	3.018,30		
80	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	80	1	60 cm	R\$	3.525,02	80	1	60 cm	R\$	3.525,02		
81	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	81	1	50 cm	R\$	2.383,01	81	1	50 cm	R\$	2.383,01		
82	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	82	1	50 cm	R\$	2.383,01	82	1	50 cm	R\$	2.383,01		
83	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	83	1	40 cm	R\$	1.509,15	83	1	40 cm	R\$	1.509,15		
84	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	84	1	40 cm	R\$	1.509,15	84	1	40 cm	R\$	1.509,15		
85	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	85	1	40 cm	R\$	1.509,15	85	1	40 cm	R\$	1.509,15		
202	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	202	3	40 cm	R\$	4.527,45	202	3	40 cm	R\$	4.527,45		
201	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	201	2	40 cm	R\$	3.018,30	201	2	40 cm	R\$	3.018,30		
TOTAL	384	R\$ 579.513,60	248	R\$ 590.986,48	186	R\$ 655.653,72	TOTAL	Total	294	R\$ 546.527,94	TOTAL	199	Estacas	R\$ 605.729,90	Estacas			

Tabela API.28. Estimativa de custos da Estaca Raiz.

Raiz	Custos (R\$)												Raiz	Mais econômica			Raiz	Utilizada									
	25 cm				31 cm				40 cm					Elemento	nº	Diam.		Menor custo	Elemento	nº	Diam.	Menor custo					
	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco											n estacas	Custo/bloco			
1	4	10.951,02	3	12.998,45	2	10.435,97	1	12.998,45	2	10.435,97	1	12.998,45	2	10.435,97	1	40 cm	R\$	10.435,97	2	40 cm	R\$	10.435,97					
2	7	19.164,28	5	21.664,09	4	20.871,94	2	19.164,28	7	25 cm	R\$	19.164,28	3	20.871,94	4	20.871,94	3	40 cm	R\$	20.871,94	4	40 cm	R\$	20.871,94			
3	9	24.639,79	6	25.996,91	4	20.871,94	3	15.653,96	6	16.426,53	4	17.331,27	5	26.089,93	4	40 cm	R\$	15.653,96	5	40 cm	R\$	26.089,93	5	40 cm	R\$	26.089,93	
4	6	16.426,53	4	17.331,27	3	15.653,96	4	20.871,94	9	24.639,79	6	25.996,91	5	26.089,93	6	16.426,53	4	40 cm	R\$	15.653,96	7	40 cm	R\$	20.871,94			
5	9	24.639,79	6	25.996,91	5	26.089,93	7	19.164,28	10	27.377,55	7	30.329,72	5	26.089,93	8	9	25 cm	R\$	19.164,28	9	40 cm	R\$	26.089,93	9	40 cm	R\$	26.089,93
6	7	19.164,28	5	21.664,09	4	20.871,94	6	16.426,53	10	27.377,55	7	30.329,72	6	26.089,93	10	12	31 cm	R\$	30.329,72	11	6	40 cm	R\$	31.307,91			
7	4	10.951,02	3	12.998,45	3	15.653,96	7	19.164,28	10	27.377,55	7	30.329,72	5	26.089,93	11	5	40 cm	R\$	26.089,93	12	5	40 cm	R\$	26.089,93			
8	9	24.639,79	7	30.329,72	5	26.089,93	8	9	25 cm	R\$	10.951,02	14	3	40 cm	R\$	15.653,96	14	3	40 cm	R\$	15.653,96	15	4	40 cm	R\$	20.871,94	
9	10	27.377,55	7	30.329,72	5	26.089,93	9	19.164,28	15	57.492,85	15	64.992,26	12	62.615,83	15	7	25 cm	R\$	19.164,28	16	4	40 cm	R\$	20.871,94			
10	12	32.853,06	7	30.329,72	6	31.307,91	10	27.377,55	16	19.164,28	15	64.992,26	12	62.615,83	16	4	40 cm	R\$	20.871,94	17	4	40 cm	R\$	20.871,94			
11	10	27.377,55	7	30.329,72	5	26.089,93	11	19.164,28	17	19.164,28	16	17.331,27	3	15.653,96	17	4	40 cm	R\$	20.871,94	18	15	40 cm	R\$	78.269,78			
14	6	16.426,53	4	17.331,27	3	15.653,96	12	82.132,64	18	82.132,64	19	82.323,54	15	78.269,78	18	15	40 cm	R\$	78.269,78	19	12	40 cm	R\$	62.615,83			
15	7	19.164,28	5	21.664,09	4	20.871,94	13	57.492,85	19	57.492,85	15	64.992,26	12	62.615,83	19	12	40 cm	R\$	62.615,83	20	4	40 cm	R\$	20.871,94			
17	9	24.639,79	6	25.996,91	4	20.871,94	14	82.132,64	20	24.639,79	6	25.996,91	5	26.089,93	20	4	40 cm	R\$	20.871,94	21	4	40 cm	R\$	20.871,94			
18	30	82.132,64	19	82.323,54	15	78.269,78	21	57.492,85	21	24.639,79	6	25.996,91	4	20.871,94	21	4	40 cm	R\$	20.871,94	22	5	40 cm	R\$	26.089,93			
19	21	57.492,85	15	64.992,26	12	62.615,83	22	24.639,79	22	24.639,79	6	25.996,91	5	26.089,93	22	9	25 cm	R\$	24.639,79	23	5	40 cm	R\$	26.089,93			
21	9	24.639,79	6	25.996,91	4	20.871,94	23	24.639,79	23	24.639,79	6	25.996,91	5	26.089,93	23	9	25 cm	R\$	24.639,79	24	4	40 cm	R\$	20.871,94			
22	9	24.639,79	6	25.996,91	5	26.089,93	24	19.164,28	24	19.164,28	5	26.089,93	4	20.871,94	24	7	25 cm	R\$	19.164,28	25	4	40 cm	R\$	20.871,94			
23	9	24.639,79	6	25.996,91	5	26.089,93	25	24.639,79	25	24.639,79	5	26.089,93	4	20.871,94	25	9	25 cm	R\$	24.639,79	26	3	40 cm	R\$	15.653,96			
24	7	19.164,28	5	21.664,09	4	20.871,94	26	24.639,79	26	24.639,79	4	17.331,27	3	15.653,96	26	5	25 cm	R\$	13.688,77	27	2	40 cm	R\$	10.435,97			
25	9	24.639,79	6	25.996,91	5	26.089,93	27	10.951,02	27	10.951,02	3	12.998,45	2	10.435,97	27	2	40 cm	R\$	10.435,97	28	2	40 cm	R\$	10.435,97			
26	5	13.688,77	4	17.331,27	3	15.653,96	28	10.951,02	28	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	28	2	40 cm	R\$	10.435,97	29	5	40 cm	R\$	26.089,93			
27	4	10.951,02	3	12.998,45	2	10.435,97	29	10.951,02	29	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	29	5	40 cm	R\$	26.089,93	30	5	40 cm	R\$	26.089,93			
28	4	10.951,02	3	12.998,45	2	10.435,97	30	10.951,02	30	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	30	5	40 cm	R\$	26.089,93	31	3	40 cm	R\$	15.653,96			
29	10	27.377,55	7	30.329,72	5	26.089,93	31	10.951,02	31	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	31	5	25 cm	R\$	13.688,77	32	1	25 cm	R\$	2.737,75			
31	5	13.688,77	4	17.331,27	3	15.653,96	32	10.951,02	32	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	32	1	25 cm	R\$	2.737,75	33	1	25 cm	R\$	2.737,75			
32	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	33	10.951,02	33	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	33	1	25 cm	R\$	2.737,75	34	1	25 cm	R\$	2.737,75			
33	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	34	10.951,02	34	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	34	1	25 cm	R\$	2.737,75	35	1	25 cm	R\$	2.737,75			
34	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	35	10.951,02	35	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	35	1	31 cm	R\$	4.332,82	36	3	25 cm	R\$	8.213,26			
35	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	36	10.951,02	36	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	36	3	25 cm	R\$	8.213,26	37	1	25 cm	R\$	2.737,75			
36	3	8.213,26	2	8.665,64	2	10.435,97	37	10.951,02	37	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	37	1	25 cm	R\$	2.737,75	38	1	25 cm	R\$	2.737,75			
37	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	38	10.951,02	38	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	38	1	25 cm	R\$	2.737,75	39	1	25 cm	R\$	2.737,75			
38	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	39	10.951,02	39	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	39	1	25 cm	R\$	2.737,75	40	1	25 cm	R\$	2.737,75			
39	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	40	10.951,02	40	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	40	1	25 cm	R\$	2.737,75	41	1	25 cm	R\$	2.737,75			
40	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	41	10.951,02	41	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	41	1	40 cm	R\$	5.217,99	42	1	40 cm	R\$	5.217,99			
41	2	5.475,51	2	8.665,64	1	5.217,99	42	10.951,02	42	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	42	1	40 cm	R\$	5.217,99	43	1	31 cm	R\$	4.332,82			
42	2	5.475,51	2	8.665,64	1	5.217,99	43	10.951,02	43	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	43	1	31 cm	R\$	4.332,82	44	1	31 cm	R\$	4.332,82			
44	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	44	10.951,02	44	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	44	1	31 cm	R\$	4.332,82	45	1	31 cm	R\$	4.332,82			
45	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	45	10.951,02	45	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	45	1	31 cm	R\$	4.332,82	46	1	31 cm	R\$	4.332,82			
49	3	8.213,26	2	8.665,64	2	10.435,97	46	10.951,02	46	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	46	3	25 cm	R\$	8.213,26	47	3	25 cm	R\$	8.213,26			
50	2	5.475,51	2	8.665,64	1	5.217,99	47	10.951,02	47	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	47	3	25 cm	R\$	8.213,26	48	3	25 cm	R\$	8.213,26			
							48	10.951,02	48	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	48	1	40 cm	R\$	5.217,99	49	1	40 cm	R\$	5.217,99			
							49	10.951,02	49	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	49	1	40 cm	R\$	5.217,99	50	1	40 cm	R\$	5.217,99			
							50	10.951,02	50	12.998,45	3	10.435,97	2	10.435,97	50	1	40 cm	R\$	5.217,99								

Raiz	Custos (R\$)										Raiz	Mais econômica				Raiz	Utilizada			
	25 cm					31 cm						40 cm					Raiz		Mais econômica	
Elemento	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	Elemento	nº	Diam.	Menor custo	Elemento	nº	Diam.	Menor custo
51	2	5.475,51	2	8.665,64	1	5.217,99	2	10.435,97	1	5.217,99	2	10.435,97	51	1	40 cm	R\$ 5.217,99	51	1	40 cm	R\$ 5.217,99
52	4	10.951,02	3	12.998,45	2	10.435,97	3	12.998,45	2	10.435,97	2	10.435,97	52	2	40 cm	R\$ 10.435,97	52	2	40 cm	R\$ 10.435,97
53	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	53	1	31 cm	R\$ 4.332,82	53	1	31 cm	R\$ 4.332,82
54	3	8.213,26	2	8.665,64	2	10.435,97	2	8.665,64	2	10.435,97	2	10.435,97	54	3	25 cm	R\$ 8.213,26	54	2	40 cm	R\$ 10.435,97
55	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	55	1	25 cm	R\$ 2.737,75	55	1	25 cm	R\$ 2.737,75
56	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	56	1	25 cm	R\$ 2.737,75	56	1	25 cm	R\$ 2.737,75
57	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	57	1	31 cm	R\$ 4.332,82	57	1	31 cm	R\$ 4.332,82
59	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	59	1	25 cm	R\$ 2.737,75	59	1	25 cm	R\$ 2.737,75
60	4	10.951,02	3	12.998,45	2	10.435,97	3	12.998,45	2	10.435,97	2	10.435,97	60	2	40 cm	R\$ 10.435,97	60	2	40 cm	R\$ 10.435,97
61	4	10.951,02	3	12.998,45	2	10.435,97	3	12.998,45	2	10.435,97	2	10.435,97	61	2	40 cm	R\$ 10.435,97	61	2	40 cm	R\$ 10.435,97
62	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	62	1	31 cm	R\$ 4.332,82	62	1	31 cm	R\$ 4.332,82
63	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	63	1	31 cm	R\$ 4.332,82	63	1	31 cm	R\$ 4.332,82
64	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	64	1	25 cm	R\$ 2.737,75	64	1	25 cm	R\$ 2.737,75
65	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	65	1	25 cm	R\$ 2.737,75	65	1	25 cm	R\$ 2.737,75
66	4	10.951,02	3	12.998,45	2	10.435,97	3	12.998,45	2	10.435,97	2	10.435,97	66	2	40 cm	R\$ 10.435,97	66	2	40 cm	R\$ 10.435,97
67	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	67	1	31 cm	R\$ 4.332,82	67	1	31 cm	R\$ 4.332,82
68	2	5.475,51	2	8.665,64	1	5.217,99	2	8.665,64	1	5.217,99	1	5.217,99	68	1	40 cm	R\$ 5.217,99	68	1	40 cm	R\$ 5.217,99
69	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	69	1	31 cm	R\$ 4.332,82	69	1	31 cm	R\$ 4.332,82
70	5	13.688,77	4	17.331,27	3	15.653,96	4	17.331,27	3	15.653,96	3	15.653,96	70	5	25 cm	R\$ 13.688,77	70	3	40 cm	R\$ 15.653,96
71	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	71	1	25 cm	R\$ 2.737,75	71	1	25 cm	R\$ 2.737,75
72	3	8.213,26	2	8.665,64	2	10.435,97	2	8.665,64	2	10.435,97	2	10.435,97	72	3	25 cm	R\$ 8.213,26	72	2	40 cm	R\$ 10.435,97
73	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	73	1	25 cm	R\$ 2.737,75	73	1	25 cm	R\$ 2.737,75
74	2	5.475,51	2	8.665,64	1	5.217,99	2	8.665,64	1	5.217,99	1	5.217,99	74	1	40 cm	R\$ 5.217,99	74	1	40 cm	R\$ 5.217,99
75	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	75	1	25 cm	R\$ 2.737,75	75	1	25 cm	R\$ 2.737,75
76	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	76	1	25 cm	R\$ 2.737,75	76	1	25 cm	R\$ 2.737,75
77	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	77	1	31 cm	R\$ 4.332,82	77	1	31 cm	R\$ 4.332,82
78	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	78	1	25 cm	R\$ 2.737,75	78	1	25 cm	R\$ 2.737,75
79	2	5.475,51	2	8.665,64	1	5.217,99	2	8.665,64	1	5.217,99	1	5.217,99	79	1	40 cm	R\$ 5.217,99	79	1	40 cm	R\$ 5.217,99
80	2	5.475,51	2	8.665,64	1	5.217,99	2	8.665,64	1	5.217,99	1	5.217,99	80	1	40 cm	R\$ 5.217,99	80	1	40 cm	R\$ 5.217,99
81	2	5.475,51	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	81	1	31 cm	R\$ 4.332,82	81	1	31 cm	R\$ 4.332,82
82	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	82	1	25 cm	R\$ 2.737,75	82	1	25 cm	R\$ 2.737,75
83	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	83	1	25 cm	R\$ 2.737,75	83	1	25 cm	R\$ 2.737,75
84	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	84	1	25 cm	R\$ 2.737,75	84	1	25 cm	R\$ 2.737,75
85	1	2.737,75	1	4.332,82	1	5.217,99	1	4.332,82	1	5.217,99	1	5.217,99	85	1	25 cm	R\$ 2.737,75	85	1	25 cm	R\$ 2.737,75
202	2	5.475,51	2	8.665,64	1	5.217,99	2	8.665,64	1	5.217,99	1	5.217,99	202	1	40 cm	R\$ 5.217,99	202	1	40 cm	R\$ 5.217,99
201	2	5.475,51	2	8.665,64	1	5.217,99	2	8.665,64	1	5.217,99	1	5.217,99	201	1	40 cm	R\$ 5.217,99	201	1	40 cm	R\$ 5.217,99
TOTAL	327	R\$ 895.245,79	235	R\$ 1.018.212,15	183	R\$ 954.891,37	236	R\$ 853.397,87	185	R\$ 889.509,43	236	R\$ 853.397,87	TOTAL				TOTAL			

Tabela API.29.

Estimativa de custos da Estaca Tri.

Elemento	Custos (R\$)												Mais econômica			Utilizada													
	23 cm				32 cm				41 cm				Tri	Diam.	nº	Menor custo	Tri	Diam.	nº	Menor custo									
	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco																	
1	7	6.841,10	4	6.989,20	3	8.181,90							1	3	41 cm	R\$	8.181,90							2	3	41 cm	R\$	13.636,50	
2	13	12.704,90	7	12.231,10	5	13.636,50							2	7	32 cm	R\$	12.231,10								3	6	41 cm	R\$	16.363,80
3	16	15.636,80	9	15.725,70	6	16.363,80							4	16	23 cm	R\$	15.636,80								4	4	41 cm	R\$	10.909,20
4	12	11.727,60	7	12.231,10	4	10.909,20							5	16	23 cm	R\$	15.636,80								5	6	41 cm	R\$	16.363,80
5	16	15.636,80	9	15.725,70	6	16.363,80							6	7	32 cm	R\$	12.231,10								6	5	41 cm	R\$	13.636,50
6	13	12.704,90	7	12.231,10	5	13.636,50							7	3	41 cm	R\$	8.181,90								7	3	41 cm	R\$	8.181,90
7	9	8.795,70	5	8.736,50	3	8.181,90							8	10	32 cm	R\$	17.473,00								8	7	41 cm	R\$	19.091,10
8	19	18.568,70	10	17.473,00	7	19.091,10							9	19	23 cm	R\$	18.568,70								9	7	41 cm	R\$	19.091,10
9	19	18.568,70	12	20.967,60	7	19.091,10							10	21	23 cm	R\$	20.523,30								10	9	41 cm	R\$	24.545,70
10	21	20.523,30	12	20.967,60	9	24.545,70							11	10	32 cm	R\$	17.473,00								11	7	41 cm	R\$	19.091,10
11	19	18.568,70	10	17.473,00	7	19.091,10							12	12	32 cm	R\$	12.231,10								12	4	41 cm	R\$	10.909,20
14	12	11.727,60	7	12.231,10	4	10.909,20							13	13	32 cm	R\$	12.231,10								13	5	41 cm	R\$	13.636,50
15	13	12.704,90	7	12.231,10	5	13.636,50							14	15	23 cm	R\$	14.659,50								14	6	41 cm	R\$	16.363,80
17	15	14.659,50	9	15.725,70	6	16.363,80							15	15	23 cm	R\$	14.659,50								15	20	41 cm	R\$	54.546,00
18	56	54.728,80	30	52.419,00	20	54.546,00							16	30	32 cm	R\$	52.419,00								16	15	41 cm	R\$	40.909,50
19	42	41.046,60	25	43.682,50	15	40.909,50							17	19	41 cm	R\$	40.909,50								17	6	41 cm	R\$	16.363,80
21	15	14.659,50	8	13.978,40	6	16.363,80							18	8	32 cm	R\$	13.978,40								18	6	41 cm	R\$	16.363,80
22	17	16.614,10	9	15.725,70	6	16.363,80							19	22	9	32 cm	R\$	15.725,70							19	6	41 cm	R\$	16.363,80
23	17	16.614,10	9	15.725,70	6	16.363,80							20	23	9	32 cm	R\$	15.725,70							20	6	41 cm	R\$	16.363,80
24	15	14.659,50	8	13.978,40	5	13.636,50							21	24	5	41 cm	R\$	13.636,50							21	5	41 cm	R\$	13.636,50
25	16	15.636,80	9	15.725,70	6	16.363,80							22	25	16	23 cm	R\$	15.636,80							22	6	41 cm	R\$	16.363,80
26	10	9.773,00	6	10.483,80	4	10.909,20							23	26	10	23 cm	R\$	9.773,00							23	6	41 cm	R\$	16.363,80
27	9	8.795,70	5	8.736,50	3	8.181,90							24	27	3	41 cm	R\$	8.181,90							24	3	41 cm	R\$	8.181,90
28	9	8.795,70	4	6.989,20	3	8.181,90							25	28	4	32 cm	R\$	6.989,20							25	7	41 cm	R\$	8.181,90
29	19	18.568,70	10	17.473,00	7	19.091,10							26	29	10	32 cm	R\$	17.473,00							26	4	41 cm	R\$	10.909,20
31	10	9.773,00	5	8.736,50	4	10.909,20							27	31	5	32 cm	R\$	8.736,50							27	4	41 cm	R\$	10.909,20
32	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30							28	32	1	32 cm	R\$	1.747,30							28	1	32 cm	R\$	1.747,30
33	1	977,30	1	1.747,30	1	2.727,30							29	33	1	23 cm	R\$	977,30							29	1	23 cm	R\$	977,30
34	1	977,30	1	1.747,30	1	2.727,30							30	34	1	23 cm	R\$	977,30							30	1	23 cm	R\$	977,30
35	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30							31	35	1	41 cm	R\$	2.727,30							31	1	41 cm	R\$	2.727,30
36	6	5.863,80	4	6.989,20	2	5.454,60							32	36	2	41 cm	R\$	5.454,60							32	2	41 cm	R\$	5.454,60
37	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30							33	37	1	41 cm	R\$	2.727,30							33	1	41 cm	R\$	2.727,30
38	2	1.954,60	2	3.494,60	1	2.727,30							34	38	2	23 cm	R\$	1.954,60							34	2	23 cm	R\$	1.954,60
39	1	977,30	1	1.747,30	1	2.727,30							35	39	1	23 cm	R\$	977,30							35	1	23 cm	R\$	977,30
40	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30							36	40	1	32 cm	R\$	1.747,30							36	1	32 cm	R\$	1.747,30
41	4	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60							37	41	2	32 cm	R\$	3.494,60							37	2	32 cm	R\$	3.494,60
42	4	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60							38	42	2	32 cm	R\$	3.494,60							38	2	32 cm	R\$	3.494,60
44	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30							39	44	1	41 cm	R\$	2.727,30							39	1	41 cm	R\$	2.727,30
45	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30							40	45	1	41 cm	R\$	2.727,30							40	1	41 cm	R\$	2.727,30
49	5	4.886,50	3	5.241,90	2	5.454,60							41	49	5	23 cm	R\$	4.886,50							41	5	23 cm	R\$	4.886,50
50	4	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60							42	50	2	32 cm	R\$	3.494,60							42	2	32 cm	R\$	3.494,60

Tri	Custos (R\$)										Tri	Mais econômica			Tri	Utilizada						
	23 cm					32 cm						41 cm				Mais econômica			Utilizada			
	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco		n estacas	Custo/bloco	n estacas		Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco
51	4	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60	7	6.841,10	4	6.989,20	3	8.181,90	51	2	32 cm	R\$	3.494,60	51	2	32 cm	R\$	3.494,60
52	7	6.841,10	4	6.989,20	3	8.181,90	52	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	52	7	23 cm	R\$	6.841,10	52	7	23 cm	R\$	6.841,10
53	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	53	4.886,50	3	5.241,90	2	5.454,60	53	1	41 cm	R\$	2.727,30	53	1	41 cm	R\$	2.727,30
54	5	4.886,50	3	5.241,90	2	5.454,60	54	1.954,60	2	3.494,60	1	2.727,30	54	5	23 cm	R\$	4.886,50	54	2	41 cm	R\$	5.454,60
55	2	1.954,60	2	3.494,60	1	2.727,30	55	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	55	2	23 cm	R\$	1.954,60	55	1	41 cm	R\$	2.727,30
56	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	56	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	56	1	32 cm	R\$	1.747,30	56	1	41 cm	R\$	2.727,30
57	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	57	8.795,70	4	6.989,20	3	8.181,90	57	1	41 cm	R\$	2.727,30	57	1	41 cm	R\$	2.727,30
59	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	59	8.795,70	5	8.736,50	3	8.181,90	59	1	41 cm	R\$	2.727,30	59	1	41 cm	R\$	2.727,30
60	9	8.795,70	4	6.989,20	3	8.181,90	60	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	60	4	32 cm	R\$	6.989,20	60	3	41 cm	R\$	8.181,90
61	9	8.795,70	5	8.736,50	3	8.181,90	61	1.954,60	2	3.494,60	1	2.727,30	61	3	41 cm	R\$	8.181,90	61	3	41 cm	R\$	8.181,90
62	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	62	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	62	1	41 cm	R\$	2.727,30	62	1	41 cm	R\$	2.727,30
63	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	63	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	63	1	41 cm	R\$	2.727,30	63	1	41 cm	R\$	2.727,30
64	2	1.954,60	2	3.494,60	1	2.727,30	64	1.954,60	2	3.494,60	1	2.727,30	64	2	23 cm	R\$	1.954,60	64	2	23 cm	R\$	1.954,60
65	2	1.954,60	2	3.494,60	1	2.727,30	65	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	65	2	23 cm	R\$	1.954,60	65	2	23 cm	R\$	1.954,60
66	7	6.841,10	4	6.989,20	3	8.181,90	66	6.841,10	4	6.989,20	3	8.181,90	66	7	23 cm	R\$	6.841,10	66	3	41 cm	R\$	8.181,90
67	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	67	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	67	1	41 cm	R\$	2.727,30	67	1	41 cm	R\$	2.727,30
68	4	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60	68	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60	68	2	32 cm	R\$	3.494,60	68	2	41 cm	R\$	5.454,60
69	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	69	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	69	1	41 cm	R\$	2.727,30	69	1	41 cm	R\$	2.727,30
70	10	9.773,00	5	8.736,50	4	10.909,20	70	9.773,00	5	8.736,50	4	10.909,20	70	5	32 cm	R\$	8.736,50	70	4	41 cm	R\$	10.909,20
71	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	71	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	71	1	32 cm	R\$	1.747,30	71	1	32 cm	R\$	1.747,30
72	5	4.886,50	3	5.241,90	2	5.454,60	72	4.886,50	3	5.241,90	2	5.454,60	72	5	23 cm	R\$	4.886,50	72	2	41 cm	R\$	5.454,60
73	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	73	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	73	1	32 cm	R\$	1.747,30	73	1	32 cm	R\$	1.747,30
74	4	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60	74	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60	74	2	32 cm	R\$	3.494,60	74	2	32 cm	R\$	3.494,60
75	2	1.954,60	2	3.494,60	1	2.727,30	75	1.954,60	2	3.494,60	1	2.727,30	75	2	23 cm	R\$	1.954,60	75	2	23 cm	R\$	1.954,60
76	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	76	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	76	1	32 cm	R\$	1.747,30	76	1	32 cm	R\$	1.747,30
77	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	77	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	77	1	41 cm	R\$	2.727,30	77	1	41 cm	R\$	2.727,30
78	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	78	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	78	1	32 cm	R\$	1.747,30	78	1	32 cm	R\$	1.747,30
79	4	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60	79	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60	79	2	32 cm	R\$	3.494,60	79	2	32 cm	R\$	3.494,60
80	4	3.909,20	3	5.241,90	2	5.454,60	80	3.909,20	3	5.241,90	2	5.454,60	80	4	23 cm	R\$	3.909,20	80	4	23 cm	R\$	3.909,20
81	3	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	81	2.931,90	2	3.494,60	1	2.727,30	81	1	41 cm	R\$	2.727,30	81	1	41 cm	R\$	2.727,30
82	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	82	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	82	1	32 cm	R\$	1.747,30	82	1	32 cm	R\$	1.747,30
83	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	83	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	83	1	32 cm	R\$	1.747,30	83	1	32 cm	R\$	1.747,30
84	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	84	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	84	1	32 cm	R\$	1.747,30	84	1	32 cm	R\$	1.747,30
85	2	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	85	1.954,60	1	1.747,30	1	2.727,30	85	1	32 cm	R\$	1.747,30	85	1	32 cm	R\$	1.747,30
202	4	3.909,20	3	5.241,90	2	5.454,60	202	3.909,20	3	5.241,90	2	5.454,60	202	4	23 cm	R\$	3.909,20	202	4	23 cm	R\$	3.909,20
201	4	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60	201	3.909,20	2	3.494,60	2	5.454,60	201	2	32 cm	R\$	3.494,60	201	2	32 cm	R\$	3.494,60
TOTAL	616	R\$ 602.016,80	350	R\$ 611.555,00	238	R\$ 649.097,40	TOTAL	616	R\$ 602.016,80	350	R\$ 611.555,00	238	R\$ 649.097,40	TOTAL	Menor custo	R\$ 573.550,20	TOTAL	Menor custo	R\$ 573.550,20	TOTAL	Menor custo	R\$ 612.236,90
															374	Estacas				253	Estacas	

Tabela API.30. Número efetivo de estacas hélice por pilar.

