

CENTRO UNIVERSITÁRIO ADVENTISTA DE SÃO PAULO

CAMPUS ENGENHEIRO COELHO

DAVID ANTONIO NOVAES

DIMENSIONANDO FUNDAÇÕES DIRETAS NA HP50G

ENGENHEIRO COELHO

2011

DAVID ANTONIO NOVAES

DIMENSIONANDO FUNDAÇÕES DIRETAS NA HP50G

Trabalho de Conclusão de Curso do Centro
Universitário Adventista de São Paulo do curso
de Engenharia Civil, sob orientação do professor

Dr. Italo Alberto Gatica Rispoli.

ENGENHEIRO COELHO

2011

Trabalho de Conclusão de Curso do Centro Universitário Adventista de São Paulo, do curso de Engenharia Civil, apresentado e aprovado em 5 de outubro de 2011.

Prof. Dr. Ítalo Alberto Gatica Ríspoli

Prof. MSc. Artur Lenz Sartorti

Profª. Dra. Renata Algisi Takeda

Prof. Esp. Jean Cleudes Gagliardo

Dedico este trabalho a minha noiva e a minha mãe, pela compreensão e apoio durante a realização deste sonho e a memória de meu querido irmão.

AGRADECIMENTOS

- A Deus em primeiro lugar, por ter me guiado até este momento, pela ajuda durante estes anos e por permitir que este sonho se torne realidade;
- Ao UNASP, que me permitiu fazer parte de seus discentes no curso Engenharia Civil;
- Ao Prof. Dr. Ítalo Alberto Gatica Rísoli, orientador, pela dedicação paciência e sabedoria;
- Ao Prof. MSc. Artur Lenz Sartorti, co-orientador, pela dedicação paciência e sabedoria;
- À Prof^a. MSc. Debora Pierini Gagliardo, coordenadora do curso de Engenharia Civil, que nos norteou, quando pelo atropelo criamos situações difíceis para nós mesmos;
- Aos meus familiares, em especial minha noiva, Mayara e a minha mãe, Alaide, que mesmo me encontrando ausente em muitos dos momentos importantes e mesmo no dia a dia, nunca deixaram de me apoiar;
- A todos os professores pela paciência, pelo empenho ao longo destes anos e por todo conhecimento compartilhado;
- A todos os colegas de classe, aos que hoje chamo de amigos, onde em muitos momentos tornaram possíveis a conclusão de muitas das etapas percorridas.

Existem apenas duas maneiras de ver a vida;
Uma é pensar que não existem milagres e a
outra é que tudo é um milagre.

Albert Einstein

RESUMO

Partindo do princípio do robusto processador numérico das calculadoras HP serie 50, da contínua redução do seu valor de mercado, da popularidade nas escolas de engenharia, da generosa quantidade de programas livres hospedados na rede mundial de computadores, associado à pequena contribuição brasileira na elaboração de software para esse equipamento, concebe-se neste trabalho de conclusão de curso um pequeno software para fundações rasas sob o aval de métodos consagrados pela literatura e pela norma brasileira, consubstanciando-se uma opção portátil e segura para este fim, contando com a rapidez desse processador. Primeiramente são apresentados modelos de cálculo para os métodos de fundações rasas seguidos de exemplos de aplicação e por fim comparações e comentários finais, sintetizando-se numa codificação na linguagem User RPL que apresenta resultados funcionais e aferidos com cálculos manuais.

Palavras-chave: Fundações; Programação; Dimensionamento; HP50g.

ABSTRACT

Assuming the robust numeric processor of calculators HP series 50, the continued reduction of its market value, the popularity in engineering schools, the generous amount of free programs hosted on the network worldwide of computers, coupled with the small contribution in the development of Brazilian software for this equipment, is conceived in this work of completion of course a small software for shallow foundations under the support of established methods in the literature and in Brazilian standard, is consolidating a portable option and safe for this purpose, relying on the speed this processor. Firstly are presented models the calculation for methods of shallow foundations followed by application examples and finally comparisons and final comments, synthesized into a code in User RPL language that presents functional results and measured with manual calculations.