Hélice									
Diâmetro (cm)	40	50	60		Diâmetro (cm)	40	50	60	
Profundidade (m)	15,5	18	20		Profundidade (m)	15,5	18	20	
Estrutural (tf)	58	95	131		Estrutural (tf)	58	95	131	
Carga de serviço (tf)	60	98	135		Carga de serviço (tf)	60	98	135	
Elemento	Q _{MÁX} no pilar (tf)	NÚMERO DE ESTACAS POR			Elemento	Q _{MÁX} no pilar (tf)	NÚMERO DE ESTACAS POR		
1	236	5	3	2	49	173	3	2	2
2	454	8	5	4	50	116	2	2	1
3	588	11	7	5	51	102	2	2	1
4	415	8	5	4	52	229	4	3	2
5	601	11	7	5	53	165	3	2	2
6	462	8	5	4	54	151	3	2	2
7	267	5	3	3	55	68	2	1	1
8	678	12	8	6	56	63	2	1	1
9	714	13	8	6	57	128	3	2	1
10	764	14	9	6	59	86	2	1	1
11	702	13	8	6	60	243	5	3	2
14	412	8	5	4	61	260	5	3	2
15	454	8	5	4	62	143	3	2	2
17	565	10	6	5	63	162	3	2	2
18	2092	36	23	16	64	113	2	2	1
19	1583	28	17	13	65	118	3	2	1
21	577	10	7	5	66	228	4	3	2
22	638	11	7	5	67	130	3	2	1
23	635	11	7	5	68	112	2	2	1
24	489	9	6	4	69	68	2	1	1
25	596	11	7	5	70	322	6	4	3
26	333	6	4	3	71	76	2	1	1
27	271	5	3	3	72	154	3	2	2
28	265	5	3	3	73	106	2	2	1
29	695	12	8	6	74	112	2	2	1
31	328	6	4	3	75	119	3	2	1
32	94	2	1	1	76	52	1	1	1
33	43	1	1	1	77	88	2	1	1
34	59	2	1	1	78	99	2	2	1
35	146	3	2	2	79	108	2	2	1
36	168	3	2	2	80	127	3	2	1
37	129	3	2	1	81	118	3	2	1
38	71	2	1	1	82	66	2	1	1
39	17	1	1	1	83	79	2	1	1
40	122	3	2	1	84	53	1	1	1
41	205	4	3	2	85	62	2	1	1
42	112	2	2	1	202	136	3	2	2
44	140	3	2	2	201	64	2	1	1
45	176	4	2	2					

Tabela API.31. Armadura da estaca hélice - Dados iniciais.

Dados		Seção (cm)	Área da seção (m ²)	As min (cm ²)
fck (Mpa)	20	40	0,126	6,3
fyk (Mpa)	500	50	0,196	9,8
Tensão máx para Asmim (MPa)	5,0	60	0,283	14,1

Tabela API.32. Armadura da estaca hélice.

Elemento	Q _{MÁX} (tf)	nº	Diam.	Carga por estaca	Tensão (Mpa)	As min ?	Elemento	Q _{MÁX} (tf)	nº	Diam.	Carga por estaca	Tensão (Mpa)	As min ?
1	236	2	60 cm	118,0	4,09	min	49	173	3	40 cm	57,7	4,50	min
2	454	4	60 cm	113,5	3,94	min	50	116	2	40 cm	58,0	4,53	min
3	588	5	60 cm	117,6	4,08	min	51	102	2	40 cm	51,0	3,98	min
4	415	4	60 cm	103,8	3,60	min	52	229	4	40 cm	57,3	4,47	min
5	601	5	60 cm	120,2	4,17	min	53	165	3	40 cm	55,0	4,29	min
6	462	4	60 cm	115,5	4,01	min	54	151	2	60 cm	75,5	2,62	min
7	267	3	60 cm	89,0	3,09	min	55	68	1	60 cm	68,0	2,36	min
8	678	6	60 cm	113,0	3,92	min	56	63	1	60 cm	63,0	2,19	min
9	714	6	60 cm	119,0	4,13	min	57	128	1	60 cm	128,0	4,44	min
10	764	6	60 cm	127,3	4,42	min	59	86	1	50 cm	86,0	4,30	min
11	702	6	60 cm	117,0	4,06	min	60	243	2	60 cm	121,5	4,21	min
14	412	4	60 cm	103,0	3,57	min	61	260	2	60 cm	130,0	4,51	min
15	454	4	60 cm	113,5	3,94	min	62	143	3	40 cm	47,7	3,72	min
17	565	5	60 cm	113,0	3,92	min	63	162	3	40 cm	54,0	4,21	min
18	2092	16	60 cm	130,8	4,54	min	64	113	2	40 cm	56,5	4,41	min
19	1583	13	60 cm	121,8	4,22	min	65	118	1	60 cm	118,0	4,09	min
21	577	5	60 cm	115,4	4,00	min	66	228	2	60 cm	114,0	3,95	min
22	638	5	60 cm	127,6	4,43	min	67	130	1	60 cm	130,0	4,51	min
23	635	5	60 cm	127,0	4,41	min	68	112	1	60 cm	112,0	3,88	min
24	489	4	60 cm	122,3	4,24	min	69	68	1	60 cm	68,0	2,36	min
25	596	5	60 cm	119,2	4,13	min	70	322	3	60 cm	107,3	3,72	min
26	333	3	60 cm	111,0	3,85	min	71	76	1	50 cm	76,0	3,80	min
27	271	3	60 cm	90,3	3,13	min	72	154	2	60 cm	77,0	2,67	min
28	265	3	60 cm	88,3	3,06	min	73	106	2	40 cm	53,0	4,14	min
29	695	6	60 cm	115,8	4,02	min	74	112	3	40 cm	37,3	2,91	min
31	328	3	60 cm	109,3	3,79	min	75	119	1	60 cm	119,0	4,13	min
32	94	1	50 cm	94,0	4,69	min	76	52	1	40 cm	52,0	4,06	min
33	43	1	40 cm	43,0	3,36	min	77	88	1	50 cm	88,0	4,40	min
34	59	1	50 cm	59,0	2,95	min	78	99	2	40 cm	49,5	3,86	min
35	146	3	40 cm	48,7	3,80	min	79	108	2	40 cm	54,0	4,21	min
36	168	3	40 cm	56,0	4,37	min	80	127	1	60 cm	127,0	4,41	min
37	129	1	60 cm	129,0	4,47	min	81	118	1	60 cm	118,0	4,09	min
38	71	1	50 cm	71,0	3,55	min	82	66	1	50 cm	66,0	3,30	min
39	17	1	40 cm	17,0	1,33	min	83	79	1	50 cm	79,0	3,95	min
40	122	1	60 cm	122,0	4,23	min	84	53	1	40 cm	53,0	4,14	min
41	205	4	40 cm	51,3	4,00	min	85	62	1	50 cm	62,0	3,10	min
42	112	2	40 cm	56,0	4,37	min	202	136	3	40 cm	45,3	3,54	min
44	140	3	40 cm	46,7	3,64	min	201	64	2	50 cm	32,0	1,60	min
45	176	2	50 cm	88,0	4,40	min							

IX.4. RECALQUES

A estimativa dos recalques é feita inicialmente para a carga máxima suportada, em seguida estão apresentados na tabela os recalques de cada estaca.

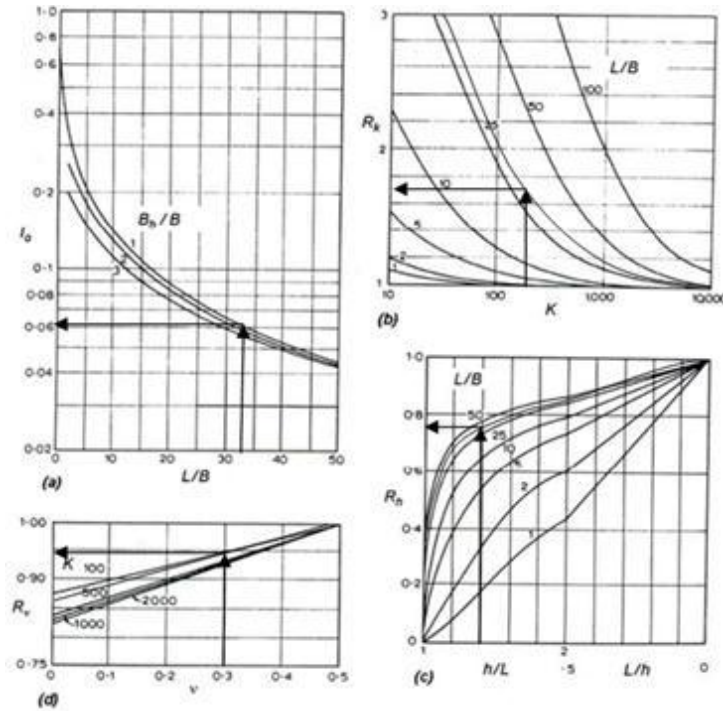


Figura API.11. Valores dos fatores para o cálculo de recalque de estacas.

Tabela API.33. Estimativa para I

Estimativa para I			
BASE	40	50	60
Q	58,30	94,70	131,00
L/B	50,00	40,00	33,33
lo	0,05	0,05	0,06
K	222,22		
Rk	2,80	2,00	1,65
Rv	0,95	0,95	0,95
Rh			
h	15,50	18,00	20,00
h/L	1,81	1,56	1,40
L/h	0,55	0,64	0,71
Rh	0,83	0,80	0,75
I	0,10	0,08	0,07

Recalque para d = 60 cm

- Q: O caso crítico se dá quando a carga Q é igual à carga admissível na estaca, o que neste caso é 131 tf, ou seja, 1,29MN;
- B: 0,60 m
- I: $l_0: L/B = 20/0,60 \approx 33$ e $B_b/B = 1 \therefore I_0 = 0,061$

– E:

$$E'_{AREIA COMPACTA} = 90 \text{ MPa}, v' = 0,3 \text{ e } E_p = 20.000 \text{ MPa}$$

– R_k:

$$K = (E_p \cdot R_a) / E \therefore \text{Para estaca maciça } R_a = 1$$

$$K = (20.000 \cdot 1) / 90 \approx 222 \therefore R_k = 1,65$$

– R_h:

$$h/L = 28/20 = 1,4 \therefore R_h = 0,75$$

– R_v:

$$R_v = 0,95$$

– R_b: o módulo de elasticidade varia pouco da última camada em relação às demais camadas $\therefore R_b = 1$

$$I = 0,061 \times 1,65 \times 0,75 \times 0,95 \times 1,0$$

$$\therefore I = 0,07$$

Recalque: $w = \frac{1,29 \text{ MN} \cdot 0,07}{90 \cdot \text{MN/m}^2 \cdot 0,60 \text{ m}} = 0,16 \text{ cm}$

Recalque para d = 50 cm

- Q = 95 tf
- B = 0,50 m

- I :

$$I_0 = 0,053; R_k = 2,0; R_H = 0,80; R_V = 0,95; R_B = 1$$

$$I = 0,053 \times 2,0 \times 0,80 \times 0,95 \times 1,0$$

$$\therefore I = 0,08$$

Recalque: $w = \frac{0,93\text{MN} \cdot 0,08}{90.\text{MN}/\text{m}^2 \cdot 0,50\text{m}} = 0,17 \text{ cm}$

Recalque para $d = 50 \text{ cm}$

- $Q = 58 \text{ tf}$
- $B = 0,40 \text{ m}$
- I :

$$I_0 = 0,045; R_k = 2,8; R_H = 0,83; R_V = 0,95; R_B = 1$$

$$I = 0,045 \times 2,8 \times 0,83 \times 0,95 \times 1,0$$

$$\therefore I = 0,10$$

Recalque: $w = \frac{0,57\text{MN} \cdot 0,10}{90.\text{MN}/\text{m}^2 \cdot 0,40\text{m}} = 0,16 \text{ cm}$

Tabela API.34. Cálculo do recalque para cada um dos pilares.

Baricentros de pilares			Cargas			I	B	$w = \frac{Q \cdot I}{E \cdot B}$	ε
Pilar	X	Y	Q	nº de	Q				
	(cm)	(cm)	tf	estacas	MN	adm	m	cm	adm
1	1.250,00	636,00	236,00	2	1,16	0,07	0,60	0,15	0,019%
2	940,00	665,00	454,00	4	1,11	0,07	0,60	0,14	0,018%
3	357,50	665,00	588,00	5	1,15	0,07	0,60	0,15	0,019%
4	42,50	665,00	415,00	4	1,02	0,07	0,60	0,13	0,016%
5	272,50	665,00	601,00	5	1,18	0,07	0,60	0,15	0,019%
6	855,00	665,00	462,00	4	1,13	0,07	0,60	0,15	0,018%
7	1.165,00	636,00	267,00	3	0,87	0,07	0,60	0,11	0,014%
8	922,50	342,50	678,00	6	1,11	0,07	0,60	0,14	0,018%
9	352,50	342,50	714,00	6	1,17	0,07	0,60	0,15	0,019%
10	267,50	342,50	764,00	6	1,25	0,07	0,60	0,16	0,020%
11	862,50	342,50	702,00	6	1,15	0,07	0,60	0,15	0,019%
14	1.260,00	270,00	412,00	4	1,01	0,07	0,60	0,13	0,016%
15	975,00	295,00	454,00	4	1,11	0,07	0,60	0,14	0,018%
17	1.175,00	270,00	565,00	5	1,11	0,07	0,60	0,14	0,018%
18	297,30	522,50	2.092,00	16	1,28	0,07	0,60	0,17	0,021%
19	436,10	529,50	1.583,00	13	1,19	0,07	0,60	0,15	0,019%
21	597,50	1.108,00	577,00	5	1,13	0,07	0,60	0,15	0,018%
22	42,50	1.145,50	638,00	5	1,25	0,07	0,60	0,16	0,020%
23	695,00	1.378,00	635,00	5	1,25	0,07	0,60	0,16	0,020%
24	42,50	1.500,50	489,00	4	1,20	0,07	0,60	0,16	0,019%
25	597,50	1.538,00	596,00	5	1,17	0,07	0,60	0,15	0,019%
26	710,00	1.693,00	333,00	3	1,09	0,07	0,60	0,14	0,018%
27	720,00	1.968,00	271,00	3	0,89	0,07	0,60	0,11	0,014%
28	265,00	1.970,50	265,00	3	0,87	0,07	0,60	0,11	0,014%
29	42,50	1.908,00	695,00	6	1,14	0,07	0,60	0,15	0,018%
31	652,50	1.943,00	328,00	3	1,07	0,07	0,60	0,14	0,017%
32	1.339,00	3.229,40	94,00	1	0,92	0,10	0,40	0,26	0,032%
33	1.724,00	3.242,70	43,00	1	0,42	0,10	0,40	0,12	0,015%
34	845,30	3.186,10	59,00	1	0,58	0,10	0,40	0,16	0,020%
35	850,00	2.703,00	146,00	3	0,48	0,08	0,50	0,08	0,011%
36	1.344,00	2.713,00	168,00	3	0,55	0,10	0,40	0,15	0,019%
37	1.724,80	2.703,00	129,00	1	1,27	0,08	0,50	0,22	0,028%
38	1.209,00	2.045,00	71,00	1	0,70	0,08	0,50	0,12	0,015%
39	1.469,00	2.045,00	17,00	1	0,17	0,10	0,40	0,05	0,006%
40	1.725,70	2.045,00	122,00	1	1,20	0,10	0,40	0,33	0,042%
41	721,00	2.096,40	205,00	4	0,50	0,07	0,60	0,07	0,008%
42	235,00	2.042,00	112,00	2	0,55	0,10	0,40	0,15	0,019%
44	265,00	2.147,00	140,00	3	0,46	0,08	0,50	0,08	0,010%
45	823,50	1.518,50	176,00	2	0,86	0,10	0,40	0,24	0,030%
49	285,00	1.325,00	173,00	3	0,57	0,10	0,40	0,16	0,020%

Baricentros de pilares			Cargas			I	B	$w = \frac{Q \cdot I}{E \cdot B}$	ϵ
Pilar	X	Y	Q	nº de	Q				
	(cm)	(cm)	tf	estacas	MN	adm	m	cm	adm
50	721,00	1.325,00	116,00	2	0,57	0,10	0,40	0,16	0,020%
51	357,50	1.475,00	102,00	2	0,50	0,07	0,60	0,06	0,008%
52	1.125,00	1.325,00	229,00	4	0,56	0,10	0,40	0,16	0,020%
53	1.726,80	1.345,00	165,00	3	0,54	0,10	0,40	0,15	0,019%
54	357,50	985,00	151,00	2	0,74	0,07	0,60	0,10	0,012%
55	285,00	985,00	68,00	1	0,67	0,07	0,60	0,09	0,011%
56	721,00	985,00	63,00	1	0,62	0,07	0,60	0,08	0,010%
57	1.717,30	945,00	128,00	1	1,26	0,08	0,50	0,22	0,028%
59	1.727,30	950,00	86,00	1	0,84	0,08	0,50	0,15	0,019%
60	1.250,00	307,50	243,00	2	1,19	0,07	0,60	0,15	0,019%
61	1.165,00	307,50	260,00	2	1,28	0,07	0,60	0,17	0,021%
62	1.745,90	370,50	143,00	3	0,47	0,08	0,50	0,08	0,010%
63	1.728,20	410,00	162,00	3	0,53	0,10	0,40	0,15	0,018%
64	1.778,40	284,50	113,00	2	0,55	0,08	0,50	0,10	0,012%
65	1.729,20	285,00	118,00	1	1,16	0,08	0,50	0,21	0,026%
66	745,00	388,00	228,00	2	1,12	0,07	0,60	0,14	0,018%
67	1.800,40	727,50	130,00	1	1,28	0,08	0,50	0,23	0,028%
68	1.125,00	745,00	112,00	1	1,10	0,07	0,60	0,14	0,018%
69	1.255,00	584,00	68,00	1	0,67	0,07	0,60	0,09	0,011%
70	710,00	840,00	322,00	3	1,05	0,07	0,60	0,14	0,017%
71	1.729,70	584,00	76,00	1	0,75	0,10	0,40	0,21	0,026%
72	1.255,00	1.103,00	154,00	2	0,76	0,07	0,60	0,10	0,012%
73	1.730,50	1.103,00	106,00	2	0,52	0,08	0,50	0,09	0,012%
74	1.385,00	1.443,00	112,00	3	0,37	0,07	0,60	0,05	0,006%
75	1.836,00	1.443,00	119,00	1	1,17	0,08	0,50	0,21	0,026%
76	1.712,50	1.631,30	52,00	1	0,51	0,10	0,40	0,14	0,018%
77	1.188,80	1.915,80	88,00	1	0,86	0,08	0,50	0,15	0,019%
78	1.846,30	1.950,10	99,00	2	0,49	0,10	0,40	0,13	0,017%
79	1.385,00	1.968,00	108,00	2	0,53	0,10	0,40	0,15	0,018%
80	730,00	2.495,50	127,00	1	1,25	0,07	0,60	0,16	0,020%
81	1.561,00	2.495,50	118,00	1	1,16	0,08	0,50	0,21	0,026%
82	322,00	2.737,30	66,00	1	0,65	0,08	0,50	0,12	0,014%
83	1.408,30	2.786,90	79,00	1	0,77	0,10	0,40	0,22	0,027%
84	750,00	2.969,70	53,00	1	0,52	0,10	0,40	0,14	0,018%
85	1.197,40	3.189,30	62,00	1	0,61	0,10	0,40	0,17	0,021%
201	153,00	2.193,00	136,00	3	0,44	0,10	0,40	0,12	0,015%
202	532,00	2.193,00	64,00	2	0,31	0,10	0,40	0,09	0,011%

APENDICE X. DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS DE ALAVANCA

O cálculo das vigas também se deu de um processo iterativo, devido a viga ter de suportar além da carga do pilar, também o seu peso próprio, conforme se altera a seção também se altera a carga distribuída devido ao peso próprio. O processo iterativo seguiu até que as dimensões da seção se estabilizassem. O processo de verificação das dimensões ocorreu de forma que a altura foi estimada de forma que a viga esteja no domínio 3, e a base foi fixada de forma que Verificação $V_{sd} < V_{Rd}^2$. A seguir estão apresentados os resultados da última interação.

DADOS	
fck (MPa)	25,00
fyk (MPa)	500,00
ELU	
fcd (kN/m ²)	1,79E+04
fyd (kN/m ²)	4,35E+05
E (kPa)	2,10E+08
f ctd (MPa)	1,28
f bd (MPa)	2,89

DADOS CALCULADOS	
α_{v2}	0,90
fctm (MPa)	2,56
fctm,inf (MPa)	1,80
fctd (MPa)	1,28
$\rho_{sw,min}$	1,03E-03

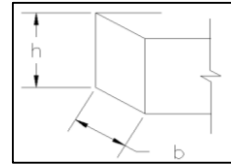
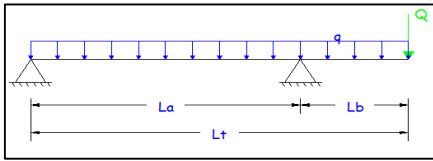
DADOS DE	
θ (°)	30
α (°)	90

Tabela APII.1. Dados iniciais

X.1.PRÉ-DIMENSIONAMENTO

A tabela All.1 mostra o pré-dimensionamento das vigas de alavanca.

Tabela APII.2. Pré-dimensionamento das vigas de alavanca.



Dados de entrada								Estimativa inicial			
VIGAS	Pilar 1		Pilar 2		Comprimento			Base			Altura
	Nº	Nº	Q (tf)	Q (kN)	Lt (m)	La (m)	Lb (m)	L/(50)	0,4 .h	b (m)	h > L/12 (m)
1	36	35	88	1.209	4,95	4,41	0,54	0,10	0,20	0,20	0,50
2	36	34	33	454	6,88	5,81	1,07	0,20	0,30	0,30	0,60
3	36	32	54	742	5,17	4,36	0,81	0,20	0,20	0,20	0,50
4	36	33	22	303	6,52	5,15	1,37	0,20	0,30	0,30	0,60
5	36	37	70	962	3,81	3,01	0,80	0,10	0,20	0,20	0,40
6	39	40	58	797	2,57	1,77	0,80	0,10	0,20	0,20	0,30
7	52	53	96	1.319	6,02	5,22	0,80	0,20	0,30	0,30	0,60
8	7	59	70	962	6,44	5,53	0,91	0,20	0,30	0,30	0,60
9	61	63	95	1.305	5,72	4,91	0,81	0,20	0,20	0,20	0,50
10	17	65	69	948	5,54	4,74	0,80	0,20	0,20	0,20	0,50
11	69	71	43	591	4,75	3,95	0,80	0,10	0,20	0,20	0,40
12	72	73	60	825	4,75	3,95	0,80	0,10	0,20	0,20	0,40
13	77	76	43	591	5,96	5,26	0,70	0,20	0,20	0,20	0,50
14	84	85	35	481	4,98	4,18	0,80	0,10	0,20	0,20	0,50
15	80	83	47	646	7,38	6,58	0,80	0,20	0,30	0,30	0,70
16	80	81	71	976	8,31	7,41	0,90	0,20	0,30	0,30	0,70
17	79	78	54	742	4,62	3,70	0,92	0,10	0,20	0,20	0,40
18	74	75	67	921	4,51	3,71	0,80	0,10	0,20	0,20	0,40
19	68	67	78	1.072	6,76	5,96	0,80	0,20	0,30	0,30	0,60
20	14	64	65	893	5,18	4,38	0,80	0,20	0,20	0,20	0,50
21	60	62	81	1.113	5,00	4,20	0,80	0,10	0,20	0,20	0,50
22	1	57	73	1.003	5,60	4,67	0,93	0,20	0,20	0,20	0,50
23	51	45	99	1.360	4,68	3,82	0,86	0,10	0,20	0,20	0,40
24	51	44	84	1.154	6,78	6,07	0,71	0,20	0,30	0,30	0,60
25	50	41	120	1.649	7,72	7,12	0,60	0,20	0,30	0,30	0,70

Tabela APII.3. Verificação do pré-dimensionamento.

VIGAS	Dados de Entrada				Verificação				Redimensionando h				
	TRECHO	Base b (m)	Altura h (m)	Ms _d (kNm)	Tração em baixo (+)	Altura útil		Armadura	d (m)	d' (m)	d (m)	d mín	Armadura
						d (m)	d' (m)						
1	La/Lb	0,20	0,50	654,54	-	0,45	0,05	0,76	Dupla	0,50	0,05	0,44	Simple
2	La/Lb	0,30	0,60	489,39	-	0,54	0,06	0,53	Simple	0,54	0,06	0,53	Simple
3	La/Lb	0,20	0,50	603,43	-	0,45	0,05	0,73	Dupla	0,63	0,07	0,59	Simple
4	La/Lb	0,30	0,60	421,02	-	0,54	0,06	0,50	Simple	0,54	0,06	0,50	Simple
5	La/Lb	0,20	0,40	772,54	-	0,36	0,04	0,82	Dupla	0,75	0,07	0,62	Simple
6	La/Lb	0,20	0,30	640,12	-	0,27	0,03	0,75	Dupla	0,68	0,07	0,61	Simple
7	La/Lb	0,30	0,60	1.058,98	-	0,54	0,06	0,79	Dupla	0,75	0,07	0,64	Simple
8	La/Lb	0,30	0,60	879,12	-	0,54	0,06	0,72	Dupla	0,85	0,08	0,72	Simple
9	La/Lb	0,20	0,50	1.060,93	-	0,45	0,05	0,96	Dupla	0,75	0,07	0,64	Simple
10	La/Lb	0,20	0,50	761,34	-	0,45	0,05	0,82	Dupla	0,75	0,07	0,62	Simple
11	La/Lb	0,20	0,40	474,76	-	0,36	0,04	0,64	Dupla	0,70	0,07	0,58	Simple
12	La/Lb	0,20	0,40	662,52	-	0,36	0,04	0,76	Dupla	0,75	0,07	0,62	Simple
13	La/Lb	0,20	0,50	415,09	-	0,45	0,05	0,60	Dupla	0,65	0,06	0,54	Simple
14	La/Lb	0,20	0,50	386,37	-	0,45	0,05	0,58	Dupla	0,70	0,07	0,58	Simple
15	La/Lb	0,30	0,70	519,15	-	0,63	0,07	0,55	Simple	0,70	0,07	0,55	Simple
16	La/Lb	0,30	0,70	882,02	-	0,63	0,07	0,72	Dupla	0,85	0,08	0,72	Simple
17	La/Lb	0,20	0,40	685,60	-	0,36	0,04	0,77	Dupla	0,80	0,08	0,69	Simple
18	La/Lb	0,20	0,40	739,49	-	0,36	0,04	0,80	Dupla	0,80	0,08	0,66	Simple
19	La/Lb	0,30	0,60	860,74	-	0,54	0,06	0,71	Dupla	0,80	0,08	0,66	Simple
20	La/Lb	0,20	0,50	717,15	-	0,45	0,05	0,79	Dupla	0,70	0,07	0,60	Simple
21	La/Lb	0,20	0,50	893,76	-	0,45	0,05	0,88	Dupla	0,75	0,07	0,63	Simple
22	La/Lb	0,20	0,50	936,88	-	0,45	0,05	0,91	Dupla	0,90	0,09	0,74	Simple
23	La/Lb	0,20	0,40	1.174,26	-	0,36	0,04	1,01	Dupla	0,80	0,08	0,68	Simple
24	La/Lb	0,30	0,60	822,12	-	0,54	0,06	0,69	Dupla	0,70	0,07	0,57	Simple
25	La/Lb	0,30	0,70	992,24	-	0,63	0,07	0,76	Dupla	0,60	0,06	0,48	Simple

Tabela APlI.4. Dimensionamento ao esforço cortante.

DIMENSIONAMENTO À CORTANTE - VIGAS APOIADAS												Redimensionando b					
Dados de entrada																	
VIGAS	APOIO	Diagrama para cima (+)	Vsd		Base		Altura	d	d'	As min	Vra2	Verificação Vsd<Vra2	Base			Vra2	Verificação o Vsd<Vra2
			(kN)	(kN) módulo	b (m)	h (m)							b (m)	maior	usada		
1	*B	-	-171,01	171,01	0,20	0,55	0,50	0,05	1,65E-04	433,93	OK	0,20		0,60	1.301,79	OK	
1	B*	+	1.212,35	1.212,35	0,20	0,55	0,50	0,05	1,65E-04	433,93	Trocar seção	0,56	0,60	0,60	1.301,79	OK	
2	*B	-	-100,84	100,84	0,30	0,60	0,54	0,06	2,70E-04	702,96	OK	0,30		0,30	702,96	OK	
2	B*	+	459,04	459,04	0,30	0,60	0,54	0,06	2,70E-04	702,96	OK	0,30	0,30	0,30	702,96	OK	
3	*B	-	-152,12	152,12	0,20	0,70	0,63	0,07	2,10E-04	546,75	OK	0,20		0,30	820,13	OK	
3	B*	+	745,63	745,63	0,20	0,70	0,63	0,07	2,10E-04	546,75	Trocar seção	0,28	0,30	0,30	820,13	OK	
4	*B	-	-96,28	96,28	0,30	0,60	0,54	0,06	2,70E-04	702,96	OK	0,30		0,30	702,96	OK	
4	B*	+	309,92	309,92	0,30	0,60	0,54	0,06	2,70E-04	702,96	OK	0,30	0,30	0,30	702,96	OK	
5	*B	-	-267,38	267,38	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	OK	0,20		0,35	1.032,75	OK	
5	B*	+	966,22	966,22	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	Trocar seção	0,33	0,35	0,35	1.032,75	OK	
6	*B	-	-365,95	365,95	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	OK	0,20		0,30	885,21	OK	
6	B*	+	800,62	800,62	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	Trocar seção	0,28	0,30	0,30	885,21	OK	
7	*B	-	-229,71	229,71	0,30	0,75	0,68	0,07	3,38E-04	885,21	OK	0,30		0,45	1.327,82	OK	
7	B*	+	1.324,43	1.324,43	0,30	0,75	0,68	0,07	3,38E-04	885,21	Trocar seção	0,45	0,45	0,45	1.327,82	OK	
8	*B	-	-180,24	180,24	0,30	0,85	0,77	0,08	3,83E-04	1.002,38	OK	0,30		0,30	1.002,38	OK	
8	B*	+	966,68	966,68	0,30	0,85	0,77	0,08	3,83E-04	1.002,38	OK	0,30	0,30	0,30	1.002,38	OK	
9	*B	-	-241,08	241,08	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	OK	0,20		0,45	1.327,82	OK	
9	B*	+	1.310,56	1.310,56	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	Trocar seção	0,45	0,45	0,45	1.327,82	OK	
10	*B	-	-179,29	179,29	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	OK	0,20		0,35	1.032,75	OK	
10	B*	+	952,22	952,22	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	Trocar seção	0,33	0,35	0,35	1.032,75	OK	
11	*B	-	-130,38	130,38	0,20	0,70	0,63	0,07	2,10E-04	546,75	OK	0,20		0,25	683,44	OK	
11	B*	+	593,97	593,97	0,20	0,70	0,63	0,07	2,10E-04	546,75	Trocar seção	0,22	0,25	0,25	683,44	OK	

DIMENSIONAMENTO À CORTANTE - VIGAS APOIADAS												Redimensionando b					
Dados de entrada																	
VIGAS	APOIO	Diagrama para cima (+)	Vsd		Base		Altura	d	d'	As min	VRa2	Verificação Vsd<VRa2	Base			VRa2	Verificação o Vsd<VRa2
			(kN)	(kN) módulo	b (m)	h (m)							b (m)	maior	usada		
12	*B	-	-180,62	180,62	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	OK	0,20	0,30	0,30	885,21	OK	
12	B*	+	828,62	828,62	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	Trocar seção	0,29		0,30	885,21	OK	
13	*B	-	-92,21	92,21	0,20	0,65	0,59	0,06	1,95E-04	512,04	OK	0,20	0,25	0,25	640,04	OK	
13	B*	+	593,30	593,30	0,20	0,65	0,59	0,06	1,95E-04	512,04	Trocar seção	0,24		0,25	640,04	OK	
14	*B	-	-101,14	101,14	0,20	0,70	0,63	0,07	2,10E-04	546,75	OK	0,20	0,20	0,20	546,75	OK	
14	B*	+	483,37	483,37	0,20	0,70	0,63	0,07	2,10E-04	546,75	OK	0,20		0,20	546,75	OK	
15	*B	-	-100,77	100,77	0,30	0,70	0,63	0,07	3,15E-04	820,13	OK	0,30	0,30	0,30	820,13	OK	
15	B*	+	649,56	649,56	0,30	0,70	0,63	0,07	3,15E-04	820,13	OK	0,30		0,30	820,13	OK	
16	*B	-	-148,69	148,69	0,30	0,85	0,77	0,08	3,83E-04	1.002,38	OK	0,30	0,30	0,30	1.002,38	OK	
16	B*	+	980,59	980,59	0,30	0,85	0,77	0,08	3,83E-04	1.002,38	OK	0,30		0,30	1.002,38	OK	
17	*B	-	-195,73	195,73	0,20	0,80	0,72	0,08	2,40E-04	624,86	OK	0,20	0,25	0,25	781,07	OK	
17	B*	+	745,92	745,92	0,20	0,80	0,72	0,08	2,40E-04	624,86	Trocar seção	0,24		0,25	781,07	OK	
18	*B	-	-211,89	211,89	0,20	0,80	0,72	0,08	2,40E-04	624,86	OK	0,20	0,30	0,30	937,29	OK	
18	B*	+	924,69	924,69	0,20	0,80	0,72	0,08	2,40E-04	624,86	Trocar seção	0,30		0,30	937,29	OK	
19	*B	-	-170,11	170,11	0,30	0,80	0,72	0,08	3,60E-04	937,29	OK	0,30	0,35	0,35	1.093,50	OK	
19	B*	+	1.076,30	1.076,30	0,30	0,80	0,72	0,08	3,60E-04	937,29	Trocar seção	0,35		0,35	1.093,50	OK	
20	*B	-	-179,83	179,83	0,20	0,70	0,63	0,07	2,10E-04	546,75	OK	0,20	0,35	0,35	956,81	OK	
20	B*	+	897,16	897,16	0,20	0,70	0,63	0,07	2,10E-04	546,75	Trocar seção	0,33		0,35	956,81	OK	
21	*B	-	-231,28	231,28	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	OK	0,20	0,40	0,40	1.180,29	OK	
21	B*	+	1.117,83	1.117,83	0,20	0,75	0,68	0,07	2,25E-04	590,14	Trocar seção	0,38		0,40	1.180,29	OK	
22	*B	-	-218,86	218,86	0,20	0,90	0,81	0,09	2,70E-04	702,96	OK	0,20	0,30	0,30	1.054,45	OK	
22	B*	+	1.007,96	1.007,96	0,20	0,90	0,81	0,09	2,70E-04	702,96	Trocar seção	0,29		0,30	1.054,45	OK	
23	*B	-	-326,94	326,94	0,20	0,80	0,72	0,08	2,40E-04	624,86	OK	0,20	0,45	0,45	1.405,93	OK	
23	B*	+	1.366,29	1.366,29	0,20	0,80	0,72	0,08	2,40E-04	624,86	Trocar seção	0,44		0,45	1.405,93	OK	
24	*B	-	-165,45	165,45	0,30	0,70	0,63	0,07	3,15E-04	820,13	OK	0,30	0,45	0,45	1.230,19	OK	
24	B*	+	1.158,35	1.158,35	0,30	0,70	0,63	0,07	3,15E-04	820,13	Trocar seção	0,43		0,45	1.230,19	OK	
25	*B	-	-191,18	191,18	0,30	0,60	0,54	0,06	2,70E-04	702,96	OK	0,30	0,75	0,75	1.757,41	OK	
25	B*	+	1.654,20	1.654,20	0,30	0,60	0,54	0,06	2,70E-04	702,96	Trocar seção	0,71		0,75	1.757,41	OK	

Tabela APII.5. Determinação dos esforços internos das Vigas.

Resultados									
VIGAS	Dimensões usadas		Peso da viga	Reação 1	Reação 2	Msd	d	Vsd a	Vsd b
	b	h	q3 (kN/m)	V1 (kN)	V2 (kN)	kN.m	m	kN	kN
1	0,60	0,55	11,55	-122,96	1.389,13	654,54	0,50	-171,01	1.212,35
2	0,30	0,60	6,30	-65,94	563,28	489,39	0,54	-100,84	459,04
3	0,30	0,70	7,35	-122,39	902,38	603,43	0,63	-152,12	745,63
4	0,30	0,60	6,30	-65,54	409,61	421,02	0,54	-96,28	309,92
5	0,35	0,75	9,19	-242,84	1.239,85	772,54	0,68	-267,38	966,22
6	0,30	0,75	7,88	-354,68	1.171,93	640,12	0,68	-365,95	800,62
7	0,45	0,75	11,82	-172,03	1.562,18	1.058,98	0,68	-229,71	1.324,43
8	0,30	0,85	8,93	-134,30	1.153,80	879,12	0,77	-180,24	966,68
9	0,45	0,75	11,82	-187,06	1.559,67	1.060,93	0,68	-241,08	1.310,56
10	0,35	0,75	9,19	-138,85	1.137,76	761,34	0,68	-179,29	952,22
11	0,25	0,70	6,13	-108,10	728,21	474,76	0,63	-130,38	593,97
12	0,30	0,75	7,88	-152,17	1.014,60	662,52	0,68	-180,62	828,62
13	0,25	0,65	5,69	-63,96	688,87	415,09	0,59	-92,21	593,30
14	0,20	0,70	4,90	-82,20	587,60	386,37	0,63	-101,14	483,37
15	0,30	0,70	7,35	-54,72	754,96	519,15	0,63	-100,77	649,56
16	0,30	0,85	8,93	-85,96	1.136,16	882,02	0,77	-148,69	980,59
17	0,25	0,80	7,00	-172,35	946,69	685,60	0,72	-195,73	745,92
18	0,30	0,80	8,40	-183,75	1.142,63	739,49	0,72	-211,89	924,69
19	0,35	0,80	9,80	-115,23	1.253,47	860,74	0,72	-170,11	1.076,30
20	0,35	0,70	8,58	-144,95	1.082,39	717,15	0,63	-179,83	897,16
21	0,40	0,75	10,50	-190,75	1.356,25	893,76	0,68	-231,28	1.117,83
22	0,30	0,90	9,45	-178,56	1.234,48	936,88	0,81	-218,86	1.007,96
23	0,45	0,80	12,60	-283,34	1.702,30	1.174,26	0,72	-326,94	1.366,29
24	0,45	0,70	11,03	-101,97	1.330,75	822,12	0,63	-165,45	1.158,35
25	0,75	0,60	15,75	-83,29	1.853,88	992,24	0,54	-191,18	1.654,20

X.2. DIAGRAMAS DE ESFORÇOS SOLICITANTES

AII. VIGA 1. P36/P35

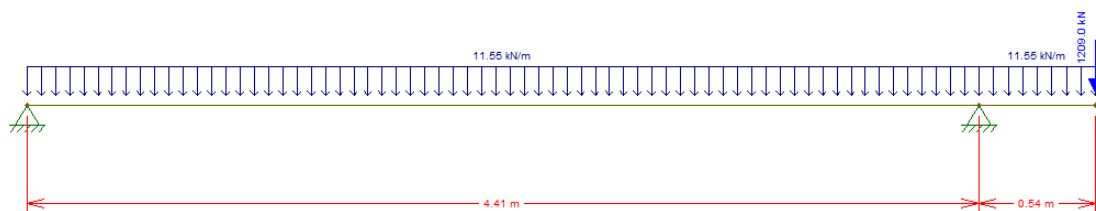


Figura APII.1. Esquema de cálculo da Viga 1.

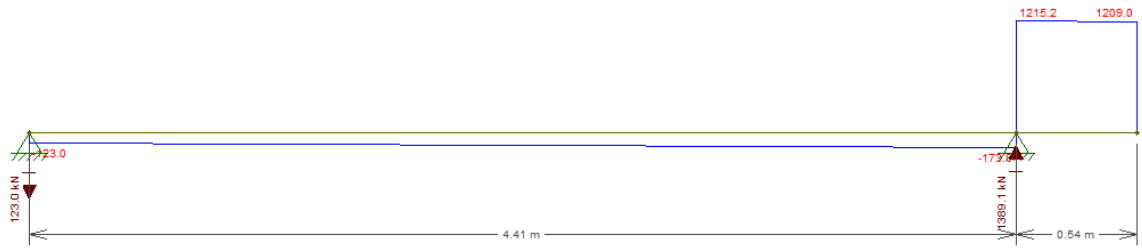


Figura APII.2. Diagrama de esforço cortante (KN) da Viga 1.

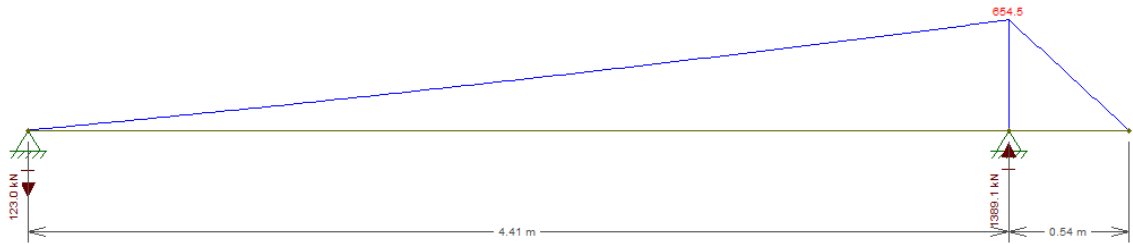


Figura APII.3. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 1.

AII. VIGA 2. P36/P34

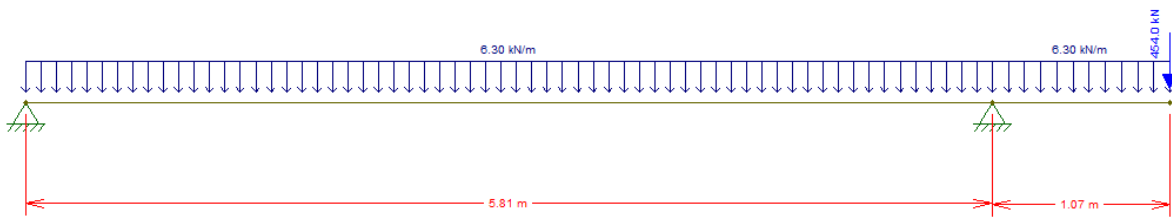


Figura APII.4. Esquema de cálculo da Viga 2.

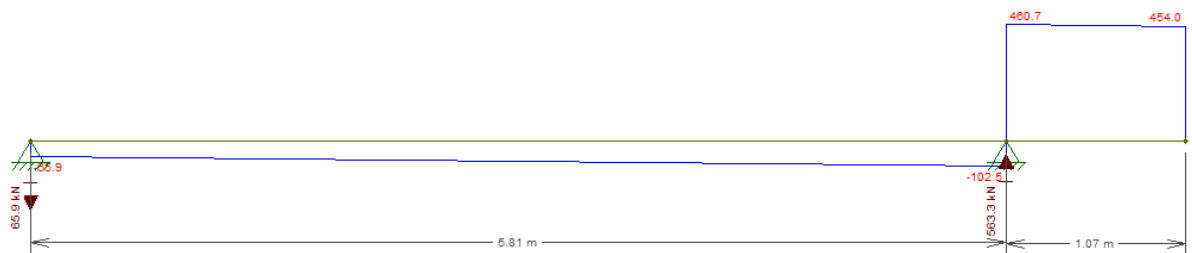


Figura APII.5. Diagrama de esforço cortante (KN) da Viga 2.

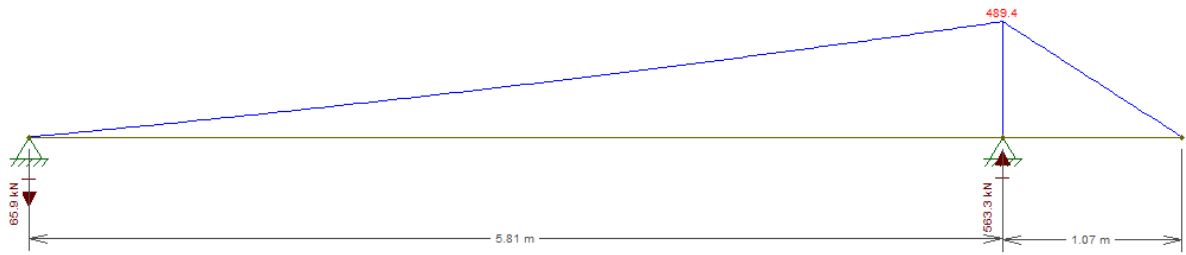


Figura APII.6. Diagrama de momento fletor (KNm) da Viga 2.

AII. VIGA 3. P36/P32

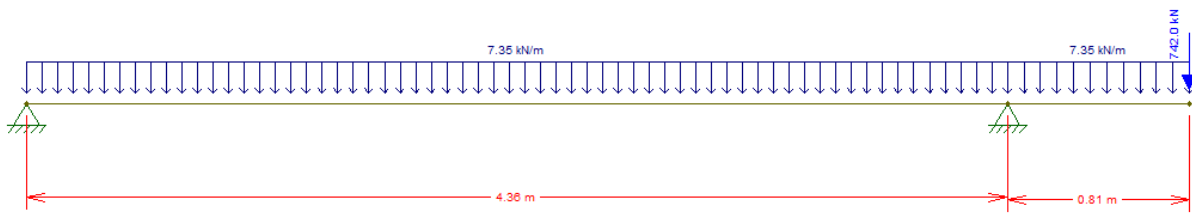


Figura APII.7. Esquema de cálculo da Viga 3.

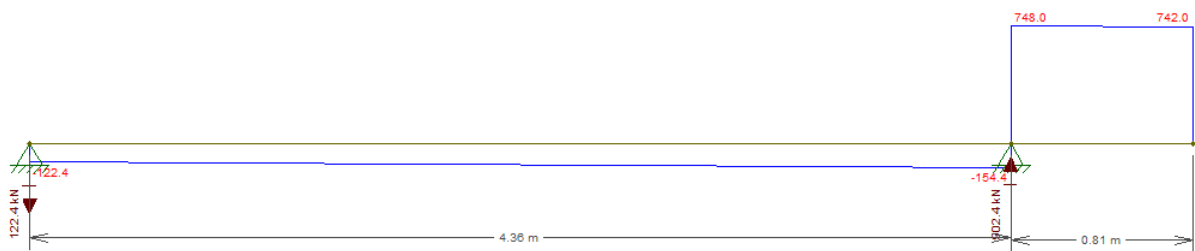


Figura APII.8. Diagrama de momento fletor (KNm) da Viga 3.

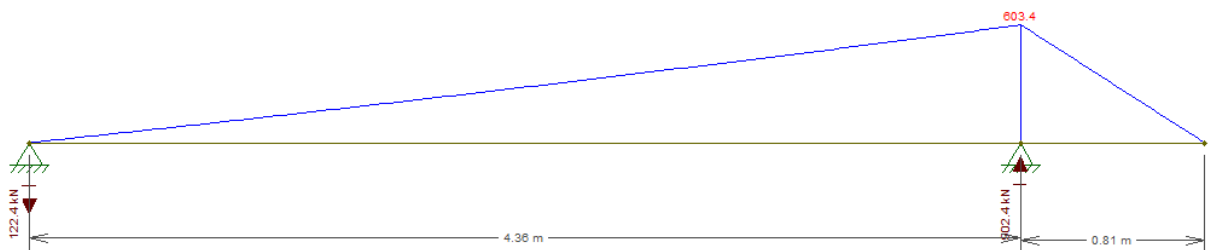


Figura APII.9. Diagrama de esforço cortante (KN) da Viga 3.

AII. VIGA 4. P36/P33

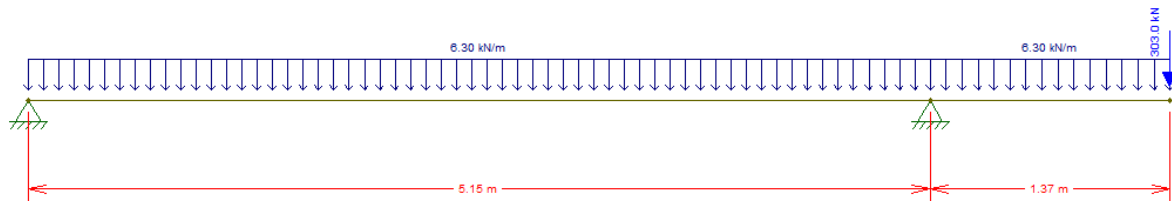


Figura AII.10. Esquema de cálculo da Viga 4.

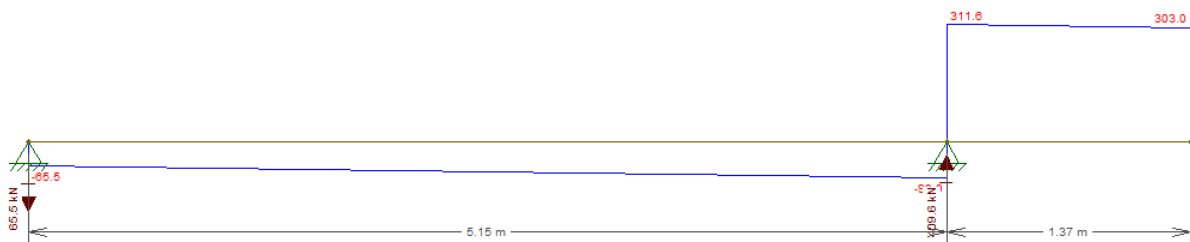


Figura AII.11. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 4.

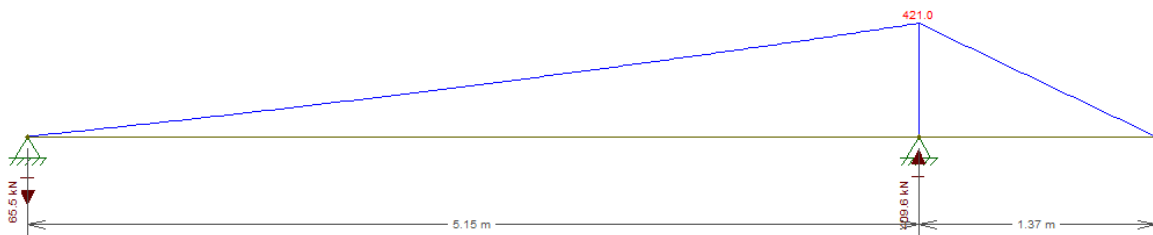


Figura AII.12. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 4.

AII. VIGA 5. P36/P37

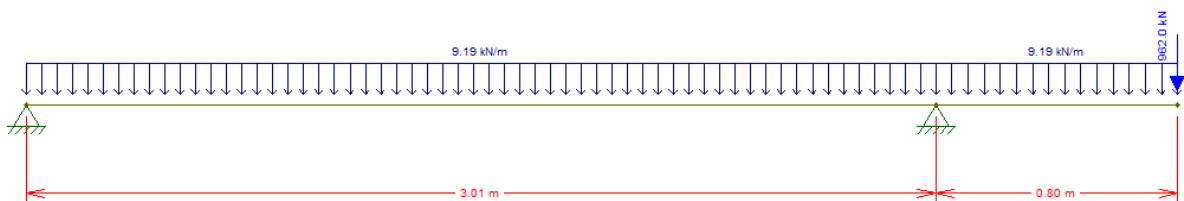


Figura AII.13. Esquema de cálculo da Viga 5.

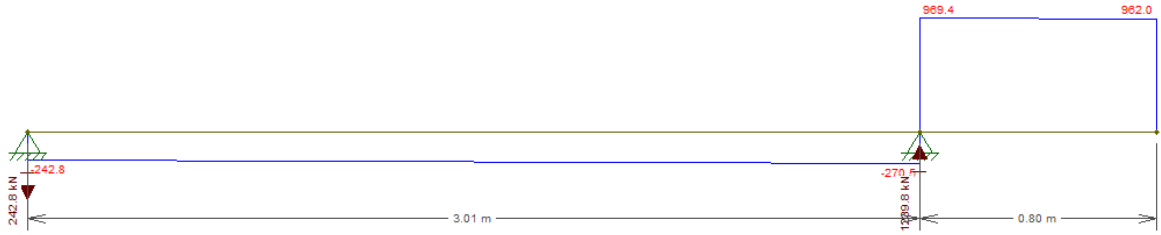


Figura APII.14. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 5.

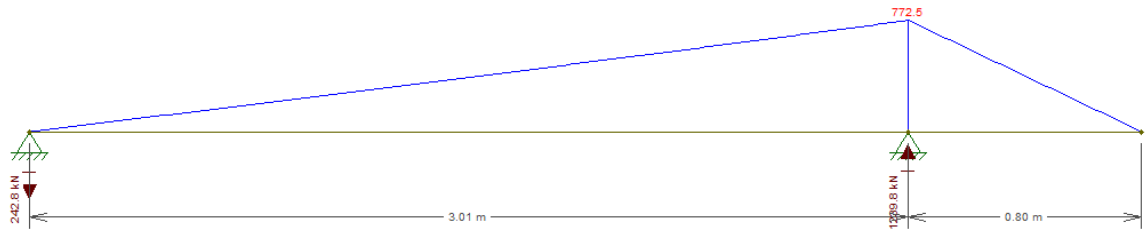


Figura APII.15. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 5.