Keywords: Foundations, Programming, Design, HP50g.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Figura 1 - Esquema de sapata isolada</i>	21
<i>Figura 2 - Situação entre pilares para dimensionamento de sapatas associadas.</i>	25
<i>Figura 3 - Esquema das dimensões de sapata associada.</i>	25
<i>Figura 4 - Esquema de corte de sapata associada.</i>	27
<i>Figura 5 - Esquema de corte de sapata corrida com viga de rigidez.</i>	29
<i>Figura 6 - Esquema de corte de sapata corrida sem viga de rigidez.</i>	30
<i>Figura 7 - Esquema de sapata de divisa.</i>	40
<i>Figura 8 - Diagramas de tensões produzidas no solo.</i>	41
<i>Figura 9 - Dimensões da sapata</i>	43
<i>Figura 10 - Armadura paralela a A</i>	45
<i>Figura 11 - Armadura paralela a B</i>	46
<i>Figura 12 - Sapata isolada - Tela inicial do Programa.</i>	46
<i>Figura 13 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - Carga.</i>	46
<i>Figura 14 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - menor dimensão do pilar</i>	46
<i>Figura 15 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - maior dimensão do pilar.</i>	46
<i>Figura 16 – Sapata isolada - Tela de entrada de dados – fck.</i>	47
<i>Figura 17 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - taxa solo.</i>	47
<i>Figura 18 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - cobertura.</i>	47
<i>Figura 19 - Sapata isolada - Tela de saída de dados - dimensão B.</i>	47
<i>Figura 20 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - dimensão B.</i>	47
<i>Figura 21 - Sapata isolada - Tela de saída de dados - dimensão A.</i>	47
<i>Figura 22 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - dimensão A.</i>	47
<i>Figura 23 - Sapata isolada - Tela saída de dados - altura h.</i>	47
<i>Figura 24 - Sapata isolada - Tela de entrada - altura h.</i>	48
<i>Figura 25 - Sapata isolada - Tela informativa - Armadura paralela a A.</i>	48
<i>Figura 26 - Sapata isolada - Tela de saída de dados - Armadura paralela a A.</i>	48
<i>Figura 27 - Sapata isolada - Tela de entrada - Armadura paralela a A.</i>	48
<i>Figura 28 - Sapata isolada - Tela informativa - Armadura paralela a B.</i>	48
<i>Figura 29 - Sapata isolada - Tela de saída de dados - Armadura paralela a B.</i>	48

<i>Figura 30 - Sapata isolada - Tela de entrada - Armadura paralela a B.</i>	48
<i>Figura 31 - Sapata isolada - Detalhe da sapata - Dimensões em planta.</i>	48
<i>Figura 32 - Sapata isolada - Detalhe da sapata - Corte.</i>	49
<i>Figura 33 - Sapata isolada - Detalhe da sapata - Armadura paralela a A.</i>	49
<i>Figura 34 - Sapata isolada - Detalhe da sapata - Armadura paralela a B.</i>	49
<i>Figura 35 - Sapata isolada - Saída de dados - Memorial parte 1.</i>	49
<i>Figura 36 - Sapata isolada - Saída de dados - Memorial parte 2.</i>	49
<i>Figura 37 - Sapata isolada - Saída de dados - Memorial parte 3.</i>	49
<i>Figura 38 - Sapata isolada - Saída de dados - Memorial parte 4.</i>	49
<i>Figura 39 - Sapata isolada - Saída de dados - Memorial para ser salvo.</i>	49
<i>Figura 40 - Planta dos pilares para o dimensionamento de sapatas associadas</i>	50
<i>Figura 41 - Sapata associada em planta</i>	51
<i>Figura 42 - Resumo da armação da sapata associada</i>	54
<i>Figura 43 – Sapatas Associadas - Tela inicial do programa: seleção sapatas associadas</i>	54
<i>Figura 44 - Sapatas Associadas - Esquema inicial para identificação dos lançamentos de dados.</i>	54
<i>Figura 45 - Sapatas Associadas –Segundo Esquema para lançamento de dados.</i>	55
<i>Figura 46 - Sapatas Associadas – Tela de lançamento de dados 1.</i>	55
<i>Figura 47 - Sapatas associadas - Tela de lançamento de dados 2.</i>	55
<i>Figura 48 - Sapatas Associadas - Tela que marca o inicio do detalhamento da sapata</i>	55
<i>Figura 49 - Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, armaduras.</i>	55
<i>Figura 50 - Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, armadura inferior.</i>	55
<i>Figura 51- Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, armadura superior.</i>	55
<i>Figura 52 - Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, estribos.</i>	55
<i>Figura 53 - Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, armadura transversa da lage.</i>	56
<i>Figura 54 - Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, seção transversal.</i>	56
<i>Figura 55 - Sapatas Associadas - Memorial.</i>	56
<i>Figura 56 - Sapatas Associadas - Memorial para ser salvo.</i>	56
<i>Figura 57 - Detalhe da seção transversal de uma sapata corrida com viga de rigidez.</i>	58
<i>Figura 58 - Sapata corrida - Tela inicial do programa: seleção sapata corrida .</i>	58