AII. VIGA 6. P39/P40

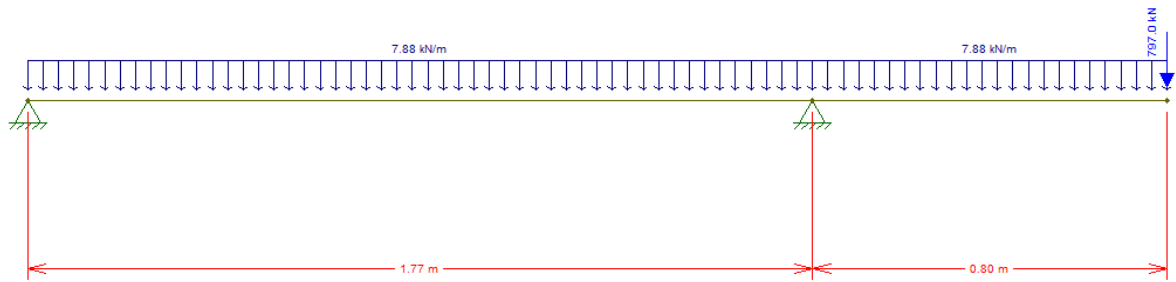


Figura APII.16. Esquema de cálculo da Viga 6.

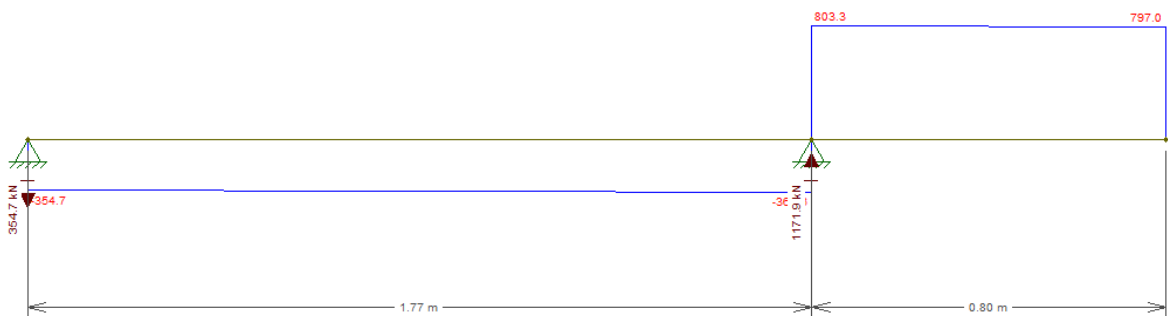


Figura APII.17. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 6.

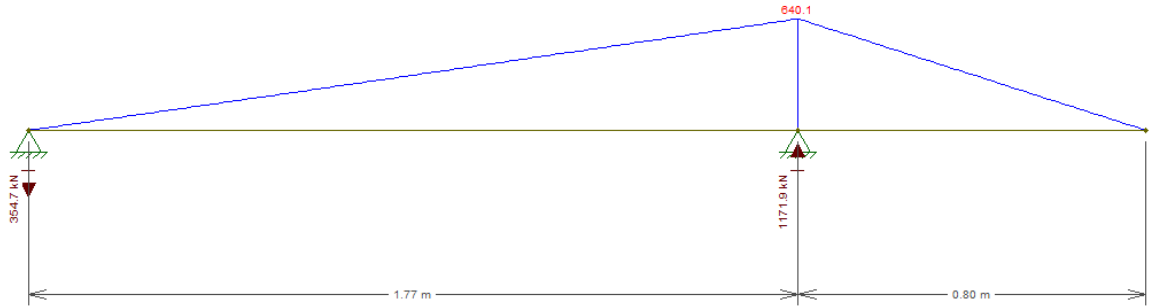


Figura APII.18. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 6.

AII. VIGA 7. P52/P53

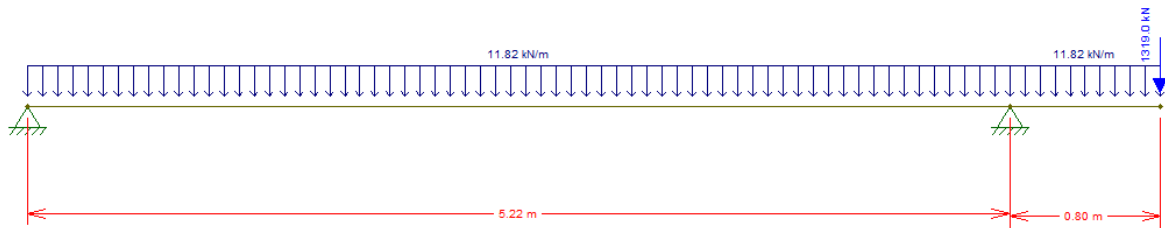


Figura APII.19. Esquema de cálculo da Viga 7.

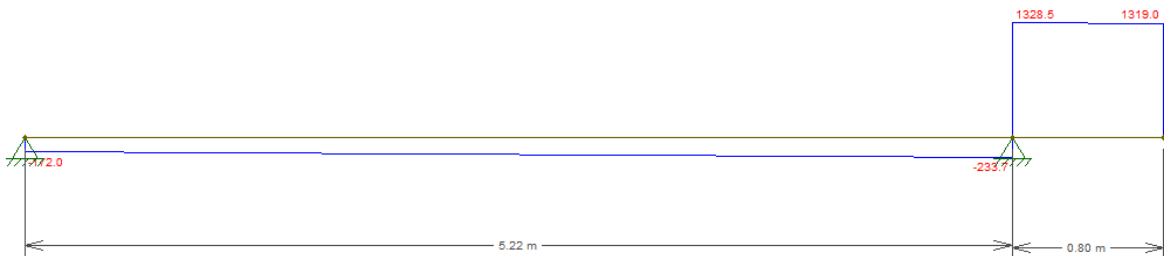


Figura APII.20. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 7.

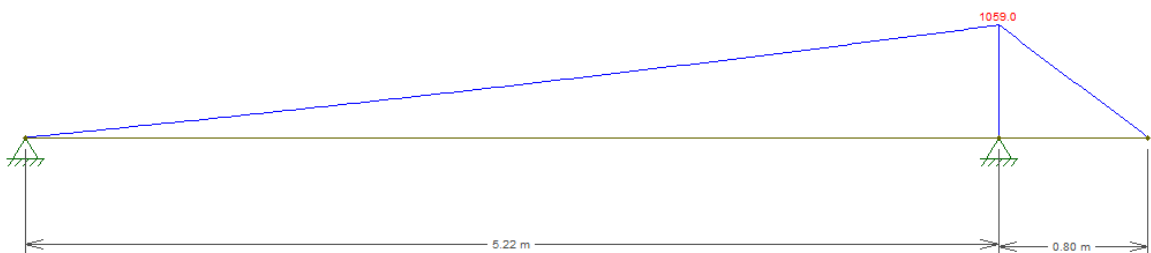


Figura APII.21. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 7.

AII. VIGA 8. P07/P59

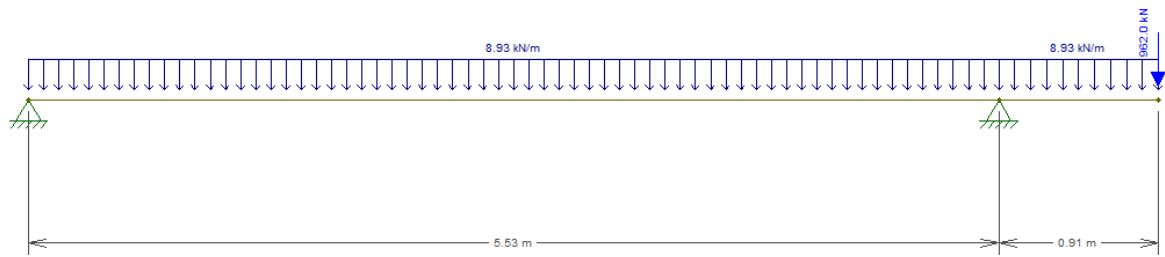


Figura AII.22. Esquema de cálculo da Viga 8.

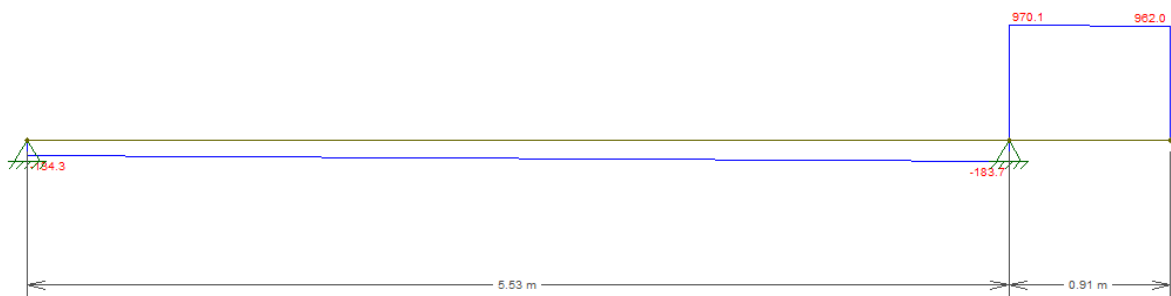


Figura AII.23. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 8.

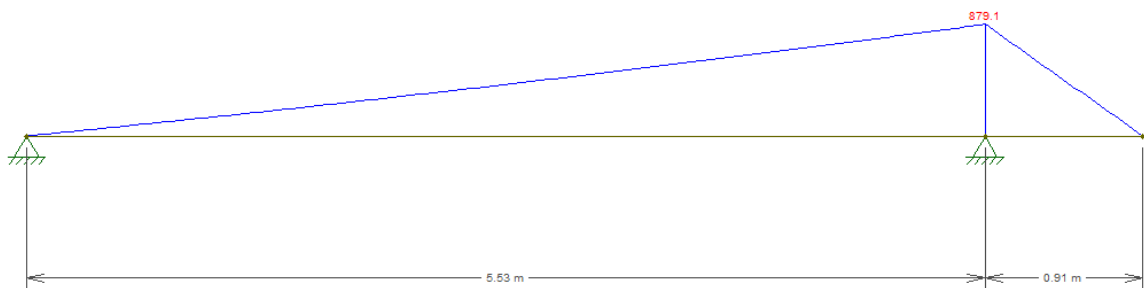


Figura AII.24. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 8.

AII. VIGA 9. P61/P63

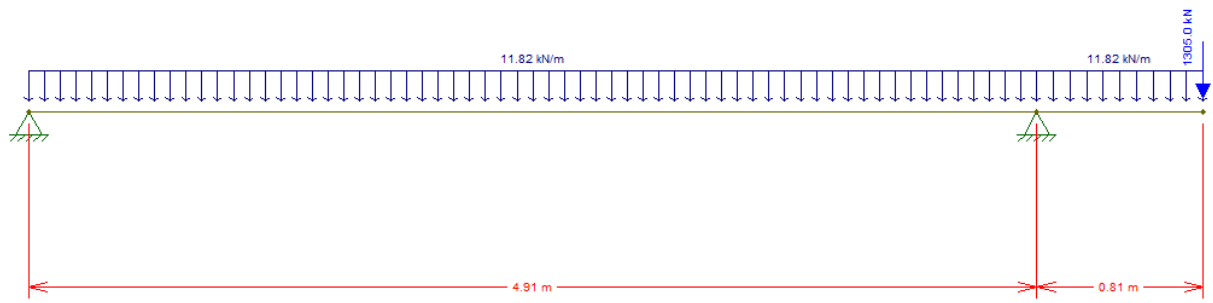


Figura AII.25. Esquema de cálculo da Viga 9.

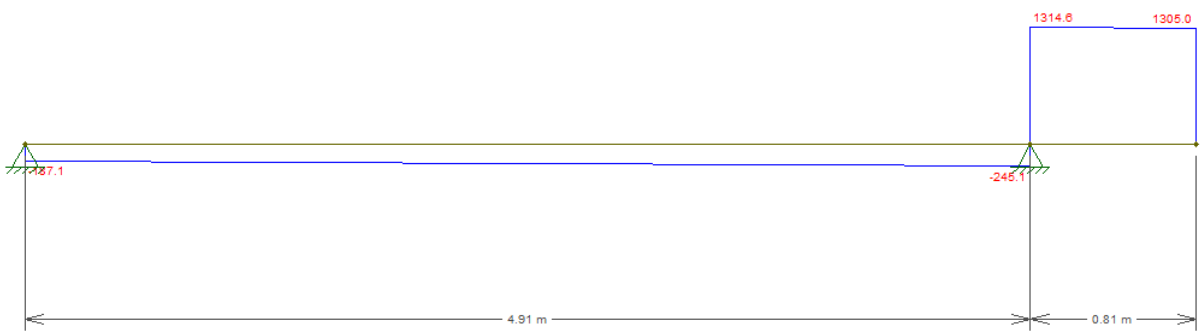


Figura AII.26. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 9.

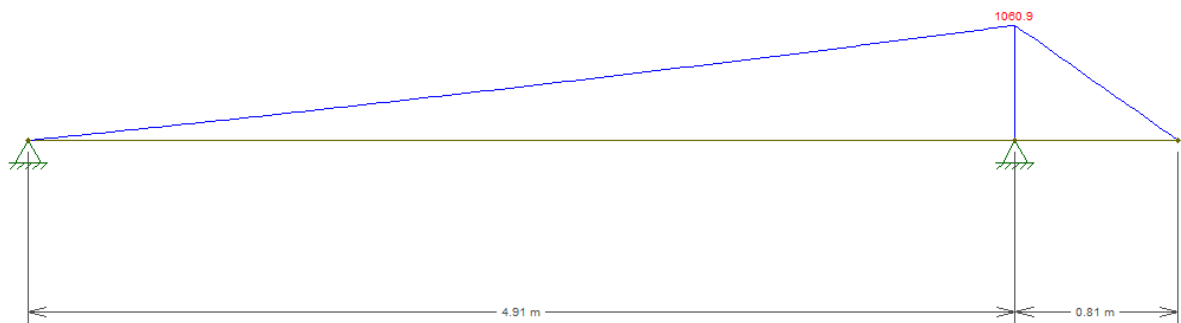


Figura AII.27. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 9.

AII. VIGA 10. P17/P65

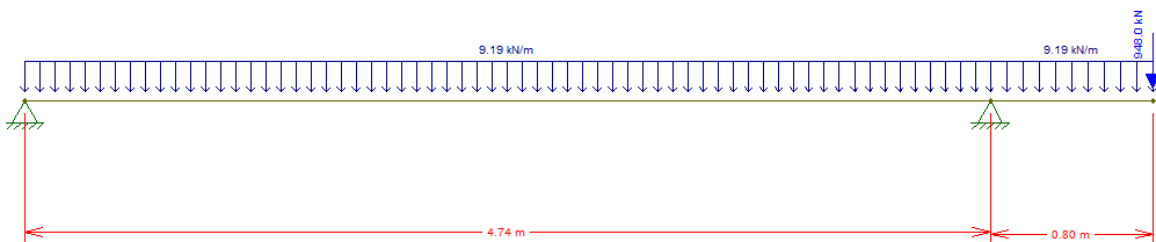


Figura AII.28. Esquema de cálculo da Viga 10.

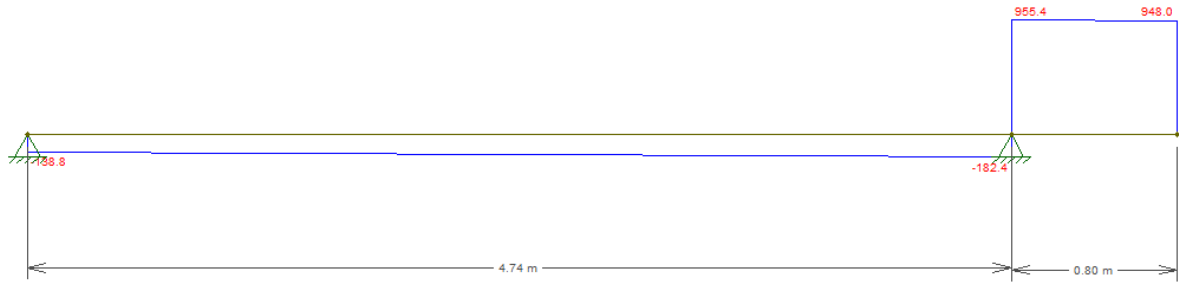


Figura APII.29. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 10.

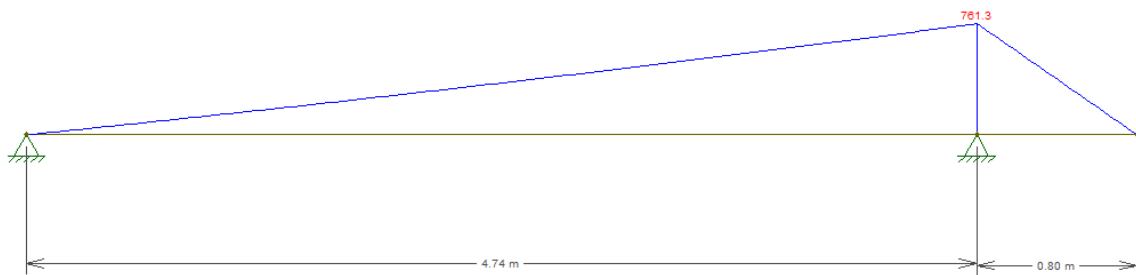


Figura APII.30. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 10.

AII. VIGA 11. P69/P71

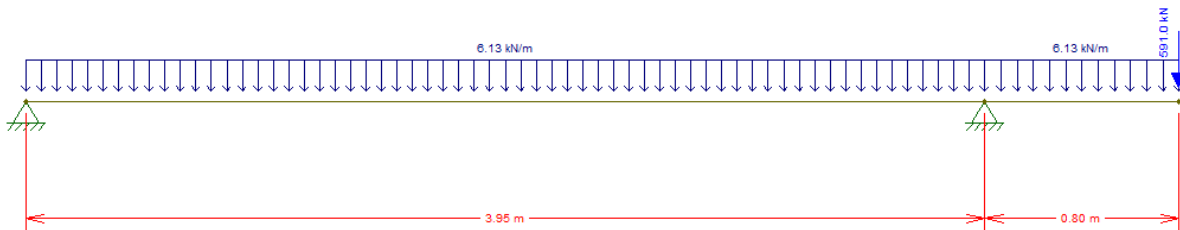


Figura APII.31. Esquema de cálculo da Viga 11.

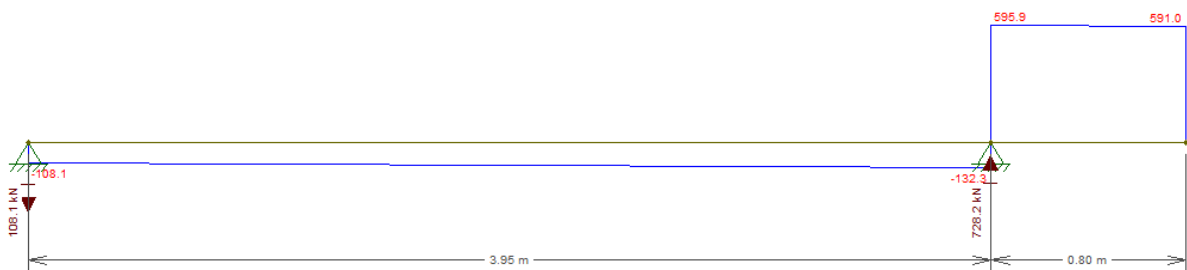


Figura APII.32. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 11.

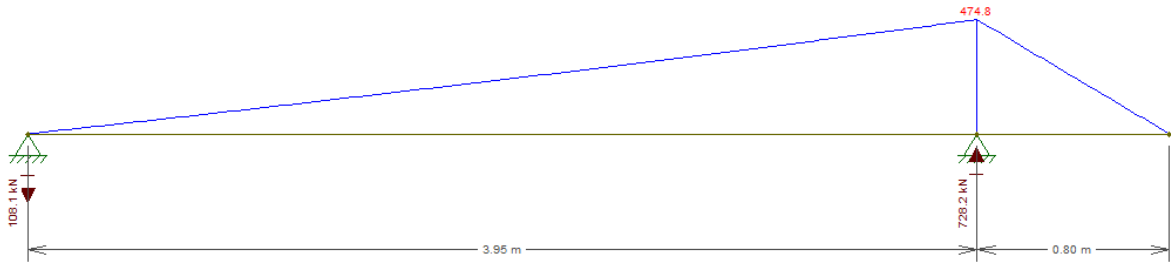


Figura APII.33. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 11.

AII. VIGA 12. P72/P73

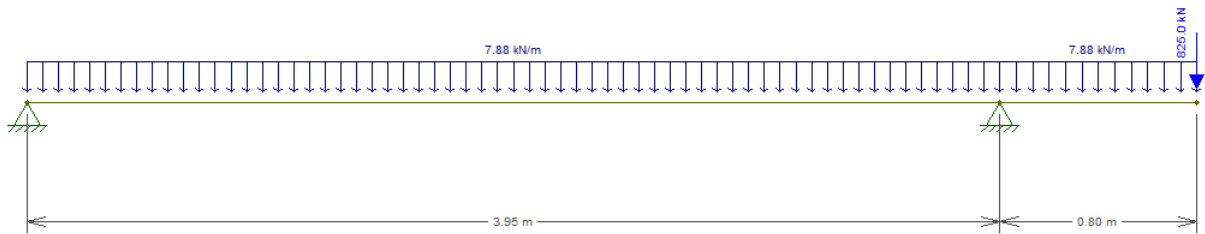


Figura APII.34. Esquema de cálculo da Viga 12.

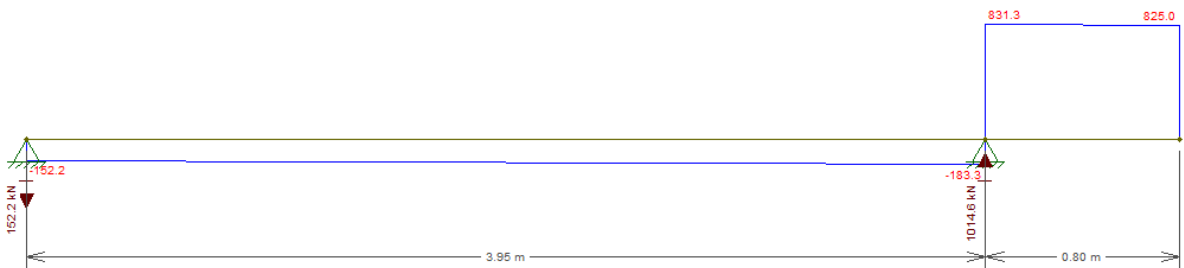


Figura APII.35. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 12.

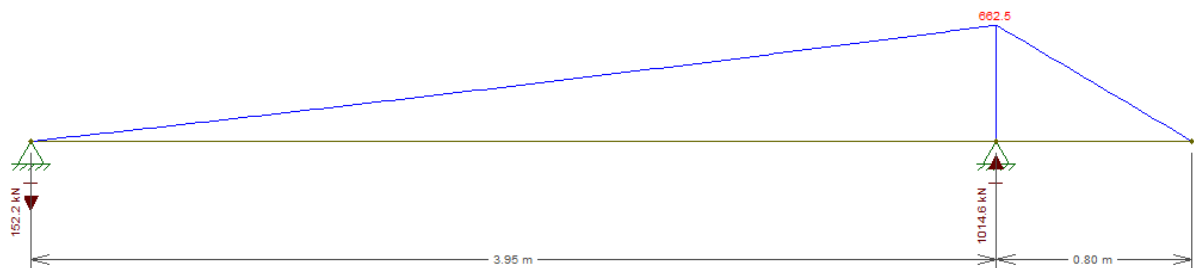


Figura APII.36. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 12.

AII. VIGA 13. P77/P76

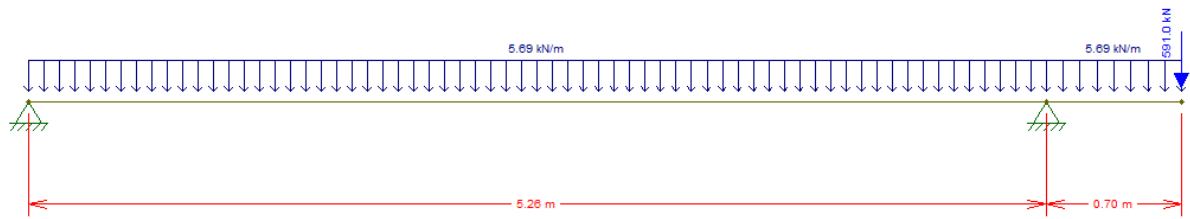


Figura AII.37. Esquema de cálculo da Viga 13.

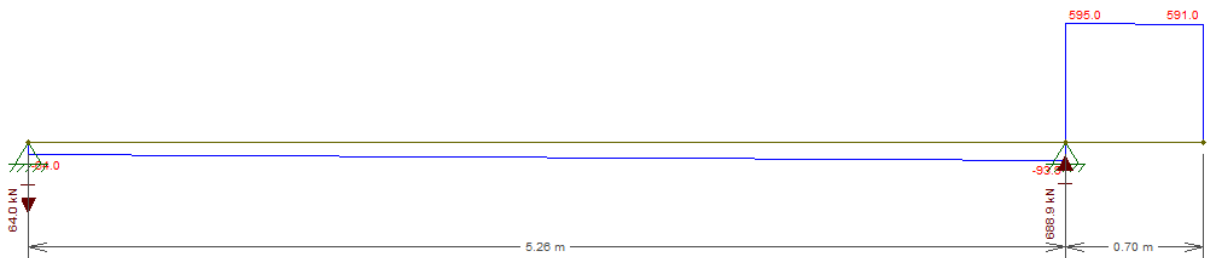


Figura AII.38. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 13.

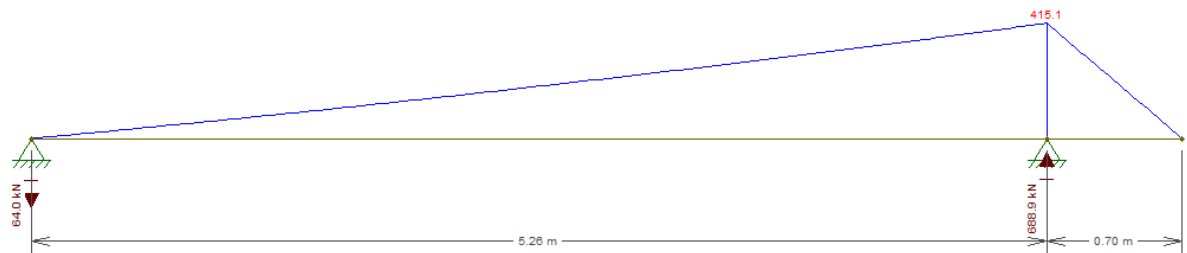


Figura AII.39. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 13.

AII. VIGA 14. P84/P85

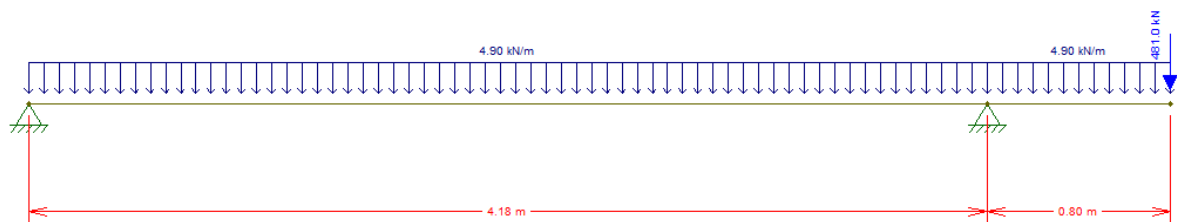


Figura AII.40. Esquema de cálculo da Viga 14.

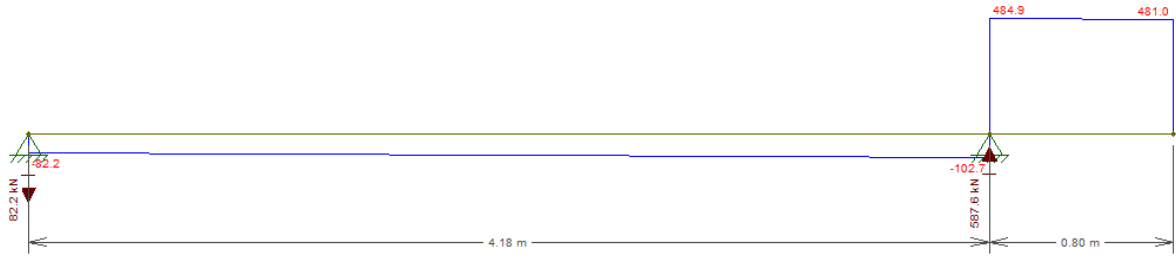


Figura APII.41. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 14.

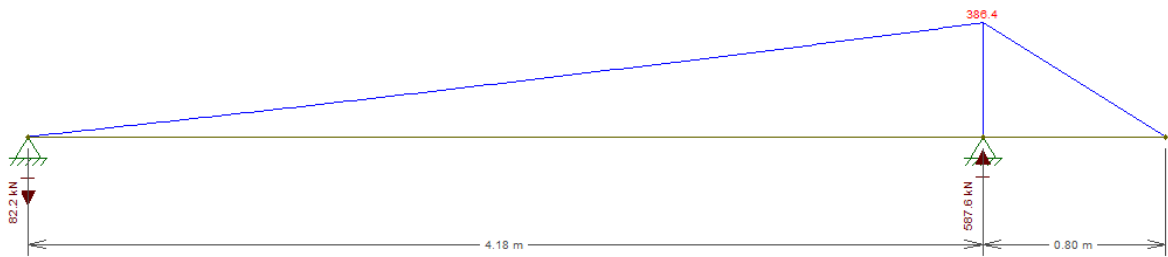


Figura APII.42. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 14.

AII. VIGA 15. P80/P83

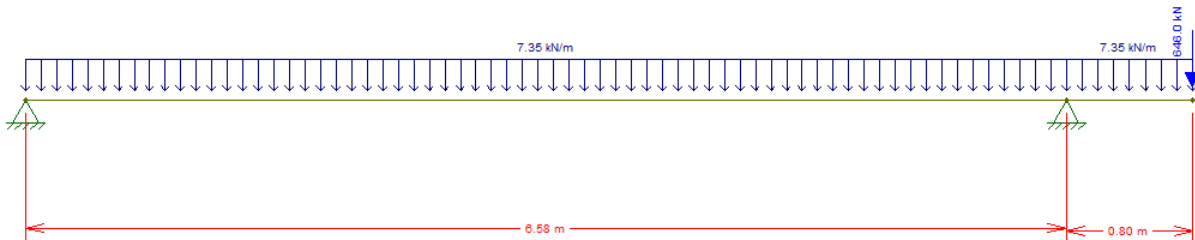


Figura APII.43. Esquema de cálculo da Viga 15.

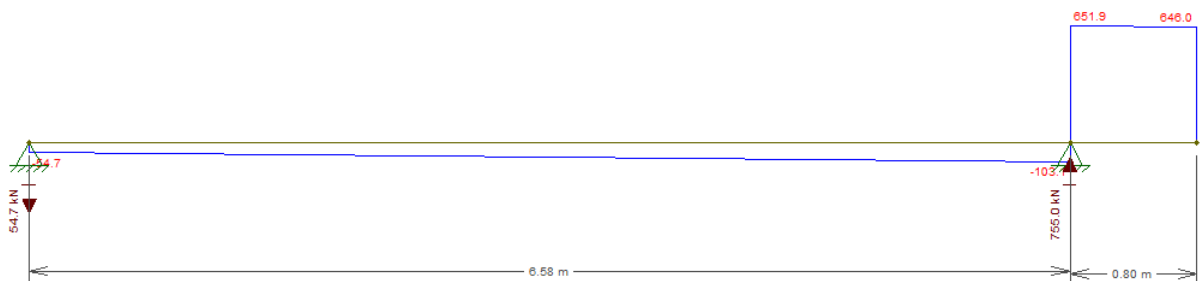


Figura APII.44. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 15.

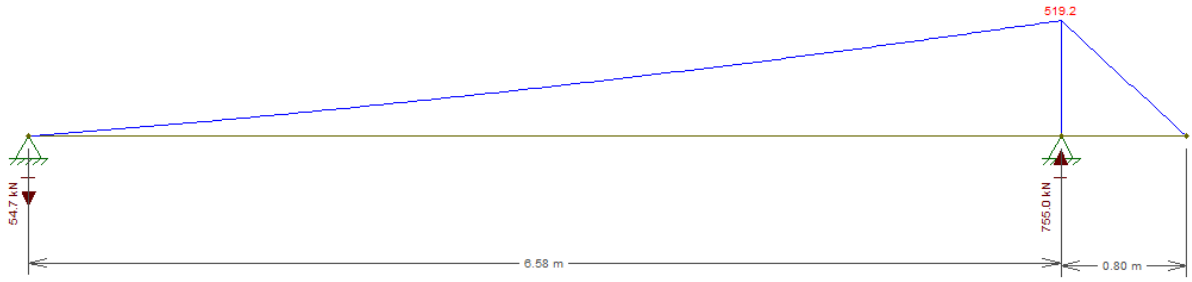


Figura APII.45. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 15.

AII. VIGA 16. P80/P81

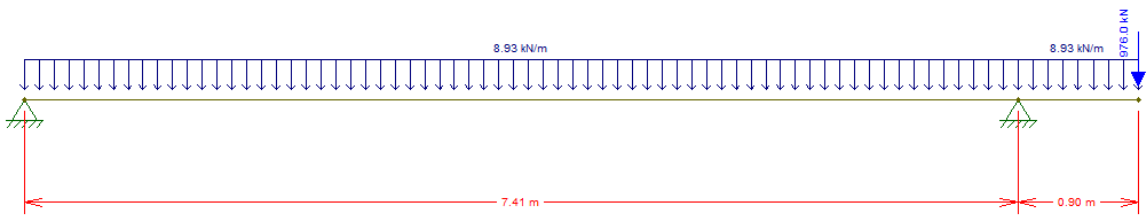


Figura APII.46. Esquema de cálculo da Viga 16.

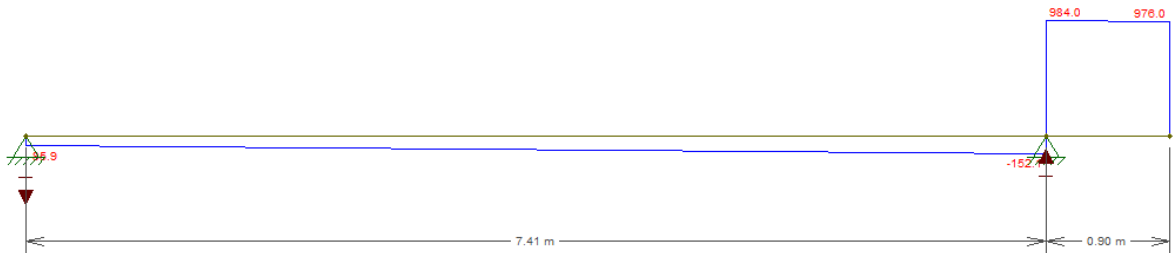


Figura APII.47. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 16.

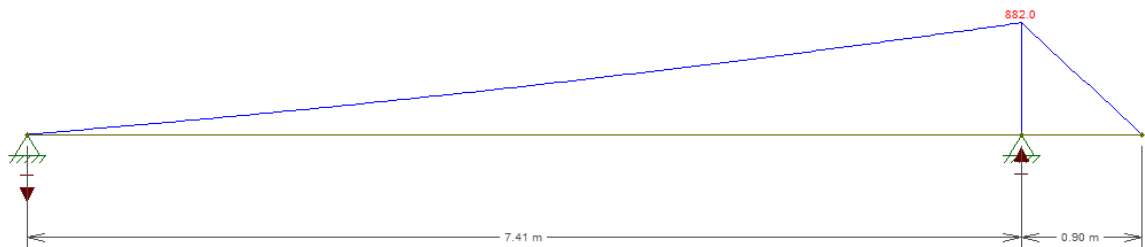


Figura APII.48. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 16.

AII. VIGA 17. P79/P78

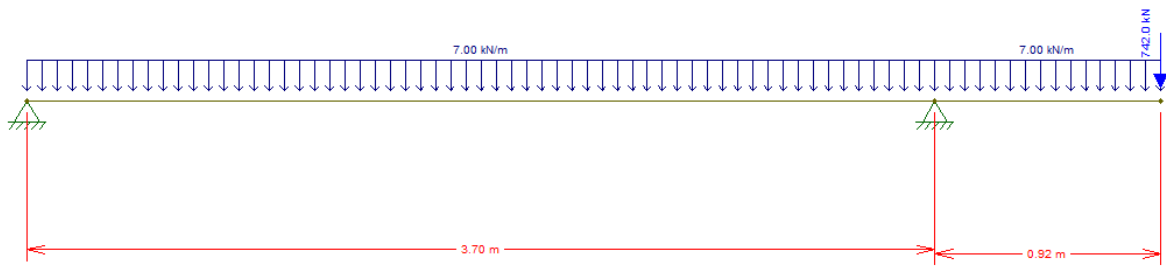


Figura AII.49. Esquema de cálculo da Viga 17.

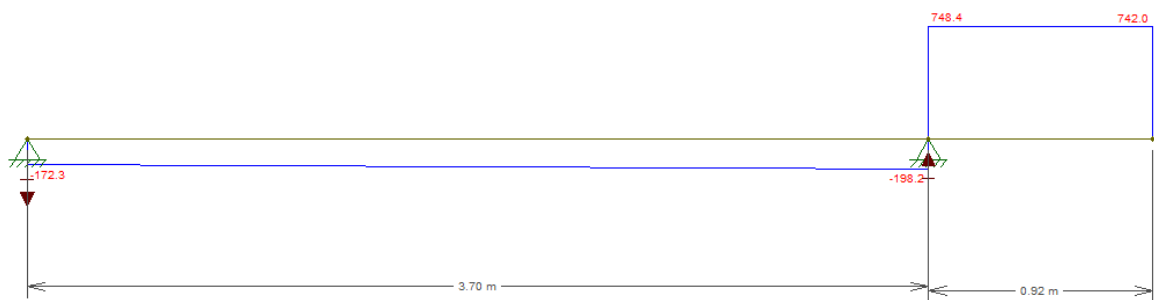


Figura AII.50. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 17.

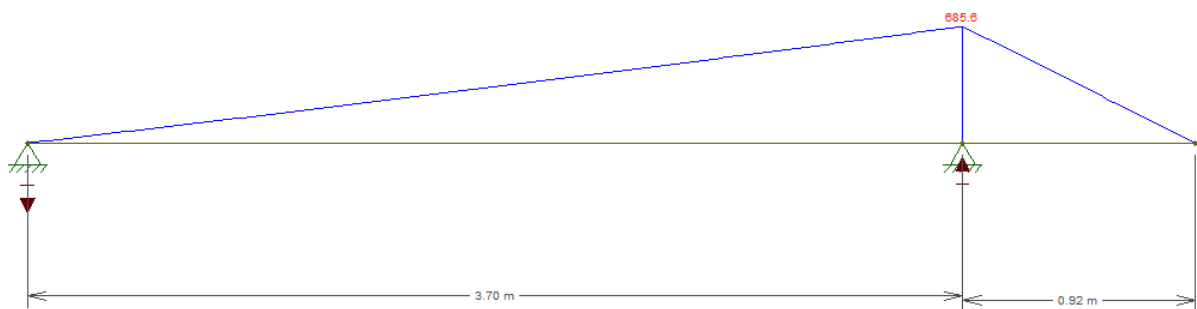


Figura AII.51. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 17.

AII. VIGA 18. P74/P75

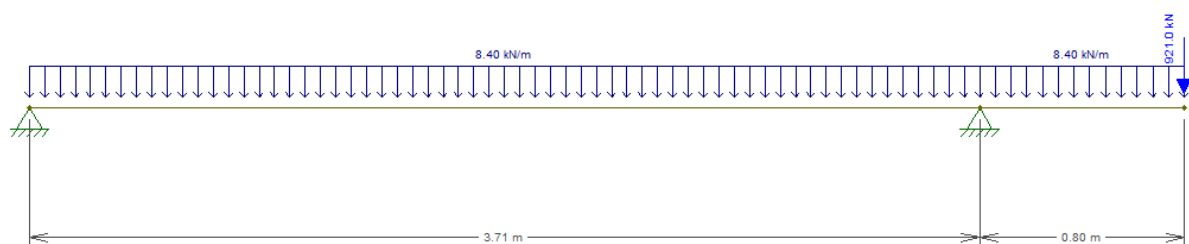


Figura AII.52. Esquema de cálculo da Viga 18.

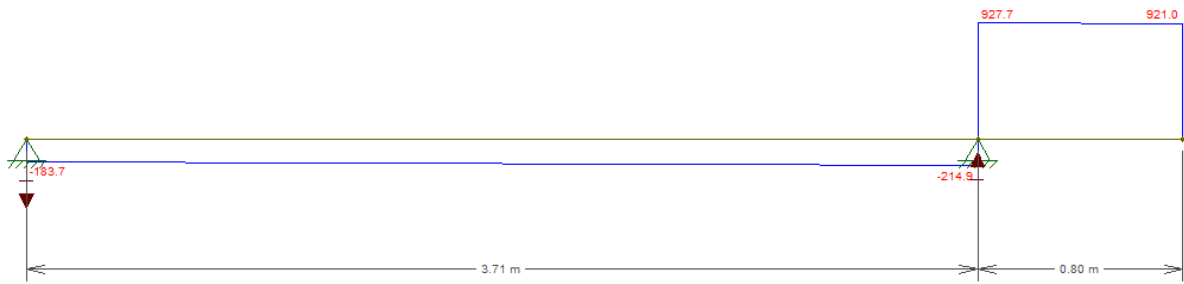


Figura APII.53. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 18.

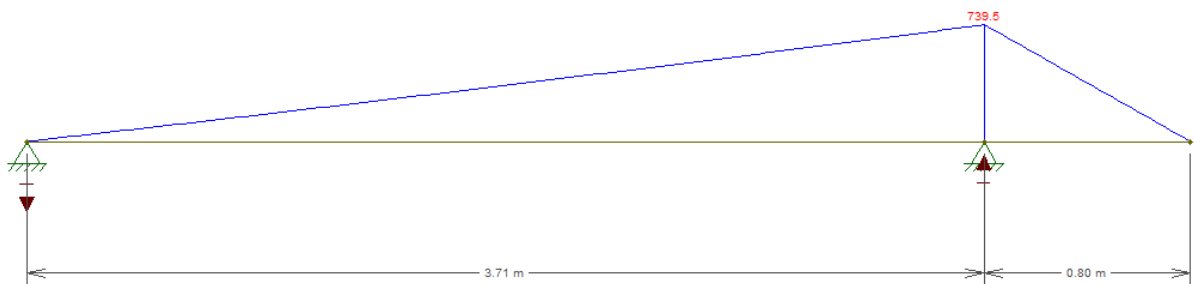


Figura APII.54. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 18.

AII. VIGA 19. P68/P67

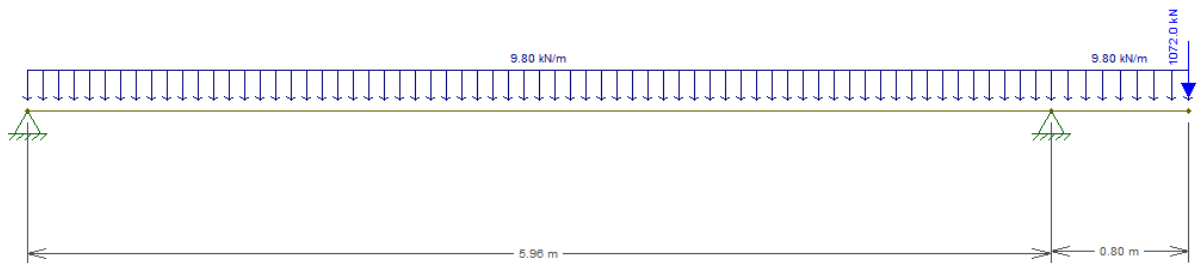


Figura APII.55. Esquema de cálculo da Viga 19.

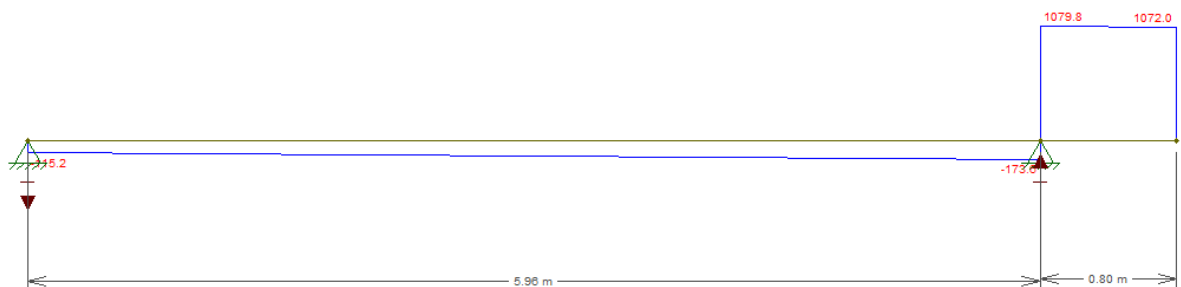


Figura APII.56. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 19.

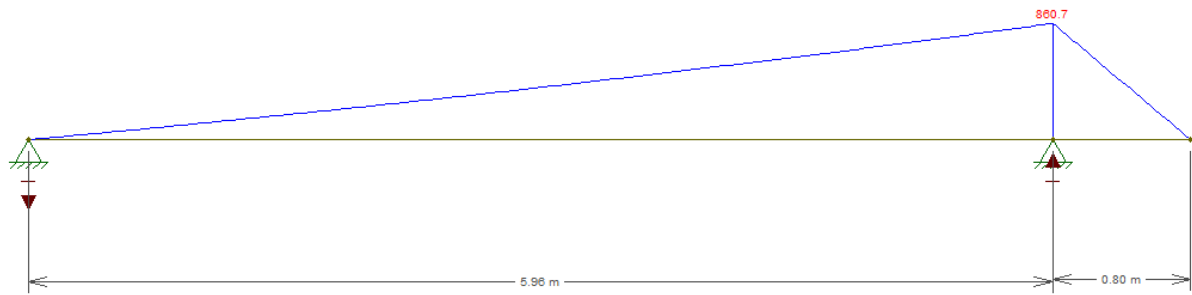


Figura APII.57. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 19.

AII. VIGA 20. P14/P64

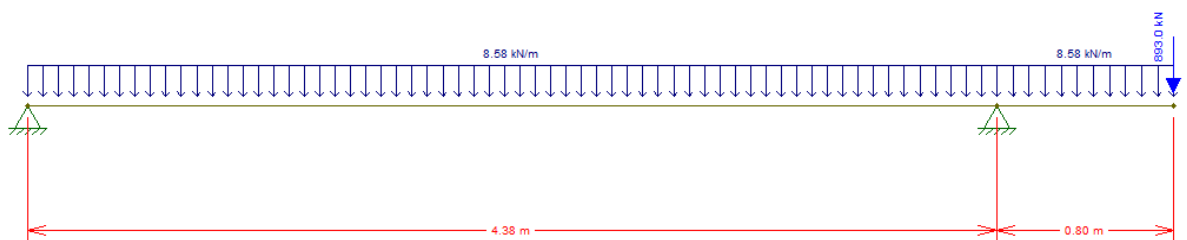


Figura APII.58. Esquema de cálculo da Viga 20.

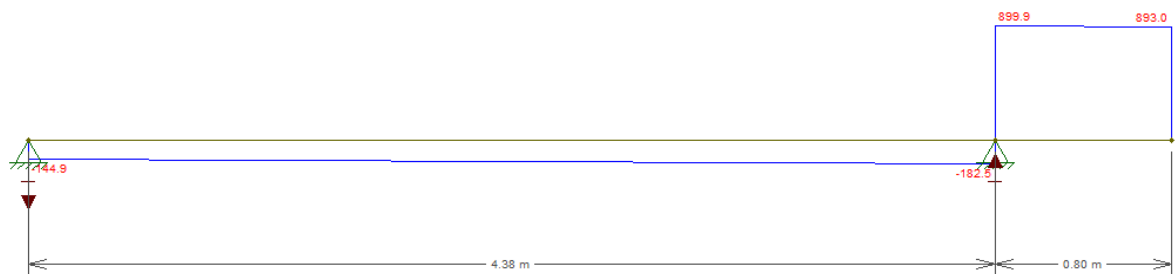


Figura APII.59. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 20.

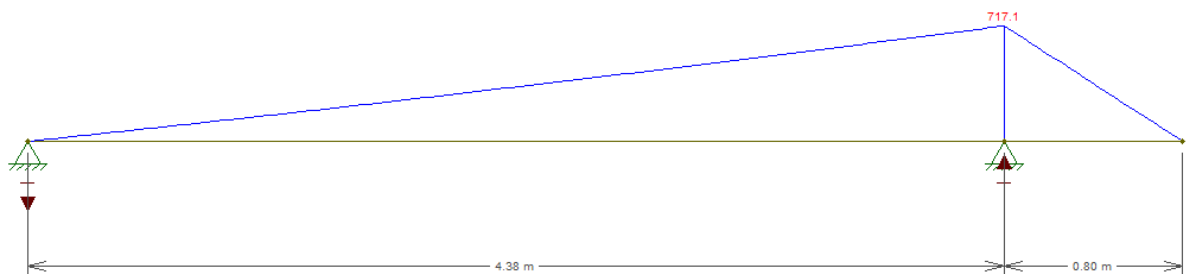


Figura APII.60. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 20.

AII. VIGA 21. P60/P62

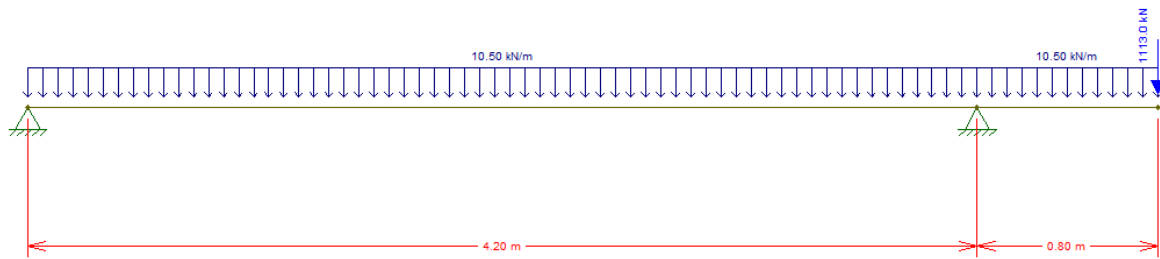


Figura AII.61. Esquema de cálculo da Viga 21.

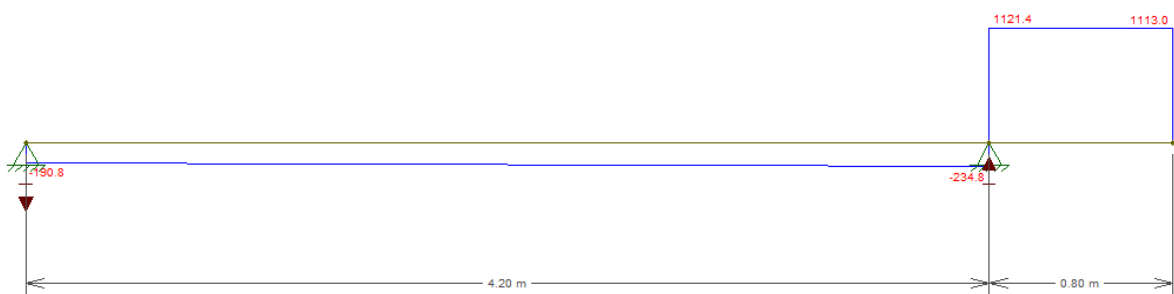


Figura AII.62. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 21.

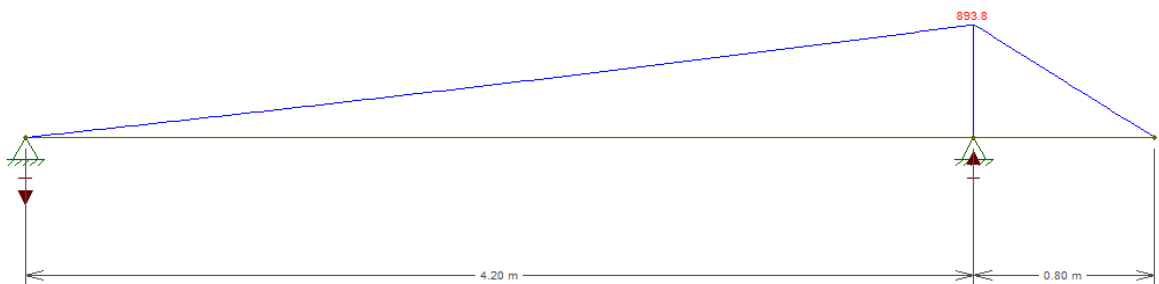


Figura AII.63. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 21.

AII. VIGA 22. P01/P57

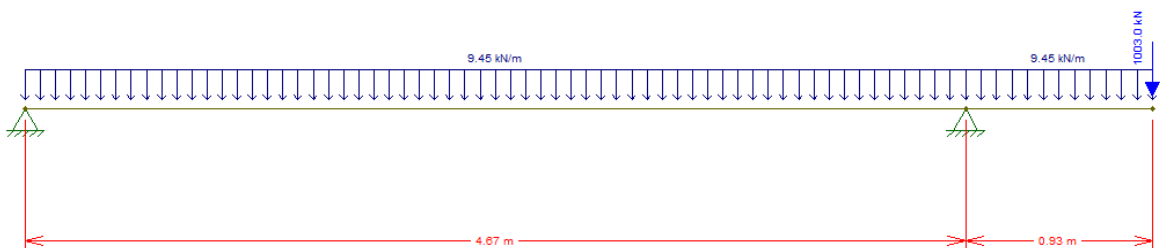


Figura AII.64. Esquema de cálculo da Viga 22.