<i>Figura 59 - Sapata corrida - Tela de seleção do tipo de sapata corrida - sapata corrida com viga de rigidez.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 60 - Sapata corrida com viga de rigidez - Tela de entrada de dados.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 61 - Sapata corrida com viga de rigidez - Detalhamento da armadura inferior.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 62 - Sapata corrida com viga de rigidez - Detalhamento da armadura superior.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 63 - Sapata corrida com viga de rigidez - Detalhamento dos estribos.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 64 - Sapata corrida com viga de rigidez - Detalhamento da armadura transversal da laje.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 65 - Sapata corrida com viga de rigidez - Detalhamento da seção transversal.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 66 - Sapata corrida com viga de rigidez - Memorial.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 67 - Sapata corrida com viga de rigidez - Memorial para ser salvo.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 68 - Detalhamento da sapata corrida sem viga de rigidez.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 69 - Sapata corrida - Tela inicial do programa: seleção sapata corrida .</i>	<i>61</i>
<i>Figura 70 - Sapata corrida - Tela de seleção do tipo de sapata corrida - sapata corrida sem viga de rigidez.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 71 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Tela de entrada de dados.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 72 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Detalhamento da armadura longitudinal.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 73 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Detalhamento da armadura transversal.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 74 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Detalhamento da seção transversal.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 75 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Memorial.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 76 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Memorial para ser salvo.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 77 - Configuração de pilares para dimensionamento de viga alavanca.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 78 - Detalhamento da sapata sobre viga alavanca.</i>	<i>65</i>
<i>Figura 79 - Detalhamento da sapata sobre viga alavanca.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 80 - Detalhamento da viga alavanca.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 81 - Viga alavanca - Tela inicial do programa: seleção viga alavanca.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 82 - Viga alavanca - Esquema inicial para identificação dos lançamentos de dados.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 83 - Viga alavanca - Tela de entrada de dados 1.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 84 - Viga alavanca - Tela de entrada de dados 2.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 85 Viga alavanca - Detalhamento da seção transversal da sapata sobre P1.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 86 - Viga alavanca - Detalhamento das armaduras da sapata sobre P1.</i>	<i>75</i>

<i>Figura 87 - Viga alavanca - Detalhamento da seção transversal da sapata sobre P2.</i>	75
<i>Figura 88 - Viga alavanca - Detalhamento das armaduras da sapata sobre P2.</i>	75
<i>Figura 89 - Viga alavanca - Tela que marca o início do detalhamento da viga.</i>	76
<i>Figura 90 - Viga alavanca - Detalhamento da armadura superior.</i>	76
<i>Figura 91 - Viga alavanca - Detalhamento da armadura inferior.</i>	76
<i>Figura 92 - Viga alavanca - Detalhamento da armadura de pele.</i>	76
<i>Figura 93 - Viga alavanca - Detalhamento dos estribos.</i>	76
<i>Figura 94 - Viga alavanca - Detalhamento da seção transversal.</i>	76
<i>Figura 95 - Viga alavanca - Detalhamento das sapatas e da viga em planta.</i>	76
<i>Figura 96 - Viga alavanca - Memorial</i>	76
<i>Figura 97. - Esquema de sapata em divisa.</i>	77
<i>Figura 98 - Detalhamento da sapata em divisa</i>	80
<i>Figura 99 - Sapata em divisa - Tela inicial do programa: seleção sapata em divisa.</i>	80
<i>Figura 100 - Sapata em divisa - Esquema inicial para identificação dos lançamentos de dados.</i>	80
<i>Figura 101 - Sapata em divisa - Tela de entrada de dados.</i>	80
<i>Figura 102 - Sapata em divisa - Detalhamento da sapata em planta.</i>	80
<i>Figura 103 - Sapata em divisa - Detalhamento da sapata - corte.</i>	81
<i>Figura 104 - Sapata em divisa - Detalhamento da armadura paralela a B.</i>	81
<i>Figura 105 - Sapata em divisa – Detalhamento da armadura paralela a A.</i>	81
<i>Figura 106 - Sapata em divisa - Detalhamento das armaduras.</i>	81
<i>Figura 107 - Sapata em divisa - Memorial</i>	81
<i>Figura 108 - Sapatas Associadas - Memorial para ser salvo.</i>	81
<i>Figura 109 - Gráfico comparativo das dimensões de sapata isolada – Programa X Rebello 2008.</i>	82
<i>Figura 110 - Gráfico comparativo das dimensões de sapata isolada quadrada – Carvalho e Pinheiro 2009 X Programa.</i>	83
<i>Figura 111 - Gráfico comparativo das dimensões de sapata isolada retangular – Carvalho e Pinheiro 2009 X Programa.</i>	84
<i>Figura 112 - Gráfico comparativo das dimensões de sapata isolada – Alonso 2010 X Programa.</i>	84