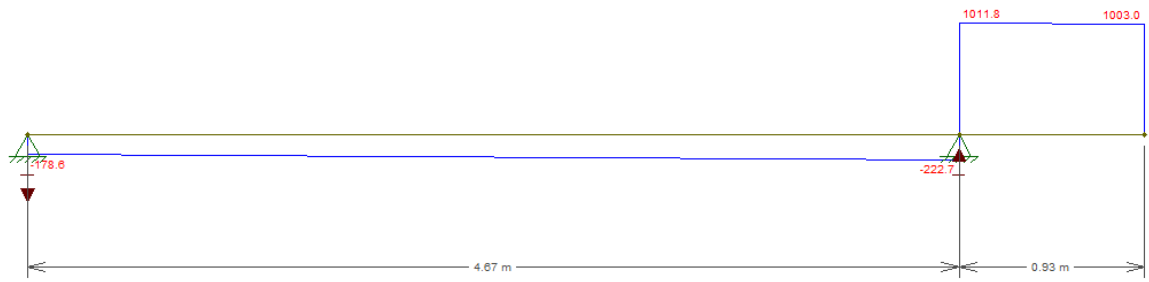


Figura APII.65. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 22.

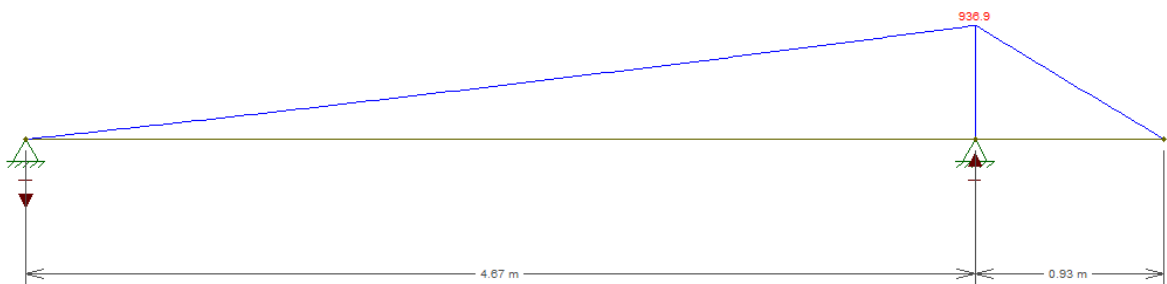


Figura APII.66. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 22.

AII. VIGA 23. P51/P45

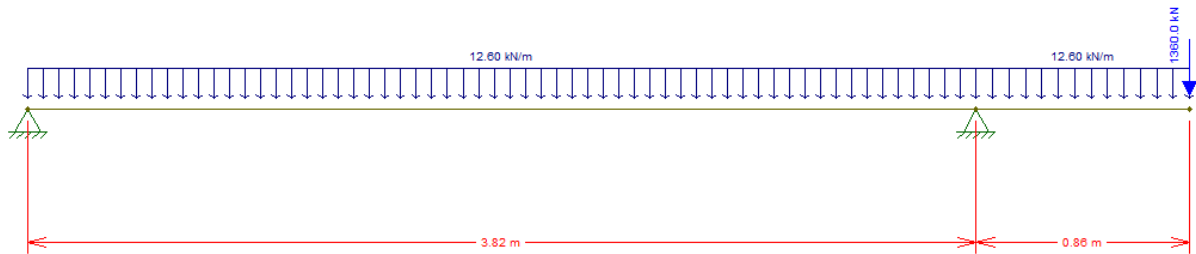


Figura APII.67. Esquema de cálculo da Viga 23.

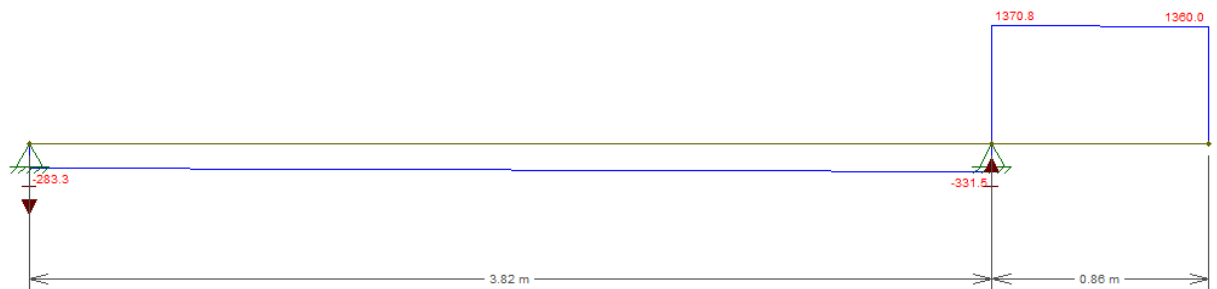


Figura APII.68. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 23.

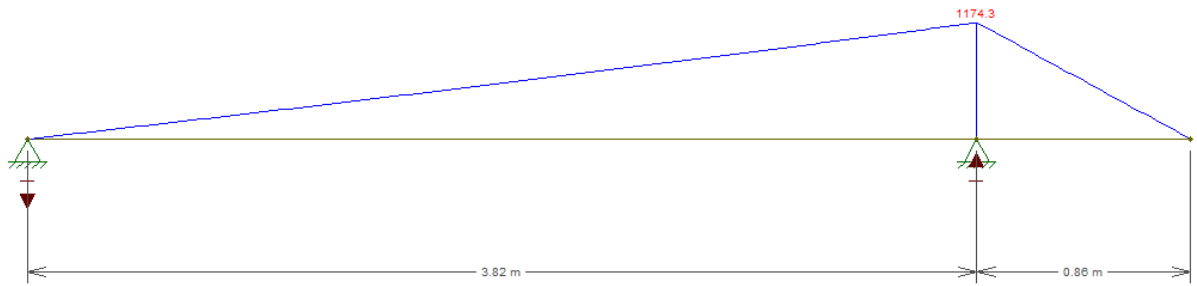


Figura APII.69. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 23.

AII. VIGA 24. P51/P44

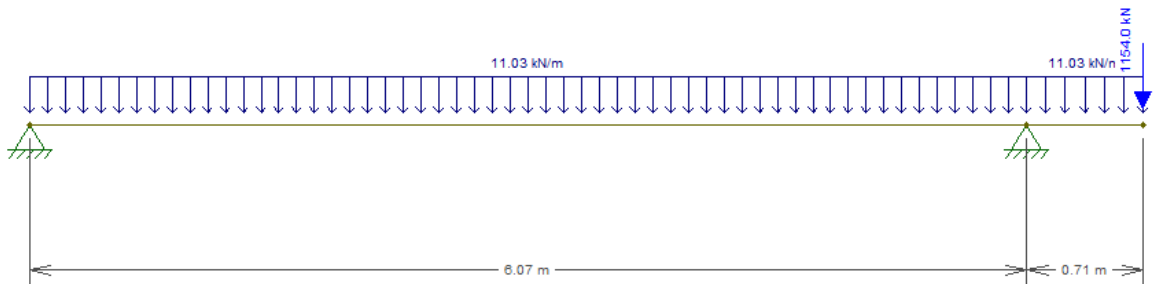


Figura APII.70. Esquema de cálculo da Viga 24.

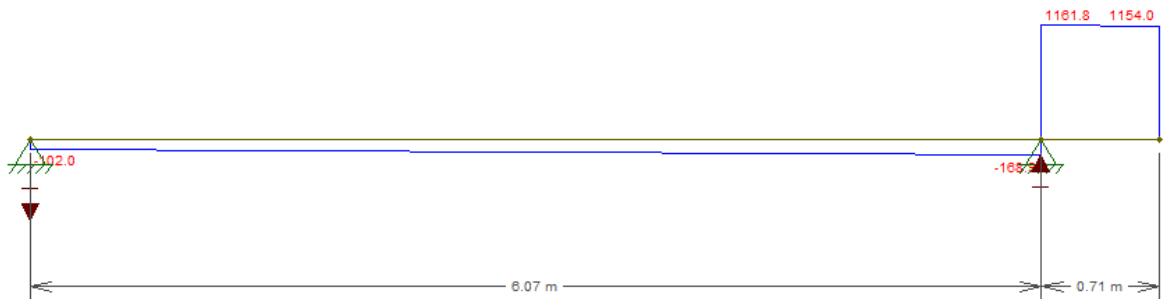


Figura APII.71. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 24.

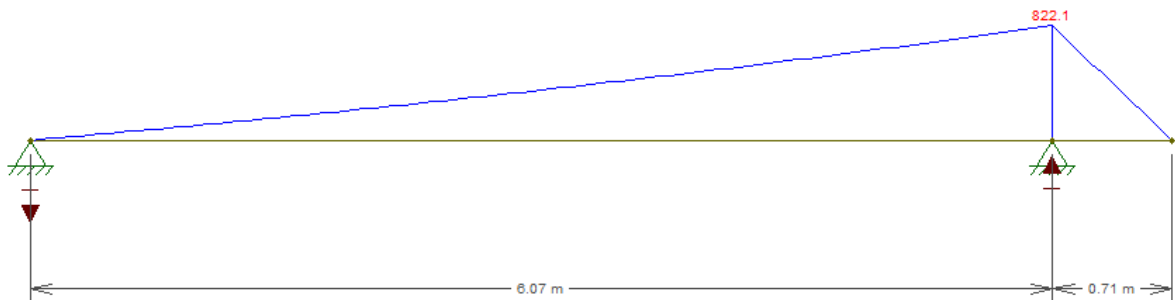


Figura APII.72. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 24.

AII. VIGA 25. P50/P41

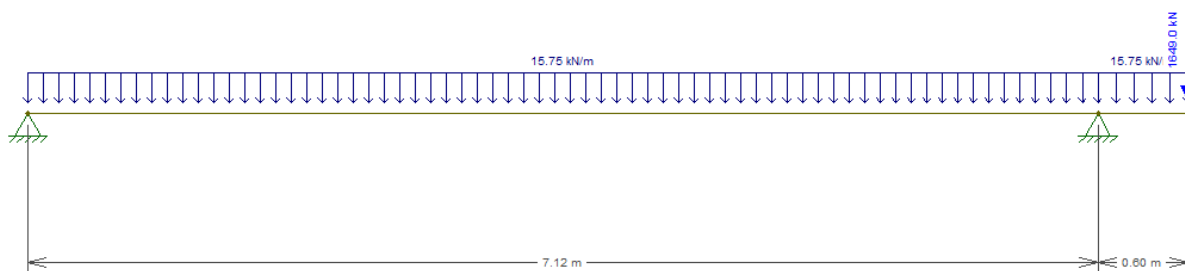


Figura APII.73. Esquema de cálculo da Viga 25.

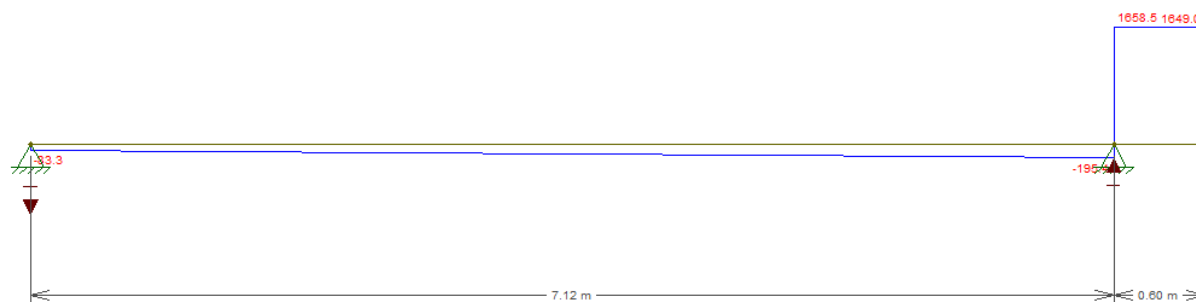


Figura APII.74. Diagrama de esforço cortante (kN) da Viga 25.

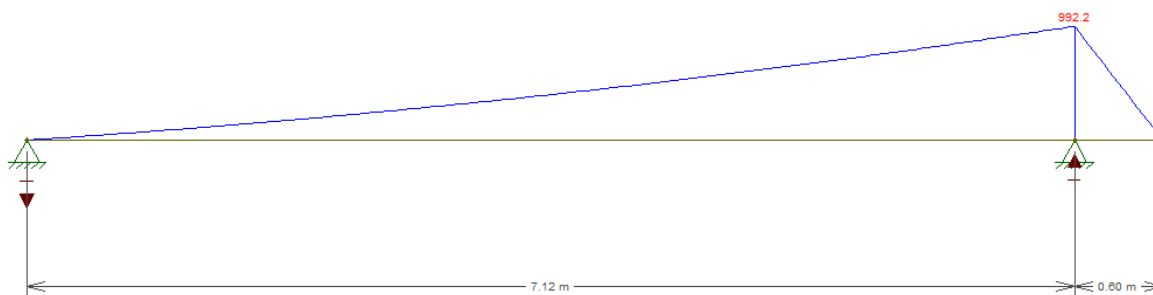


Figura APII.75. Diagrama de momento fletor (kNm) da Viga 25.

X.3.ARMADURA LONGITUDINAL

Tabela APII.6. Verificação do domínio.

Domínio						
VIGAS	X ₂₋₃ (m)	X ₃₋₄ (m)	ε _s '	M _{3,4} (kN.m)	x(m)	Domínio
1	0,13	0,31	2,94E-03	856,81	0,22	D3
2	0,14	0,34	2,88E-03	499,69	0,33	D3
3	0,16	0,40	2,88E-03	680,14	0,33	D3
4	0,14	0,34	2,88E-03	499,69	0,27	D3
5	0,18	0,43	2,93E-03	924,44	0,33	D3
6	0,18	0,43	2,93E-03	792,38	0,32	D3
7	0,18	0,43	2,93E-03	1.188,57	0,36	D3
8	0,20	0,48	2,92E-03	1.016,01	0,39	D3
9	0,18	0,43	2,93E-03	1.188,57	0,36	D3
10	0,18	0,43	2,93E-03	924,44	0,33	D3
11	0,16	0,40	2,88E-03	566,78	0,31	D3
12	0,18	0,43	2,93E-03	792,38	0,33	D3
13	0,15	0,37	2,93E-03	497,09	0,29	D3
14	0,16	0,40	2,88E-03	453,42	0,32	D3
15	0,16	0,40	2,88E-03	680,14	0,27	D3
16	0,20	0,48	2,92E-03	1.016,01	0,40	D3
17	0,19	0,45	2,88E-03	740,29	0,40	D3
18	0,19	0,45	2,88E-03	888,34	0,35	D3
19	0,19	0,45	2,88E-03	1.036,40	0,35	D3
20	0,16	0,40	2,88E-03	793,49	0,34	D3
21	0,18	0,43	2,93E-03	1.056,51	0,34	D3
22	0,21	0,51	2,88E-03	1.124,31	0,39	D3
23	0,19	0,45	2,88E-03	1.332,51	0,38	D3
24	0,16	0,40	2,88E-03	1.020,21	0,29	D3
25	0,14	0,34	2,88E-03	1.249,23	0,25	D3

Tabela APlI.7. Dimensionamento da armadura longitudinal

Dimensionamento da armadura Longitudinal								
$\sigma_{s,d}$ (kPa)	As (m ²)	As min (m ²)	Posição de As	As' (m ²)	As adotado	φ	A φ	Nº barras
					(m ²)	(mm)	(m ²)	
4,35E+05	3,65E-03	4,95E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,65E-03	32,0	8,04E-04	5
4,35E+05	2,76E-03	2,70E-04	Em cima	Mín. construtivo	2,76E-03	25,0	4,91E-04	6
4,35E+05	2,79E-03	3,15E-04	Em cima	Mín. construtivo	2,79E-03	25,0	4,91E-04	6
4,35E+05	2,23E-03	2,70E-04	Em cima	Mín. construtivo	2,23E-03	20,0	3,14E-04	8
4,35E+05	3,25E-03	3,94E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,25E-03	25,0	4,91E-04	7
4,35E+05	2,66E-03	3,38E-04	Em cima	Mín. construtivo	2,66E-03	25,0	4,91E-04	6
4,35E+05	4,55E-03	5,06E-04	Em cima	Mín. construtivo	4,55E-03	32,0	8,04E-04	6
4,35E+05	3,30E-03	3,83E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,30E-03	32,0	8,04E-04	5
4,35E+05	4,56E-03	5,06E-04	Em cima	Mín. construtivo	4,56E-03	32,0	8,04E-04	6
4,35E+05	3,19E-03	3,94E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,19E-03	25,0	4,91E-04	7
4,35E+05	2,16E-03	2,63E-04	Em cima	Mín. construtivo	2,16E-03	25,0	4,91E-04	5
4,35E+05	2,79E-03	3,38E-04	Em cima	Mín. construtivo	2,79E-03	25,0	4,91E-04	6
4,35E+05	2,01E-03	2,44E-04	Em cima	Mín. construtivo	2,01E-03	25,0	4,91E-04	5
4,35E+05	1,76E-03	2,10E-04	Em cima	Mín. construtivo	1,76E-03	20,0	3,14E-04	6
4,35E+05	2,29E-03	3,15E-04	Em cima	Mín. construtivo	2,29E-03	20,0	3,14E-04	8
4,35E+05	3,32E-03	3,83E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,32E-03	32,0	8,04E-04	5
4,35E+05	2,83E-03	3,00E-04	Em cima	Mín. construtivo	2,83E-03	25,0	4,91E-04	6
4,35E+05	2,93E-03	3,60E-04	Em cima	Mín. construtivo	2,93E-03	32,0	8,04E-04	4
4,35E+05	3,41E-03	4,20E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,41E-03	32,0	8,04E-04	5
4,35E+05	3,34E-03	3,68E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,34E-03	25,0	4,91E-04	7
4,35E+05	3,77E-03	4,50E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,77E-03	32,0	8,04E-04	5
4,35E+05	3,30E-03	4,05E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,30E-03	32,0	8,04E-04	5
4,35E+05	4,75E-03	5,40E-04	Em cima	Mín. construtivo	4,75E-03	32,0	8,04E-04	6
4,35E+05	3,69E-03	4,73E-04	Em cima	Mín. construtivo	3,69E-03	32,0	8,04E-04	5
4,35E+05	5,17E-03	6,75E-04	Em cima	Mín. construtivo	5,17E-03	32,0	8,04E-04	7

X.4.ARMADURA TRANSVERSAL

Tabela APII.8. Cálculo da armadura transversal.

Cálculo da armadura transversal						
VIGAS	Vcd	Vsw	Observação	Asw	Asw,min	Asw _{adotado}
	(kN)	(kN)		(cm ² /m)	(cm ² /m)	(cm ² /m)
1	230,85	-59,84	não precisa	0,00	6,16	6,16
1	230,85	981,50	necessita de armadura	28,96	6,16	28,96
2	124,66	-23,82	não precisa	0,00	3,08	3,08
2	124,66	334,38	necessita de armadura	9,14	3,08	9,14
3	145,43	6,69	necessita de armadura	0,16	3,08	3,08
3	145,43	600,20	necessita de armadura	14,06	3,08	14,06
4	124,66	-28,37	não precisa	0,00	3,08	3,08
4	124,66	185,27	necessita de armadura	5,06	3,08	5,06
5	183,14	84,24	necessita de armadura	1,83	3,59	3,59
5	183,14	783,09	necessita de armadura	16,99	3,59	16,99
6	156,98	208,97	necessita de armadura	4,53	3,08	4,53
6	156,98	643,65	necessita de armadura	13,97	3,08	13,97
7	235,46	-5,75	não precisa	0,00	4,62	4,62
7	235,46	1.088,97	necessita de armadura	23,63	4,62	23,63
8	177,75	2,49	necessita de armadura	0,05	3,08	3,08
8	177,75	788,93	necessita de armadura	15,12	3,08	15,12
9	235,46	5,61	necessita de armadura	0,12	4,62	4,62
9	235,46	1.075,09	necessita de armadura	23,33	4,62	23,33
10	183,14	-3,85	não precisa	0,00	3,59	3,59
10	183,14	769,09	necessita de armadura	16,69	3,59	16,69
11	121,19	9,19	necessita de armadura	0,22	2,56	2,56
11	121,19	472,77	necessita de armadura	11,07	2,56	11,07

Cálculo da armadura transversal						
VIGAS	Vcd	Vsw	Observação	Asw	Asw,min	Asw _{adotado}
	(kN)	(kN)		(cm ² /m)	(cm ² /m)	(cm ² /m)
12	156,98	23,64	necessita de armadura	0,51	3,08	3,08
12	156,98	671,65	necessita de armadura	14,57	3,08	14,57
13	113,50	-21,29	não precisa	0,00	2,56	2,56
13	113,50	479,80	necessita de armadura	12,00	2,56	12,00
14	96,96	4,18	necessita de armadura	0,10	2,05	2,05
14	96,96	386,42	necessita de armadura	9,05	2,05	9,05
15	145,43	-44,67	não precisa	0,00	3,08	3,08
15	145,43	504,13	necessita de armadura	11,81	3,08	11,81
16	177,75	-29,06	não precisa	0,00	3,08	3,08
16	177,75	802,84	necessita de armadura	15,38	3,08	15,38
17	138,51	57,22	necessita de armadura	1,17	2,56	2,56
17	138,51	607,41	necessita de armadura	12,45	2,56	12,45
18	166,21	45,68	necessita de armadura	0,94	3,08	3,08
18	166,21	758,48	necessita de armadura	15,54	3,08	15,54
19	193,91	-23,80	não precisa	0,00	3,59	3,59
19	193,91	882,39	necessita de armadura	18,08	3,59	18,08
20	169,67	10,16	necessita de armadura	0,24	3,59	3,59
20	169,67	727,48	necessita de armadura	17,04	3,59	17,04
21	209,30	21,98	necessita de armadura	0,48	4,10	4,10
21	209,30	908,53	necessita de armadura	19,71	4,10	19,71
22	186,99	31,88	necessita de armadura	0,58	3,08	3,08
22	186,99	820,98	necessita de armadura	14,95	3,08	14,95
23	249,31	77,62	necessita de armadura	1,59	4,62	4,62
23	249,31	1.116,98	necessita de armadura	22,89	4,62	22,89
24	218,15	-52,70	não precisa	0,00	4,62	4,62
24	218,15	940,20	necessita de armadura	22,02	4,62	22,02
25	311,64	-120,47	não precisa	0,00	7,69	7,69
25	311,64	1.342,55	necessita de armadura	36,68	7,69	36,68

APENDICE XI. DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS

Os dados iniciais para o dimensionamento dos blocos são estão na tabela AIII.1

Tabela APIII.1. Dados iniciais para o dimensionamento dos blocos.

DADOS INICIAIS									
f_{ck} (MPa) =	25,0	f_{cd} (tf/m ²) =	1820,9	$f_{ct,m}$ (MPa) =	261,5	f_{ctd} (tf/m ²) =	130,8	t (cm) =	20,0
f_{yk} (MPa) =	500,0	f_{yd} (tf/m ²) =	44334,8	$f_{ctk,inf}$ (MPa) =	183,1	α_2 =	0,9	d' (cm) =	10,0

Tabela APIII.2. Dimensionamento inicial do bloco

Elemento	NÚMERO INICIAL DE ESTACAS				DIMENSIONAMENTO INICIAL DO BLOCO							Reações-apoios (tf)				
	Nº estaca	Diam.	L (cm)	Q _{estaca} (tf)	a _p (cm)	b _p (cm)	Pilar	a (cm)	b (cm)	d (cm) (θ=45°)	d (cm) (θ=95°)	Adotado d (m)	Altura h (m)	Q _{bloco} (tf)	50% Alívio	Balanco
1	2	60	150	237	30	60		250	100	67,5	96,4	0,80	0,90	7,9	-8,1	
2	4	60	150	426	30	120		250	250	95,5	136,3	1,15	1,25	27,3		
3	5	60	150	528	35	120		312	312	137,6	196,5	1,65	1,75	59,7		
4	3	60	150	388	35	120		206	206	76,1	108,7	0,90	1,00	7,4		
5	5	60	150	541	35	120		312	312	137,6	196,5	1,65	1,75	59,7		
6	4	60	150	434	30	120		250	250	95,5	136,3	1,15	1,25	27,3		
7	3	60	150	266	30	60		206	206	77,6	110,8	0,90	1,00	7,4	-6,9	
8	5	60	150	618	45	120		312	312	134,1	191,5	1,60	1,70	58,0		
9	5	60	150	654	45	120		312	312	134,1	191,5	1,60	1,70	58,0		
10	6	60	150	704	45	120		400	250	134,1	191,5	1,60	1,70	59,5		
11	5	60	150	642	45	120		312	312	134,1	191,5	1,60	1,70	58,0		
14	3	60	150	393	40	90		206	206	74,6	106,5	0,90	1,00	7,4	-7,4	
15	4	60	150	427	40	90		250	250	91,9	131,3	1,10	1,20	26,3		
17	4	60	150	514	40	90		250	250	91,9	131,3	1,10	1,20	26,3	-7,1	
21	4	60	150	517	30	150		250	250	95,5	136,3	1,15	1,25	27,3		
22	5	60	150	580	45	105		312	312	134,1	191,5	1,60	1,70	58,0		
23	5	60	150	577	40	130		312	312	135,9	194,0	1,60	1,70	58,0		
24	4	60	150	463	45	105		250	250	90,2	128,8	1,05	1,15	25,2		
25	5	60	150	536	30	150		312	312	139,4	199,1	1,65	1,75	59,7		
26	3	60	150	325	30	100		206	206	77,6	110,8	0,90	1,00	7,4		
27	3	60	150	263	30	80		206	206	77,6	110,8	0,90	1,00	7,4		
28	2	60	150	257	25	100		250	100	68,8	98,2	0,80	0,90	7,9		
29	5	60	150	635	45	150		312	312	134,1	191,5	1,60	1,70	58,0		
31	3	60	150	320	40	80		206	206	74,6	106,5	0,90	1,00	7,4		
32	1	50	125	54	20	60		90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	92,0	
33	1	40	125	22	20	60		80	80	-	-	0,55	0,65	1,5	41,8	
34	1	50	125	33	20	60		90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	57,4	
35	2	40	125	88	20	60		205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3	141,6	
36	3	40	125	194	20	80		161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1	-31,6	
37	1	60	150	70	20	60		100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	126,4	
38	1	50	125	69	20	60		90	90	-	-	0,55	0,65	1,8		
39	1	40	125	33	20	60		80	80	-	-	0,55	0,65	1,5	-18,1	
40	1	60	150	58	20	60		100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	119,5	
41	3	40	125	120	20	60		161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1	189,0	
42	2	40	125	107	20	60		205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3		
44	2	40	125	84	30	40		205	80	55,0	78,5	0,65	0,75	4,3	135,7	
45	2	50	150	99	40	60		240	90	65,0	92,8	0,75	0,85	6,4	173,5	
49	3	40	125	168	20	60		161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1		
50	2	40	125	115	20	60		205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3	-4,3	

Elemento	NÚMERO INICIAL DE ESTACAS						DIMENSIONAMENTO INICIAL DO BLOCO										Reações-apoios (tf)	
	Nº estacas	Diam.	L (cm)	Opilar (tf)	ap (cm)	bp (cm)	Forma do Bloco		d (cm) ($\theta=45^\circ$)	d (cm) ($\theta=55^\circ$)	Adotado d (m)	Altura h (m)	Qbloco (tf)	50% Alívio	Balanco			
51	2	40	125	117	20	95	205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3	-19,6				
52	4	40	125	222	20	80	205	205	81,3	116,1	0,95	1,05	15,4	-8,8				
53	3	40	125	96	20	80	161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1		159,3			
54	2	60	150	143	20	95	250	100	70,0	100,0	0,80	0,90	7,9					
55	1	60	150	65	20	60	100	100	-	-	0,55	0,55	2,3					
56	1	60	150	60	20	60	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3					
57	1	60	150	73	20	90	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3		125,8			
59	1	50	125	70	20	90	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8		83,6			
60	2	60	150	245	50	60	250	100	62,5	89,3	0,75	0,85	7,4					
61	2	60	150	262	50	60	250	100	62,5	89,3	0,75	0,85	7,4					
62	3	40	125	81	20	60	161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1		138,3			
63	3	40	150	95	20	60	186	186	80,6	115,1	0,95	1,05	6,4		159,0			
64	2	40	125	65	20	60	205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3		110,3			
65	1	60	150	69	20	60	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3		116,0			
66	2	60	150	220	40	90	250	100	65,0	92,8	0,75	0,85	7,4					
67	1	60	150	78	20	60	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3		127,8			
68	1	60	150	115	20	60	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3		-5,9			
69	1	50	125	71	20	60	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8		-5,5			
70	3	60	150	314	50	100	206	206	71,6	102,3	0,85	0,95	7,1					
71	1	50	125	43	20	60	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8		74,2			
72	2	60	150	153	20	60	250	100	70,0	100,0	0,80	0,90	7,9		-7,8			
73	2	40	125	60	20	60	205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3		103,4			
74	3	40	125	117	20	60	161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1		-9,4			
75	1	60	150	67	20	60	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3		116,5			
76	1	40	125	43	20	60	80	80	-	-	0,55	0,65	1,5		49,8			
77	1	50	125	86	20	138	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8		-3,3			
78	2	40	125	54	20	97	205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3		96,5			
79	2	40	125	112	30	60	205	80	55,0	78,5	0,65	0,75	4,3		-8,8			
80	1	60	150	131	25	60	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3		-7,2			
81	1	60	150	71	20	60	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3		115,8			
82	1	50	125	64	20	65	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8					
83	1	50	125	47	20	60	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8		77,0			
84	1	40	125	55	20	60	80	80	-	-	0,55	0,65	1,5		-4,2			
85	1	50	125	35	20	60	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8		59,9			
201	2	50	125	107	75	75	215	90	43,8	62,5	0,50	0,60	4,1		59,9			
202	3	40	125	132	75	75	161	161	49,7	70,9	0,60	0,70	3,2					

Tabela APIII.3. Análise dos esforços e dimensões.