<i>Figura 113 - Gráfico comparativo das dimensões de sapatas associadas– Alonso 2010 X Programa.</i>	85
<i>Figura 114 - Gráfico comparativo das dimensões de sapatas associadas– Rebello (2008) X Programa.</i>	86
<i>Figura 115 - Gráfico comparativo das dimensões (Base “B”) sapata corrida com viga de rigidez X sapata corrida sem viga de rigidez.</i>	88
<i>Figura 116 - Gráfico comparativo das dimensões (Altura “H”) sapata corrida com viga de rigidez X sapata corrida sem viga de rigidez.</i>	88
<i>Figura 117 - Gráfico comparativo das dimensões (Altura “h”) sapata corrida com viga de rigidez X sapata corrida sem viga de rigidez.</i>	88
<i>Figura 118 - Gráfico comparativo das dimensões (Área de aço transversal “AST”) sapata corrida com viga de rigidez X sapata corrida sem viga de rigidez.</i>	89
<i>Figura 119 - Gráfico comparativo das dimensões (Área de aço longitudinal “ASL”) sapata corrida com viga de rigidez X sapata corrida sem viga de rigidez.</i>	89
<i>Figura 120 - Gráfico comparativo das dimensões de viga alavanca – Carvalho e Pinheiro 2009 X Programa.</i>	90
<i>Figura 121 - Comparativo entre sapatas da viga alavanca de Carvalho e Pinheiro X Programa.</i>	91
<i>Figura 122 - Gráfico comparativo das dimensões de sapata em divisa– Rebello 2008 X Programa.</i>	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

cm – centímetro.

kgf – quilograma força.

kgf/cm² - quilograma força por centímetro quadrado.

m – metro.

MPa – Mega Pascal.

NBR - Normas Brasileira.

tf – tonelada força.

UNASP – Centro Universitário Adventista de São Paulo.

SPT – (standard penetration test) - Ensaio de penetração padrão.

LISTA DE SÍMBOLOS

ϕ – Diâmetro.

σ – Tensão normal.

τ – Tensão de cisalhamento.

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 METODOLOGIA	19
3 ESTRUTURAS DE FUNDAÇÕES	20
3.1 Escolha do tipo de fundação	20
3.1.1 Fundações diretas ou rasas	20
3.1.2 Fundações profundas	20
3.2 Fundações rasas	21
3.2.1 Sapatas	21
3.2.2 Dimensionamento de Sapatas Isoladas	21
3.2.3 Dimensionamento de Sapatas Associadas	24
3.2.4 Dimensionamento de Sapata Corrida	28
3.2.4.1 Sapata Corrida com viga de rigidez	28
3.2.4.2 Sapata Corrida sem viga de rigidez	30
3.2.5 Dimensionamento de Viga - alavanca	31
3.2.6 Dimensionamento de sapata em divisa	39
4. APLICAÇÃO PRÁTICA	43
4.1 Exemplos resolvidos	43
4.1.1 Sapatas Isoladas	43
4.1.2 Sapatas Associadas	50
4.1.3 Sapata corrida	56
4.1.3.1 Sapata Corrida com viga de rigidez	56
4.1.3.2 Sapata Corrida sem viga de rigidez	59
4.1.4 Viga alavanca	62
4.1.5 Sapata em divisa	77
5. ANÁLIZE DE RESULTADOS	82
5.1 Sapatas Isoladas	82