ANÁLISE DOS ESFORÇOS E DIMENSÕES							
Elemento	$Q_{pil.ier}$ (tf)	Nº estacas	Diam	$Q_{pil.ier} + Q_{blo.cca} + R_{vis.}$ (tf)	Situação do Bloco	Nº estacas	Diam (cm)
1	237	2	60	236	ok	2	60
2	426	4	60	454	ok	4	60
3	528	5	60	588	ok	5	60
4	388	3	60	396	Redimensional	4	60
5	541	5	60	601	ok	5	60
6	434	4	60	462	ok	4	60
7	266	3	60	267	ok	3	60
8	618	5	60	676	Redimensional	6	60
9	654	5	60	712	Redimensional	6	60
10	704	6	60	764	ok	6	60
11	642	5	60	700	Redimensional	6	60
14	393	3	60	394	Redimensional	4	60
15	427	4	60	454	ok	4	60
17	514	4	60	534	Redimensional	5	60
21	517	4	60	545	Redimensional	5	60
22	580	5	60	638	ok	5	60
23	577	5	60	635	ok	5	60
24	463	4	60	489	ok	4	60
25	536	5	60	596	ok	5	60
26	325	3	60	333	ok	3	60
27	263	3	60	271	ok	3	60
28	257	2	60	265	Redimensional	3	60
29	635	5	60	693	Redimensional	6	60
31	320	3	60	328	ok	3	60
32	54	1	50	94	ok	1	50
33	22	1	40	44	ok	1	40
34	33	1	50	60	ok	1	50
35	88	2	40	146	Redimensional	3	40
36	194	3	40	167	ok	3	40
37	70	1	60	129	ok	1	60
38	69	1	50	71	ok	1	50
39	33	1	40	17	ok	1	40
40	58	1	60	122	ok	1	60
41	120	3	40	194	Redimensional	4	40
42	107	2	40	112	ok	2	40
44	84	2	40	140	Redimensional	3	40
45	99	2	50	180	ok	2	50
49	168	3	40	173	ok	3	40
50	115	2	40	116	ok	2	40

ANÁLISE DOS ESFORÇOS E DIMENSÕES							
Elemento	Q_{Pilar} (tf)	Nº estacas	Diam	$Q_{\text{Pilar}} + Q_{\text{Bloco}} + R_{\text{Viga}}$ (tf)	Situação do Bloco	Nº estacas	Diam (cm)
51	117	2	40	102	ok	2	40
52	222	4	40	229	ok	4	40
53	96	3	40	164	ok	3	40
54	143	2	60	151	ok	2	60
55	65	1	60	68	ok	1	60
56	60	1	60	63	ok	1	60
57	73	1	60	129	ok	1	60
59	70	1	50	86	ok	1	50
60	245	2	60	243	ok	2	60
61	262	2	60	260	ok	2	60
62	81	3	40	143	ok	3	40
63	95	3	40	166	ok	3	40
64	65	2	40	115	ok	2	40
65	69	1	60	119	ok	1	60
66	220	2	60	228	ok	2	60
67	78	1	60	131	ok	1	60
68	115	1	60	112	ok	1	60
69	71	1	50	68	ok	1	50
70	314	3	60	322	ok	3	60
71	43	1	50	77	ok	1	50
72	153	2	60	154	ok	2	60
73	60	2	40	108	ok	2	40
74	117	3	40	112	ok	3	40
75	67	1	60	119	ok	1	60
76	43	1	40	52	ok	1	40
77	86	1	50	85	ok	1	50
78	54	2	40	101	ok	2	40
79	112	2	40	108	ok	2	40
80	131	1	60	127	ok	1	60
81	71	1	60	119	ok	1	60
82	64	1	50	66	ok	1	50
83	47	1	50	79	ok	1	50
84	55	1	40	53	ok	1	40
85	35	1	50	62	ok	1	50
201	107	2	50	64	ok	2	50
202	132	3	40	136	ok	3	40

Tabela APIII.4. Redimensionamento dos blocos

REDIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS "PROBLEMÁTICOS"										
Elemento	Forma do Bloco a [cm] b [cm]		d [cm] ($\theta=45^\circ$)	d [cm] ($\theta=55^\circ$)	Adotado d [m]	Altura h [m]	Q_{bloco} (tf)	$Q_{pilar} + Q_{bloco} +$ n_{visc} (tf)	Nº estacas	Situação do Bloco
1	250	100	67,5	96,4	0,80	0,90	7,9	236	2	ok
2	250	250	95,5	136,3	1,15	1,25	27,3	454	4	ok
3	312	312	137,6	196,5	1,65	1,75	59,7	588	5	ok
4	250	250	93,7	133,8	1,10	1,20	26,3	415	4	ok
5	312	312	137,6	196,5	1,65	1,75	59,7	601	5	ok
6	250	250	95,5	136,3	1,15	1,25	27,3	462	4	ok
7	206	206	77,6	110,8	0,90	1,00	7,4	267	3	ok
8	400	250	134,1	191,5	1,60	1,70	59,5	678	6	ok
9	400	250	134,1	191,5	1,60	1,70	59,5	714	6	ok
10	400	250	134,1	191,5	1,60	1,70	59,5	764	6	ok
11	400	250	134,1	191,5	1,60	1,70	59,5	702	6	ok
14	250	250	91,9	131,3	1,10	1,20	26,3	412	4	ok
15	250	250	91,9	131,3	1,10	1,20	26,3	454	4	ok
17	312	312	135,9	194,0	1,60	1,70	58,0	565	5	ok
21	312	312	139,4	199,1	1,65	1,75	59,7	577	5	ok
22	312	312	134,1	191,5	1,60	1,70	58,0	638	5	ok
23	312	312	135,9	194,0	1,60	1,70	58,0	635	5	ok
24	250	250	90,2	128,8	1,05	1,15	25,2	489	4	ok
25	312	312	139,4	199,1	1,65	1,75	59,7	596	5	ok
26	206	206	77,6	110,8	0,90	1,00	7,4	333	3	ok
27	206	206	77,6	110,8	0,90	1,00	7,4	271	3	ok
28	206	206	79,1	113,0	0,95	1,05	7,8	265	3	ok
29	400	250	134,1	191,5	1,60	1,70	59,5	695	6	ok
31	206	206	74,6	106,5	0,90	1,00	7,4	328	3	ok
32	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	94	1	ok
33	80	80	-	-	0,55	0,65	1,5	44	1	ok
34	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	60	1	ok
35	161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1	146	3	ok
36	161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1	167	3	ok
37	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	129	1	ok
38	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	71	1	ok
39	80	80	-	-	0,55	0,65	1,5	17	1	ok
40	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	122	1	ok
41	205	205	81,3	116,1	0,95	1,05	15,4	205	4	ok
42	205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3	112	2	ok
44	161	161	63,2	90,2	0,75	0,85	3,9	140	3	ok
45	240	90	65,0	92,8	0,75	0,85	6,4	180	2	ok
49	161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1	173	3	ok
50	205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3	116	2	ok

REDIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS "PROBLEMÁTICOS"										
Elemento	Forma do Bloco		d (cm) ($\theta = 45^\circ$)	d (cm) ($\theta = 55^\circ$)	Adotado d (m)	Altura h (m)	Q _{bloco} (tf)	Q _{pilar} + Q _{bloco} + Q _{ruia} (tf)	N ^o estacas	Situação do Bloco
	a (cm)	b (cm)								
51	205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3	102	2	ok
52	205	205	81,3	116,1	0,95	1,05	15,4	229	4	ok
53	161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1	164	3	ok
54	250	100	70,0	100,0	0,80	0,90	7,9	151	2	ok
55	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	68	1	ok
56	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	63	1	ok
57	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	129	1	ok
59	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	86	1	ok
60	250	100	62,5	89,3	0,75	0,85	7,4	243	2	ok
61	250	100	62,5	89,3	0,75	0,85	7,4	260	2	ok
62	161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1	143	3	ok
63	186	186	80,6	115,1	0,95	1,05	6,4	166	3	ok
64	205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3	115	2	ok
65	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	119	1	ok
66	250	100	65,0	92,8	0,75	0,85	7,4	228	2	ok
67	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	131	1	ok
68	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	112	1	ok
69	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	68	1	ok
70	206	206	71,6	102,3	0,85	0,95	7,1	322	3	ok
71	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	77	1	ok
72	250	100	70,0	100,0	0,80	0,90	7,9	154	2	ok
73	205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3	108	2	ok
74	161	161	66,2	94,5	0,80	0,90	4,1	112	3	ok
75	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	119	1	ok
76	80	80	-	-	0,55	0,65	1,5	52	1	ok
77	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	85	1	ok
78	205	80	57,5	82,1	0,65	0,75	4,3	101	2	ok
79	205	80	55,0	78,5	0,65	0,75	4,3	108	2	ok
80	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	127	1	ok
81	100	100	-	-	0,55	0,65	2,3	119	1	ok
82	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	66	1	ok
83	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	79	1	ok
84	80	80	-	-	0,55	0,65	1,5	53	1	ok
85	90	90	-	-	0,55	0,65	1,8	62	1	ok
201	215	90	43,8	62,5	0,50	0,60	4,1	64	2	ok
202	161	161	49,7	70,9	0,60	0,70	3,2	136	3	ok

Tabela APIII.5.

Verificações das tensões e área de aço.

Elemento	θ		Rtt	Tensões nas bielas		R _{ort}	σ _{capilar} < 1,4 f _{cd} σ _{construcc} 0,85 f _{cd}		A _{rt} (cm ²)	A _{sm_{rt}} (cm ²)	Situação	A _{rt} (cm ²)	N° de Barras	A _{rt} (cm ²)	N° de Barras	A _{rt} (cm ²)	N° de Barras
	(rad)	(graus)		σ _{capilar}	σ _{construcc}		ok	ok									
1	0,870	49,8°	-	118,0	2245	ok	714	ok	22,5	6,3	calculado	4,90	5	9,0	1,13	8	
2	0,878	50,3°	-	113,5	1065	ok	678	ok	21,3	9,6	calculado	4,90	5	12,5	1,13	12	
3	0,876	50,1°	-	117,6	950	ok	705	ok	22,1	13,4	calculado	4,90	5	17,5	1,13	16	
4	0,865	49,5°	-	103,8	852	ok	633	ok	19,9	7,7	calculado	4,90	5	12,0	1,13	11	
5	0,876	50,1°	-	120,2	971	ok	721	ok	22,6	13,4	calculado	4,90	5	17,5	1,13	16	
6	0,878	50,3°	-	115,5	1084	ok	690	ok	21,6	9,6	calculado	4,90	5	12,5	1,13	12	
7	0,859	48,2°	-	89,0	1724	ok	549	ok	17,3	7,7	calculado	4,90	4	10,0	1,13	9	
8	0,873	50°	-	113,0	712	ok	680	ok	21,4	13,0	calculado	4,90	5	17,0	1,13	16	
9	0,873	50°	-	119,0	750	ok	716	ok	22,5	13,0	calculado	4,90	5	17,0	1,13	16	
10	0,873	50°	-	127,3	803	ok	767	ok	24,1	13,0	calculado	4,90	5	17,0	1,13	16	
11	0,873	50°	-	117,0	738	ok	704	ok	22,1	13,0	calculado	4,90	5	17,0	1,13	16	
14	0,875	50,1°	-	103,0	972	ok	619	ok	19,4	7,7	calculado	4,90	4	12,0	1,13	11	
15	0,875	50,1°	-	113,5	1071	ok	662	ok	21,4	9,2	calculado	4,90	5	12,0	1,13	11	
17	0,867	49,6°	-	113,0	1080	ok	688	ok	21,6	9,2	calculado	4,90	5	17,0	1,13	16	
21	0,869	49,8°	-	115,4	879	ok	639	ok	22,0	9,6	calculado	4,90	5	17,5	1,13	16	
22	0,873	50°	-	127,6	919	ok	768	ok	24,1	13,0	calculado	4,90	5	17,0	1,13	16	
23	0,867	49,6°	-	127,0	841	ok	773	ok	24,3	13,0	calculado	4,90	5	17,0	1,13	16	
24	0,861	49,3°	-	122,3	899	ok	751	ok	23,7	8,8	calculado	4,90	5	11,5	1,13	11	
25	0,869	49,8°	-	119,2	908	ok	722	ok	22,7	13,4	calculado	4,90	5	17,5	1,13	16	
26	0,859	49,2°	-	111,0	1290	ok	684	ok	21,6	7,7	calculado	4,90	5	10,0	1,13	9	
27	0,859	49,2°	-	90,3	1312	ok	557	ok	17,6	7,7	calculado	4,90	4	10,0	1,13	9	
28	0,876	50,2°	-	88,3	1197	ok	529	ok	16,6	6,9	calculado	4,90	4	10,5	1,13	10	
29	0,873	50°	-	115,8	584	ok	637	ok	21,9	13,0	calculado	4,90	5	17,0	1,13	16	
31	0,879	50,3°	-	109,3	1153	ok	652	ok	20,4	7,7	calculado	4,90	5	10,0	1,13	9	
32	-	-	15,8	94,0	-	-	-	-	3,6	4,1	min	4,90	1	5,9	1,13	6	
33	-	-	6,2	44,0	-	-	-	-	1,4	3,3	min	4,90	1	5,2	1,13	5	
34	-	-	10,1	60,0	-	-	-	-	2,3	4,1	min	4,90	1	5,9	1,13	6	
35	0,880	50,4°	-	48,7	1366	ok	652	ok	9,1	3,8	calculado	4,90	2	7,2	1,13	7	
36	0,880	50,4°	-	55,7	1172	ok	746	ok	10,4	4,6	calculado	4,90	3	7,2	1,13	7	
37	-	-	24,1	129,0	-	-	-	-	5,4	5,0	calculado	4,90	2	6,5	1,13	6	
38	-	-	11,9	71,0	-	-	-	-	2,7	4,1	min	4,90	1	5,9	1,13	6	
39	-	-	2,4	17,0	-	-	-	-	0,5	3,3	min	4,90	1	5,2	1,13	5	
40	-	-	22,8	122,0	-	-	-	-	5,1	5,0	calculado	4,90	2	6,5	1,13	6	
41	0,863	49,4°	-	51,3	1480	ok	707	ok	9,9	4,6	calculado	4,90	3	8,4	1,13	8	
42	0,847	48,5°	-	56,0	1664	ok	794	ok	11,2	3,8	calculado	4,90	3	6,0	1,13	6	
44	0,871	49,8°	-	46,7	1330	ok	635	ok	8,9	3,8	calculado	4,90	2	6,8	1,13	7	
45	0,857	49°	-	90,0	1313	ok	803	ok	17,6	5,4	calculado	4,90	4	7,7	1,13	7	
49	0,880	50,4°	-	57,7	1619	ok	773	ok	10,8	4,6	calculado	4,90	3	7,2	1,13	7	
50	0,847	48,5°	-	58,0	1723	ok	823	ok	11,6	3,8	calculado	4,90	3	6,0	1,13	6	

Elemento	θ		Rtt	Tensões nas bielas			R _{ext}	σ _{capilar} < 1,4 f _{cd} σ _{compresão} 0,85 f _{cd}	A _{rt} (cm ²)	A _{s_{min}} (cm ²)	Situação	A _{rt} (cm ²)	N° de Barras	A _{rt,aple} (cm ²)	A _{rt} (cm ²)	N° de Barras
	(rad)	(graus)		σ _{capilar} < 1,4 f _{cd} σ _{compresão} 0,85 f _{cd}												
				ok	ok											
51	0,847	48,5'	-	51,0	957	ok	723	ok	10,2	3,8	calculado	4,90	3	6,0	1,13	6
52	0,863	49,4'	-	57,3	1240	ok	789	ok	11,1	5,4	calculado	4,90	3	8,4	1,13	8
53	0,880	50,4'	-	54,7	1151	ok	733	ok	10,2	4,6	calculado	4,90	3	7,2	1,13	7
54	0,852	48,8'	-	75,5	1403	ok	471	ok	14,9	6,9	calculado	4,90	4	9,0	1,13	8
55	-	-	12,7	68,0	-	-	-	-	2,9	5,0	min	4,90	2	6,5	1,13	6
56	-	-	11,8	63,0	-	-	-	-	2,7	5,0	min	4,90	2	6,5	1,13	6
57	-	-	24,1	129,0	-	-	-	-	5,4	5,0	calculado	4,90	2	6,5	1,13	6
59	-	-	14,4	86,0	-	-	-	-	3,3	4,1	min	4,90	1	5,9	1,13	6
60	0,876	50,1'	-	121,5	1373	ok	728	ok	22,8	6,5	calculado	4,90	5	8,5	1,13	8
61	0,876	50,1'	-	130,0	1469	ok	779	ok	24,4	6,5	calculado	4,90	5	8,5	1,13	8
62	0,880	50,4'	-	47,7	1338	ok	639	ok	8,9	4,6	calculado	4,90	2	7,2	1,13	7
63	0,867	49,6'	-	55,3	1586	ok	757	ok	10,6	5,4	calculado	4,90	3	8,4	1,13	8
64	0,847	48,5'	-	57,5	1708	ok	816	ok	11,5	3,8	calculado	4,90	3	6,0	1,13	6
65	-	-	22,2	119,0	-	-	-	-	5,0	5,0	calculado	4,90	2	6,5	1,13	6
66	0,857	49'	-	114,0	1109	ok	706	ok	22,3	6,5	calculado	4,90	5	8,5	1,13	8
67	-	-	24,5	131,0	-	-	-	-	5,5	5,0	calculado	4,90	2	6,5	1,13	6
68	-	-	20,9	112,0	-	-	-	-	4,7	5,0	min	4,90	2	6,5	1,13	6
69	-	-	11,4	68,0	-	-	-	-	2,6	4,1	min	4,90	1	5,9	1,13	6
70	0,871	49,8'	-	107,3	734	ok	649	ok	20,4	7,3	calculado	4,90	5	9,5	1,13	9
71	-	-	12,9	77,0	-	-	-	-	2,9	4,1	min	4,90	1	5,9	1,13	6
72	0,852	48,8'	-	77,0	2266	ok	481	ok	15,2	6,9	calculado	4,90	4	9,0	1,13	8
73	0,847	48,5'	-	54,0	1604	ok	766	ok	10,8	3,8	calculado	4,90	3	6,0	1,13	6
74	0,880	50,4'	-	37,3	1048	ok	500	ok	7,0	4,6	calculado	4,90	2	7,2	1,13	7
75	-	-	22,2	119,0	-	-	-	-	5,0	5,0	calculado	4,90	2	6,5	1,13	6
76	-	-	7,3	52,0	-	-	-	-	1,6	3,3	min	4,90	1	5,2	1,13	5
77	-	-	14,3	85,0	-	-	-	-	3,2	4,1	min	4,90	1	5,9	1,13	6
78	0,847	48,5'	-	50,5	928	ok	716	ok	10,1	3,8	calculado	4,90	3	6,0	1,13	6
79	0,869	49,7'	-	54,0	1030	ok	737	ok	10,3	3,8	calculado	4,90	3	6,0	1,13	6
80	-	-	20,7	127,0	-	-	-	-	4,7	5,0	min	4,90	2	6,5	1,13	6
81	-	-	22,2	119,0	-	-	-	-	5,0	5,0	calculado	4,90	2	6,5	1,13	6
82	-	-	11,1	66,0	-	-	-	-	2,5	4,1	min	4,90	1	5,9	1,13	6
83	-	-	13,3	79,0	-	-	-	-	3,0	4,1	min	4,90	1	5,9	1,13	6
84	-	-	7,4	53,0	-	-	-	-	1,7	3,3	min	4,90	1	5,2	1,13	5
85	-	-	10,4	62,0	-	-	-	-	2,3	4,1	min	4,90	1	5,9	1,13	6
201	0,852	48,8'	-	32,0	201	ok	288	ok	6,3	3,8	calculado	4,90	2	5,4	1,13	5
202	0,879	50,3'	-	45,3	272	ok	608	ok	8,5	3,6	calculado	4,90	2	5,6	1,13	5

O dimensionamento dos blocos com número de estacas superior a 12 é mostrado abaixo:

Tabela APIII.6. Dados iniciais para os blocos com mais de 12 estacas.

DADOS INICIAIS									
f_{ck} (MPa) =	25,0	f_{cd} (tf/m ²) =	1820,9	$f_{ct,m}$ (MPa) =	261,5	f_{ctd} (tf/m ²) =	130,8	t (cm) =	20,0
f_{yk} (MPa) =	500,0	f_{yd} (tf/m ²) =	44334,8	$f_{ctk,inf}$ (MPa) =	183,1	α_2 =	0,9	d' (cm) =	10,0

Tabela APIII.7. Dimensionamento e geometria.

Dimensionamento de blocos com mais de 12 estacas					Geometria do bloco						
Elemento	Nº estacas	Diam.	L (cm)	Q _{pilar} (tf)	Pilar		Forma do Bloco		d (m)	Q _{pilar} (tf)	Q _{bloco} (tf)
					a _p (cm)	b _p (cm)	a (cm)	b (cm)			
19	12	60	150	1437	105	469	550	400	1,8	1.437,00	146,3
18	15	60	150	1906	245	455	700	400	1,8	1.906,00	186,2

Tabela APIII.8. Modelo da Viga.

Q _{pilar} + Q _{bloco}	Nº estacas	Situação do Bloco	Forma do Bloco		Rest (tf)	Ni 1 (reação)	r ₁	Ni 2 (reação)	r ₂	M _{sd} (tf.m)	Q _{sd} (tf.m)
			a (cm)	b (cm)							
1.583	13	Redim	524	524	121,8	2	0,96	3	2,02	945,7	525,8
2.092	16	Redim	550	550	130,8	4	0,39	4	1,89	1167,6	869,0

Tabela APIII.9. Dimensionamento à flexão.

Dimensionamento à flexão									
Linha neutra		x (m)	Dom	A _{sd} (cm ²)	Φ (mm)	A _{st} (cm ²)	Nº de Barras	s (cm)	
X2-3	X3-4								
0,52	1,13	0,079	Dom. 2	120,61	20	3,142	39	14	
0,52	1,13	0,076	Dom. 2	148,83	20	3,142	48	12	

Tabela APIII.10. Dimensionamento à cortante.

Dimensionamento à cortante								
V _{Rd2} (tf)	V _{sd} < V _{Rd2}	V _c (tf)	V _{sw} (tf)	A _{sw} (cm ²)	Φ (mm)	A _{st} (cm ²)	Nº de Barras	s (cm)
4.173,44	ok	740,08	-214,31	-29,84	20	3,142	-10	-53
4.380,52	ok	776,80	92,24	12,84	20	3,142	5	110

Tabela APIII.11. Estribos horizontais.

Estribos horizontais					
Z	A _{sh} (cm ²)	Φ (mm)	A _{st} (cm ²)	N° de Barras	s (cm)
304,48	98,04	20	3,142	32	6
523,05	168,42	20	3,142	54	4

APENDICE XII. VERIFICAÇÃO DOS MOMENTOS UTILIZANDO O ESTAQV

Tabela APIV.1. Verificação do momento no bloco devido à primeira combinação de esforços.

Elemento	n°	Diam.	Altura h (m)	P Bloco (tf)	1 Fz max				EstaqV	Fator de
					Fz max	Fz max + P _{bloco}	Mx	My	N _{ax}	>1,4
2	4	60	1,25	27,3	426	453	9	-2	116,9	2,3
3	5	60	1,75	59,7	528	588	-4	1	118,8	2,3
4	4	60	1,20	26,3	388	414	0	0	103,5	2,6
5	5	60	1,75	59,7	541	601	-1	0	120,4	2,2
6	4	60	1,25	27,3	434	461	0	1	115,6	2,3
7	3	60	1,00	7,4	266	273	2	0	92,1	2,9
8	6	60	1,70	59,5	618	678	7	0	114,6	2,3
9	6	60	1,70	59,5	654	714	0	3	119,5	2,2
10	6	60	1,70	59,5	704	764	7	1	129,1	2,1
11	6	60	1,70	59,5	642	702	9	3	119,5	2,2
14	4	60	1,20	26,3	393	419	0	-1	105,1	2,5
15	4	60	1,20	26,3	427	453	2	-2	114,6	2,3
17	5	60	1,70	58,0	514	572	1	0	114,6	2,3
18	5	60	1,70	58,0	1906	1.964	-33	-304	139,6	1,9
19	5	60	1,70	58,0	1437	1.495	51	44	121,4	2,2
21	5	60	1,75	59,7	517	577	0	25	121,3	2,2
22	5	60	1,70	58,0	580	638	-5	3	129,5	2,1
23	5	60	1,70	58,0	577	635	2	-24	133,1	2,0
24	4	60	1,15	25,2	463	488	1	-3	123,3	2,2
25	5	60	1,75	59,7	536	596	1	29	126,3	2,1
26	3	60	1,00	7,4	325	332	0	-7	115,8	2,3
27	3	60	1,00	7,4	263	270	-1	-2	91,3	2,9
28	3	60	1,05	7,8	257	265	0	-4	91,3	2,9
29	6	60	1,70	59,5	635	695	11	-2	118,6	2,3
31	3	60	1,00	7,4	320	327	1	4	112,5	2,4
35	3	40	0,90	4,1	88	92	0	-1	31,4	3,8
36	3	40	0,90	4,1	194	198	4	0	67,8	1,8
41	4	40	1,05	15,4	120	135	-5	0	35,7	3,4
44	3	40	0,85	3,9	84	88	-2	0	31,2	3,9
49	3	40	0,90	4,1	168	172	1	-2	59,4	2,0
52	4	40	1,05	15,4	222	237	1	18	66,8	1,8
53	3	40	0,90	4,1	96	100	1	1	34,6	3,5
62	3	40	0,90	4,1	81	85	0	-1	29,1	4,1
63	3	40	1,05	6,4	95	101	-1	1	34,6	3,5
70	3	60	0,95	7,1	314	321	0	-11	114,7	2,3
74	3	40	0,90	4,1	117	121	1	0	40,8	3,0
202	3	40	0,70	3,2	132	135	0	-4	48,2	2,5

Tabela APIV.2. Verificação do momento no bloco devido à segunda combinação de esforços.

Elemento	n°	Diam.	Altura h (m)	P Bloco (tf)	2 Mx max				EstaqV	Fator de >1,4
					Fz max	Fz max + P _{bloco}	Mx	My		
2	4	60	1,25	27,3	304	331	21	-2	90,4	3,0
3	5	60	1,75	59,7	377	437	12	1	90,5	3,0
4	4	60	1,20	26,3	322	348	14	0	91,7	2,9
5	5	60	1,75	59,7	411	471	13	0	97,3	2,8
6	4	60	1,25	27,3	289	316	12	1	83,3	3,2
7	3	60	1,00	7,4	238	245	2	0	82,8	3,2
8	6	60	1,70	59,5	581	641	13	0	109,7	2,4
9	6	60	1,70	59,5	602	662	12	3	115,2	2,3
10	6	60	1,70	59,5	673	733	12	1	125,0	2,1
11	6	60	1,70	59,5	616	676	14	3	116,3	2,3
14	4	60	1,20	26,3	348	374	6	-1	95,8	2,8
15	4	60	1,20	26,3	392	418	2	-2	105,8	2,5
17	5	60	1,70	58,0	456	514	7	0	104,5	2,6
18	5	60	1,70	58,0	1729	1.787	964	-304	165,0	1,6
19	5	60	1,70	58,0	1280	1.338	623	44	147,9	1,8
21	5	60	1,75	59,7	455	515	1	25	109,1	2,5
22	5	60	1,70	58,0	427	485	9	3	99,8	2,7
23	5	60	1,70	58,0	530	588	3	-24	124,0	2,2
24	4	60	1,15	25,2	419	444	10	-3	115,3	2,3
25	5	60	1,75	59,7	480	540	1	29	115,1	2,3
26	3	60	1,00	7,4	284	291	1	-7	102,4	2,6
27	3	60	1,00	7,4	233	240	0	-2	81,6	3,3
28	3	60	1,05	7,8	240	248	0	-2	84,3	3,2
29	6	60	1,70	59,5	602	662	21	-2	115,3	2,3
31	3	60	1,00	7,4	285	292	4	4	101,9	2,6
35	3	40	0,90	4,1	72	76	1	-1	26,6	4,5
36	3	40	0,90	4,1	155	159	4	0	54,8	2,2
41	4	40	1,05	15,4	102	117	-3	0	30,4	4,0
44	3	40	0,85	3,9	73	77	-1	0	26,6	4,5
49	3	40	0,90	4,1	156	160	1	-2	55,4	2,2
52	4	40	1,05	15,4	179	194	1	-2	49,7	2,4
53	3	40	0,90	4,1	79	83	4	1	30,3	4,0
62	3	40	0,90	4,1	69	73	1	-1	25,6	4,7
63	3	40	1,05	6,4	80	86	1	1	29,9	4,0
70	3	60	0,95	7,1	275	282	3	-11	102,9	2,6
74	3	40	0,90	4,1	116	120	1	0	40,4	3,0
202	3	40	0,70	3,2	118	121	2	-4	44,4	2,7

Tabela APIV.3. Verificação do momento no bloco devido à terceira combinação de esforços

Elemento	n°	Diam.	Altura h (m)	P Bloco (tf)	3 My max				EstaçV	Fator de >1,4
					Fz max	Fz max + P _{bloco}	Mx	My		
2	4	60	1,25	27,3	331	358	16	0	94,8	2,8
3	5	60	1,75	59,7	461	521	4	3	105,9	2,5
4	4	60	1,20	26,3	322	348	5	3	89,7	3,0
5	5	60	1,75	59,7	457	517	3	2	104,6	2,6
6	4	60	1,25	27,3	349	376	2	3	95,7	2,8
7	3	60	1,00	7,4	253	260	1	1	88,1	3,0
8	6	60	1,70	59,5	536	596	4	5	101,1	2,6
9	6	60	1,70	59,5	619	679	1	5	114,2	2,3
10	6	60	1,70	59,5	593	653	-1	5	109,9	2,4
11	6	60	1,70	59,5	611	671	-2	7	113,4	2,4
14	4	60	1,20	26,3	239	265	2	5	68,6	3,9
15	4	60	1,20	26,3	405	431	1	12	112,1	2,4
17	5	60	1,70	58,0	495	553	1	2	111,3	2,4
18	5	60	1,70	58,0	1660	1.718	-8	611	138,3	1,9
19	5	60	1,70	58,0	1352	1.410	73	61	117,5	2,3
21	5	60	1,75	59,7	488	548	0	44	120,0	2,2
22	5	60	1,70	58,0	470	528	0	8	107,5	2,5
23	5	60	1,70	58,0	505	563	1	44	123,2	2,2
24	4	60	1,15	25,2	414	439	1	4	111,4	2,4
25	5	60	1,75	59,7	510	570	1	48	125,6	2,1
26	3	60	1,00	7,4	264	271	0	16	101,4	2,6
27	3	60	1,00	7,4	174	181	-1	11	67,5	4,0
28	3	60	1,05	7,8	184	192	0	17	75,6	3,5
29	6	60	1,70	59,5	563	623	-3	6	105,5	2,5
31	3	60	1,00	7,4	314	321	1	4	110,5	2,4
35	3	40	0,90	4,1	72	76	1	0	25,8	4,7
36	3	40	0,90	4,1	155	159	2	1	54,7	2,2
41	4	40	1,05	15,4	102	117	-4	0	30,8	3,9
44	3	40	0,85	3,9	73	77	-2	0	27,6	4,4
49	3	40	0,90	4,1	125	129	1	5	47,4	2,5
52	4	40	1,05	15,4	181	196	0	32	61,7	2,0
53	3	40	0,90	4,1	80	84	1	1	29,2	4,1
62	3	40	0,90	4,1	63	67	0	0	22,3	5,4
63	3	40	1,05	6,4	95	101	-1	1	34,6	3,5
70	3	60	0,95	7,1	228	235	0	27	96,6	2,8
74	3	40	0,90	4,1	98	102	1	1	35,2	3,4
202	3	40	0,70	3,2	107	110	-1	8	42,6	2,8

Tabela APIV.4. Verificação do momento no bloco devido à quarta combinação de esforços

Elemento	n°	Diam.	Altura h (m)	P Bloco (tf)	4 Fz min				EstaqV	Fator de >1,4
					Fz max	Fz max + P _{bloco}	M _x	M _y		
2	4	60	1,25	27,3	281	308	21	-2	84,7	3,2
3	5	60	1,75	59,7	377	437	12	1	90,5	3,0
4	4	60	1,20	26,3	314	340	14	0	89,7	3,0
5	5	60	1,75	59,7	403	463	13	0	95,7	2,8
6	4	60	1,25	27,3	289	316	12	1	83,3	3,2
7	3	60	1,00	7,4	194	201	2	-3	70,0	3,8
8	6	60	1,70	59,5	521	581	-12	0	99,5	2,7
9	6	60	1,70	59,5	541	601	-3	-5	101,7	2,6
10	6	60	1,70	59,5	560	620	-13	0	106,2	2,5
11	6	60	1,70	59,5	544	604	-11	2	103,1	2,6
14	4	60	1,20	26,3	293	319	2	5	82,1	3,3
15	4	60	1,20	26,3	362	388	0	-2	97,7	2,7
17	5	60	1,70	58,0	381	439	4	-4	89,7	3,0
18	5	60	1,70	58,0	1660	1.718	-8	611	138,3	1,9
19	5	60	1,70	58,0	1174	1.232	-30	-35	99,2	2,7
21	5	60	1,75	59,7	429	489	0	-49	109,4	2,4
22	5	60	1,70	58,0	410	468	9	3	96,4	2,8
23	5	60	1,70	58,0	505	563	1	44	123,2	2,2
24	4	60	1,15	25,2	399	424	1	4	107,7	2,5
25	5	60	1,75	59,7	443	503	1	-46	111,7	2,4
26	3	60	1,00	7,4	264	271	0	16	101,4	2,6
27	3	60	1,00	7,4	161	168	-1	11	63,2	4,2
28	3	60	1,05	7,8	184	192	0	17	75,6	3,5
29	6	60	1,70	59,5	479	539	-26	-2	95,9	2,8
31	3	60	1,00	7,4	210	217	1	-2	74,3	3,6
35	3	40	0,90	4,1	72	76	1	0	25,8	4,7
36	3	40	0,90	4,1	150	154	1	0	51,8	2,3
41	4	40	1,05	15,4	102	117	-4	1	31,2	3,9
44	3	40	0,85	3,9	73	77	-1	-1	26,6	4,5
49	3	40	0,90	4,1	125	129	1	5	47,4	2,5
52	4	40	1,05	15,4	174	189	1	-33	60,7	2,0
53	3	40	0,90	4,1	79	83	4	1	30,3	4,0
62	3	40	0,90	4,1	63	67	0	0	22,3	5,4
63	3	40	1,05	6,4	75	81	0	0	27,0	4,5
70	3	60	0,95	7,1	225	232	0	27	95,6	2,8
74	3	40	0,90	4,1	96	100	1	-4	37,0	3,3
202	3	40	0,70	3,2	99	102	-2	-4	36,3	3,3

Tabela APIV.5. Verificação do momento no bloco devido à quinta combinação de esforços

Elemento	n°	Diam.	Altura h (m)	P Bloco (tf)	5 Mx min				Estaqv	Fator de >1,4
					Fz max	Fz max + P Bloco	Mx	My		
2	4	60	1,25	27,3	398	425	3	-2	107,9	2,5
3	5	60	1,75	59,7	517	577	-8	1	117,5	2,3
4	4	60	1,20	26,3	293	319	-4	0	81,1	3,3
5	5	60	1,75	59,7	518	578	-6	0	117,0	2,3
6	4	60	1,25	27,3	429	456	-4	1	115,7	2,3
7	3	60	1,00	7,4	239	246	1	-1	83,4	3,2
8	6	60	1,70	59,5	530	590	-13	0	101,2	2,6
9	6	60	1,70	59,5	558	618	-14	0	106,1	2,5
10	6	60	1,70	59,5	560	620	-13	0	106,2	2,5
11	6	60	1,70	59,5	544	604	-11	2	103,1	2,6
14	4	60	1,20	26,3	284	310	-4	2	79,5	3,4
15	4	60	1,20	26,3	377	403	0	-2	101,4	2,6
17	5	60	1,70	58,0	433	491	-2	-1	98,9	2,7
18	5	60	1,70	58,0	1725	1.783	-999	35	163,1	1,6
19	5	60	1,70	58,0	1247	1.305	-601	7	141,4	1,9
21	5	60	1,75	59,7	467	527	-1	-3	106,3	2,5
22	5	60	1,70	58,0	553	611	-9	3	125,0	2,1
23	5	60	1,70	58,0	521	579	0	-1	116,0	2,3
24	4	60	1,15	25,2	416	441	-7	1	112,3	2,4
25	5	60	1,75	59,7	475	535	0	1	107,2	2,5
26	3	60	1,00	7,4	292	299	0	1	100,7	2,7
27	3	60	1,00	7,4	191	198	-1	3	67,9	3,9
28	3	60	1,05	7,8	200	208	0	3	71,6	3,7
29	6	60	1,70	59,5	505	565	-26	-2	100,3	2,7
31	3	60	1,00	7,4	246	253	-2	1	85,2	3,1
35	3	40	0,90	4,1	74	78	0	0	26,0	4,6
36	3	40	0,90	4,1	150	154	1	0	51,8	2,3
41	4	40	1,05	15,4	120	135	-5	-1	36,1	3,3
44	3	40	0,85	3,9	84	88	-2	0	31,2	3,9
49	3	40	0,90	4,1	135	139	1	1	47,6	2,5
52	4	40	1,05	15,4	178	193	0	0	48,3	2,5
53	3	40	0,90	4,1	79	83	0	1	28,5	4,2
62	3	40	0,90	4,1	68	72	-1	0	25,0	4,8
63	3	40	1,05	6,4	80	86	-1	1	29,6	4,1
70	3	60	0,95	7,1	259	266	-2	3	90,2	3,0
74	3	40	0,90	4,1	97	101	1	-2	35,7	3,4
202	3	40	0,70	3,2	107	110	-5	-5	41,4	2,9

Tabela APIV.6. Verificação do momento no bloco devido à sexta combinação de esforços

Elemento	n°	Diam.	Altura h (m)	P Bloco (tf)	6 MY min				EstaqV	Fator de >1,4
					Fz max	Fz max + P _{bloco}	Mx	My		
2	4	60	1,25	27,3	371	398	9	-3	103,5	2,6
3	5	60	1,75	59,7	433	493	0	-1	98,8	2,7
4	4	60	1,20	26,3	339	365	4	-2	93,3	2,9
5	5	60	1,75	59,7	472	532	4	-3	108,1	2,5
6	4	60	1,25	27,3	368	395	7	0	101,1	2,6
7	3	60	1,00	7,4	196	203	2	-3	70,7	3,8
8	6	60	1,70	59,5	575	635	-4	-6	107,2	2,5
9	6	60	1,70	59,5	541	601	-3	-5	101,7	2,6
10	6	60	1,70	59,5	639	699	0	-4	117,2	2,3
11	6	60	1,70	59,5	548	608	5	-2	102,8	2,6
14	4	60	1,20	26,3	393	419	0	-1	105,1	2,5
15	4	60	1,20	26,3	365	391	1	-16	103,4	2,6
17	5	60	1,70	58,0	394	452	3	-4	92,1	2,9
18	5	60	1,70	58,0	1794	1.852	-26	-533	143,7	1,9
19	5	60	1,70	58,0	1174	1.232	-50	-35	100,5	2,7
21	5	60	1,75	59,7	434	494	0	-49	110,4	2,4
22	5	60	1,70	58,0	510	568	0	-2	114,1	2,3
23	5	60	1,70	58,0	546	604	2	-41	130,9	2,0
24	4	60	1,15	25,2	421	446	1	-5	113,5	2,4
25	5	60	1,75	59,7	445	505	1	-46	112,1	2,4
26	3	60	1,00	7,4	313	320	0	-13	115,7	2,3
27	3	60	1,00	7,4	250	257	-1	-6	89,6	3,0
28	3	60	1,05	7,8	255	263	0	-10	94,7	2,8
29	6	60	1,70	59,5	544	604	-2	-9	102,6	2,6
31	3	60	1,00	7,4	217	224	1	-2	76,7	3,5
35	3	40	0,90	4,1	74	78	0	-1	26,8	4,5
36	3	40	0,90	4,1	150	154	3	0	52,7	2,3
41	4	40	1,05	15,4	102	117	-4	-1	31,2	3,9
44	3	40	0,85	3,9	73	77	-2	-1	27,6	4,4
49	3	40	0,90	4,1	137	141	1	-3	49,8	2,4
52	4	40	1,05	15,4	176	191	1	-34	61,6	2,0
53	3	40	0,90	4,1	79	83	3	0	29,0	4,2
62	3	40	0,90	4,1	74	78	-1	-1	27,0	4,5
63	3	40	1,05	6,4	76	82	0	0	27,4	4,4
70	3	60	0,95	7,1	306	313	0	20	118,1	2,3
74	3	40	0,90	4,1	97	101	1	-4	37,3	3,2
202	3	40	0,70	3,2	119	122	-1	-15	52,2	2,3

APENDICE XIII. CUSTOS

XIII.1. CUSTOS DAS ESTACAS

Tabela APV.1. Estimativa de custo da estaca hélice

Hélice	Custos (R\$)						Hélice	Utilizada		
	40 cm		50 cm		60 cm			Elemento	nº	Diam.
Elemento	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	Elemento	nº	Diam.	Menor custo
1	5	7.545,75	3	7.149,03	2	7.050,04	1	2	60 cm	R\$ 7.050,04
2	8	12.073,20	5	11.915,05	4	14.100,08	2	4	60 cm	R\$ 14.100,08
3	11	16.600,65	7	16.681,07	5	17.625,10	3	5	60 cm	R\$ 17.625,10
4	8	12.073,20	5	11.915,05	4	14.100,08	4	4	60 cm	R\$ 14.100,08
5	11	16.600,65	7	16.681,07	5	17.625,10	5	5	60 cm	R\$ 17.625,10
6	8	12.073,20	5	11.915,05	4	14.100,08	6	4	60 cm	R\$ 14.100,08
7	5	7.545,75	3	7.149,03	3	10.575,06	7	3	60 cm	R\$ 10.575,06
8	12	18.109,80	8	19.064,08	6	21.150,12	8	6	60 cm	R\$ 21.150,12
9	13	19.618,95	8	19.064,08	6	21.150,12	9	6	60 cm	R\$ 21.150,12
10	14	21.128,10	9	21.447,09	6	21.150,12	10	6	60 cm	R\$ 21.150,12
11	13	19.618,95	8	19.064,08	6	21.150,12	11	6	60 cm	R\$ 21.150,12
14	8	12.073,20	5	11.915,05	4	14.100,08	14	4	60 cm	R\$ 14.100,08
15	8	12.073,20	5	11.915,05	4	14.100,08	15	4	60 cm	R\$ 14.100,08
17	10	15.091,50	6	14.298,06	5	17.625,10	17	5	60 cm	R\$ 17.625,10
18	36	54.329,40	23	54.809,23	16	56.400,32	18	16	60 cm	R\$ 56.400,32
19	28	42.256,20	17	40.511,17	13	45.825,26	19	13	60 cm	R\$ 45.825,26
21	10	15.091,50	7	16.681,07	5	17.625,10	21	5	60 cm	R\$ 17.625,10
22	11	16.600,65	7	16.681,07	5	17.625,10	22	5	60 cm	R\$ 17.625,10
23	11	16.600,65	7	16.681,07	5	17.625,10	23	5	60 cm	R\$ 17.625,10
24	9	13.582,35	6	14.298,06	4	14.100,08	24	4	60 cm	R\$ 14.100,08
25	11	16.600,65	7	16.681,07	5	17.625,10	25	5	60 cm	R\$ 17.625,10
26	6	9.054,90	4	9.532,04	3	10.575,06	26	3	60 cm	R\$ 10.575,06
27	5	7.545,75	3	7.149,03	3	10.575,06	27	3	60 cm	R\$ 10.575,06
28	5	7.545,75	3	7.149,03	3	10.575,06	28	3	60 cm	R\$ 10.575,06
29	12	18.109,80	8	19.064,08	6	21.150,12	29	6	60 cm	R\$ 21.150,12
31	6	9.054,90	4	9.532,04	3	10.575,06	31	3	60 cm	R\$ 10.575,06
32	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	32	1	50 cm	R\$ 2.383,01
33	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	33	1	40 cm	R\$ 1.509,15
34	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	34	1	50 cm	R\$ 2.383,01
35	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	35	3	40 cm	R\$ 4.527,45
36	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	36	3	40 cm	R\$ 4.527,45
37	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	37	1	60 cm	R\$ 3.525,02
38	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	38	1	50 cm	R\$ 2.383,01
39	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	39	1	40 cm	R\$ 1.509,15
40	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	40	1	60 cm	R\$ 3.525,02
41	4	6.036,60	3	7.149,03	2	7.050,04	41	4	40 cm	R\$ 6.036,60
42	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	42	2	40 cm	R\$ 3.018,30
44	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	44	3	40 cm	R\$ 4.527,45
45	4	6.036,60	2	4.766,02	2	7.050,04	45	2	50 cm	R\$ 4.766,02
49	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	49	3	40 cm	R\$ 4.527,45

Hélice	Custos (R\$)						Hélice	Utilizada		
	40 cm		50 cm		60 cm			Elemento	nº	Diam.
Elemento	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	n estacas	Custo/bloco	Elemento	nº	Diam.	Menor custo
50	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	50	2	40 cm	R\$ 3.018,30
51	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	51	2	40 cm	R\$ 3.018,30
52	4	6.036,60	3	7.149,03	2	7.050,04	52	4	40 cm	R\$ 6.036,60
53	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	53	3	40 cm	R\$ 4.527,45
54	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	54	2	60 cm	R\$ 7.050,04
55	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	55	1	60 cm	R\$ 3.525,02
56	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	56	1	60 cm	R\$ 3.525,02
57	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	57	1	60 cm	R\$ 3.525,02
59	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	59	1	50 cm	R\$ 2.383,01
60	5	7.545,75	3	7.149,03	2	7.050,04	60	2	60 cm	R\$ 7.050,04
61	5	7.545,75	3	7.149,03	2	7.050,04	61	2	60 cm	R\$ 7.050,04
62	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	62	3	40 cm	R\$ 4.527,45
63	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	63	3	40 cm	R\$ 4.527,45
64	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	64	2	40 cm	R\$ 3.018,30
65	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	65	1	60 cm	R\$ 3.525,02
66	4	6.036,60	3	7.149,03	2	7.050,04	66	2	60 cm	R\$ 7.050,04
67	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	67	1	60 cm	R\$ 3.525,02
68	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	68	1	60 cm	R\$ 3.525,02
69	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	69	1	60 cm	R\$ 3.525,02
70	6	9.054,90	4	9.532,04	3	10.575,06	70	3	60 cm	R\$ 10.575,06
71	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	71	1	50 cm	R\$ 2.383,01
72	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	72	2	60 cm	R\$ 7.050,04
73	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	73	2	40 cm	R\$ 3.018,30
74	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	74	3	40 cm	R\$ 3.018,30
75	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	75	1	60 cm	R\$ 3.525,02
76	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	76	1	40 cm	R\$ 1.509,15
77	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	77	1	50 cm	R\$ 2.383,01
78	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	78	2	40 cm	R\$ 3.018,30
79	2	3.018,30	2	4.766,02	1	3.525,02	79	2	40 cm	R\$ 3.018,30
80	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	80	1	60 cm	R\$ 3.525,02
81	3	4.527,45	2	4.766,02	1	3.525,02	81	1	60 cm	R\$ 3.525,02
82	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	82	1	50 cm	R\$ 2.383,01
83	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	83	1	50 cm	R\$ 2.383,01
84	1	1.509,15	1	2.383,01	1	3.525,02	84	1	40 cm	R\$ 1.509,15
85	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	85	1	50 cm	R\$ 2.383,01
202	3	4.527,45	2	4.766,02	2	7.050,04	202	3	40 cm	R\$ 4.527,45
201	2	3.018,30	1	2.383,01	1	3.525,02	201	2	50 cm	R\$ 2.383,01
TOTAL	418	R\$ 630.824,70	272	R\$ 648.178,72	204	R\$ 719.104,08	TOTAL			R\$ 671.075,12
								226	Estacas	

XIII.2. CUSTOS DAS VIGAS

Para as vigas o consumo de materiais foi extraído do Eberick e o cálculo dos custos feito em função dos custos da região:

Tabela APV.2. Estimativa de custo das vigas

Custo das Vigas			
Discriminação	Consumo	Custo unitário	Custo
Peso total de aço + 10% (kg)	6.198,80	4,76	29.506,29
Volume concreto (m ³)	37,70	279,00	10.518,30
Área de forma (m ²)	264,70	48,60	12.864,42
		Custo Total	52.889,01

XIII.3. CUSTOS DOS BLOCOS

Tabela APV.3. Custo de execução dos blocos.

CUSTOS DOS BLOCOS																
Número de estacas	1	2	3	4	5	6	13	16	TOTAL PARCIAL							
Quantidade de Blocos	25	15	15	8	7	5	1	1								
Volume de Concreto / Bloco (m³)	0,7	2,3	4,2	7,2	16,5	17,0	49,4	54,5	151,8							
Volume Total de Concreto (m³)	16,3	33,8	63,7	57,5	115,8	85,0	49,4	54,5	475,9							
Preço do Concreto (m³)	R\$ 279,00	R\$ 279,00	R\$ 279,00	R\$ 279,00	R\$ 279,00	R\$ 279,00	R\$ 279,00	R\$ 279,00	-							
Subtotal	R\$ 4.533,75	R\$ 9.416,25	R\$ 17.759,47	R\$ 16.042,50	R\$ 32.319,18	R\$ 23.715,00	R\$ 13.789,21	R\$ 15.191,55	R\$ 132.766,90							
Volume de Concreto Magro / Bloco (m³)	0,05	0,11	0,21	0,31	0,49	0,50	1,37	1,51	4,6							
Volume Total de Concreto Magro (m³)	1,3	1,7	3,2	2,5	3,4	2,5	1,4	1,5	17,4							
Preço do Concreto Magro (m³)	R\$ 249,50	R\$ 249,50	R\$ 249,50	R\$ 249,50	R\$ 249,50	R\$ 249,50	R\$ 249,50	R\$ 249,50	-							
Subtotal	R\$ 311,88	R\$ 421,03	R\$ 794,08	R\$ 623,75	R\$ 850,06	R\$ 623,75	R\$ 342,53	R\$ 377,37	R\$ 4.344,45							
Peso de aço (kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	24383,0							
Preço do aço / kg	R\$ 4,76	R\$ 4,76	R\$ 4,76	R\$ 4,76	R\$ 4,76	R\$ 4,76	R\$ 4,76	R\$ 4,76	R\$ 4,76							
Subtotal									R\$ 116.063,08							
Área de Forma (m²)	4,60	11,30	14,67	24,00	33,82	42,10	92,64	100,10	323,2							
Preço da Forma / m²	R\$ 48,60	R\$ 48,60	R\$ 48,60	R\$ 48,60	R\$ 48,60	R\$ 48,60	R\$ 48,60	R\$ 48,60	-							
Subtotal	R\$ 5.589,00	R\$ 8.237,70	R\$ 10.692,39	R\$ 9.331,20	R\$ 11.505,84	R\$ 10.230,30	R\$ 4.502,46	R\$ 4.864,86	R\$ 64.953,74							
Escavação (m³)	19,50	40,50	76,38	69,00	139,01	102,00	59,31	65,34	571,0							
Preço da Escavação / m³	R\$ 18,27	R\$ 18,27	R\$ 18,27	R\$ 18,27	R\$ 18,27	R\$ 18,27	R\$ 18,27	R\$ 18,27	R\$ 18,27							
Subtotal									R\$ 10.432,91							
TOTAL									R\$ 328.561,09							