5.2 Sapatas Associada	85
5.3 Sapata corrida	86
5.4 Viga alavanca	90
5.5 Sapata em divisa	91
6. CONCLUSÃO	93
7. REFERÊNCIAS	95
APÊDICE A – CÓDIGO FONTE DO APLICATIVO DESENVOLVIDO	A1

1 INTRODUÇÃO

Dentro do estudo de estruturas de fundações, misturam duas grandes áreas da engenharia: solos e estruturas. Neste trabalho apresenta-se uma alternativa prática e segura para auxiliar o projeto de estruturas de fundações rasas utilizando uma calculadora HP da serie 50.

As fundações se dividem em dois grandes grupos: rasas e profundas.

O sistema de fundações é formado pelo elemento estrutural do edifício que fica abaixo do solo (podendo ser constituído por bloco, estaca ou tubulão, por exemplo) e o maciço de solo envolvente sob a base e ao longo do fuste (ABCP, 2011, p. 3).

As fundações têm como função receber e transmitir ao solo todas as cargas provenientes da estrutura e das demais cargas que estejam sobre ela atuando.

Fundações diretas ou rasas, constituem-se principalmente por blocos, sapatas e radiers; Nesses tipos de fundações os esforços são transferidos ao solo a pequena profundidade unicamente pela base da fundação.

Fundações profundas constituem-se principalmente por tubulões e estacas e são usadas quando as fundações rasas não são recomendadas, transferindo os esforços ao solo por meio de atrito lateral e de ponta.

Foi desenvolvido para consubstanciar este trabalho, um pequenos aplicativo para o dimensionamento das fundações rasas mais comuns, o aplicativo foi desenvolvido em HPUserEdit v6.0.0.916 (editor gratuito da HP) com a finalidade de serem executados em calculadoras gráficas HP série 50.

Primeiramente são apresentados os modelos matemáticos para o dimensionamento dos tipos de fundações rasas escolhidos para fazer parte deste trabalho, modelos que foram propostos na literatura nacional e baseados em normas brasileiras, seguidos de exemplos de aplicação desenvolvidos passo a passo conforme rotina seguida pelo aplicativo, tornando possível ao usuário do aplicativo e ou leitor deste trabalho poder entender como funciona a rotina de cálculo do aplicativo.

Os exemplos de aplicação não são compostos somente pelas resoluções matemáticas, mas também por objetos gráficos que demonstram a operação do aplicativo na Calculadora HP50. Por fim são feitas comparações entre a resolução proposta pelo

aplicativo e a resolução proposta pelos autores consultados para elaboração deste trabalho, essas comparações e os cálculos realizados manualmente serviram também como uma ferramenta para aferir o aplicativo, além de mostrar sua funcionalidade.

O aplicativo foi desenvolvido na linguagem User RPL que é o nome da linguagem de programação das calculadoras HP série 50, sendo esta linguagem, semelhante a linguagens de programação usadas em computadores. Ao se programar em User RPL é permitido trabalhar com todas as funções pré-programadas da calculadora HP, somando a estas as estruturas das linguagens de programação. Estes recursos oferecem amplas possibilidades de programação, podendo dizer que as duas maiores limitações no desenvolvimento de aplicativos para a Calculadora HP estejam relacionadas à capacidade de memória da calculadora e a capacidade e conhecimento do usuário.

Essa ampla variedade de recursos junto ao formato compacto das Calculadoras HP, que foram grandes contribuintes na escolha deste equipamento como plataforma do aplicativo, também tornam sua construção dentro do próprio equipamento muito difícil, o que tornou necessário a utilização do editor HPUserEdit, que torna mais fácil e mais rápido a construção, visualização e a correção de erros do código fonte.

Baseado nessa ampla variedade de recursos o aplicativo que será apresentado neste trabalho apresenta para cada uma de suas opções, idéias diferentes, com o objetivo de demonstrar essa versatilidade. Como exemplo, algumas aplicações apresentam grande interação com o usuário, permitindo que o mesmo escolha a maior parte dos parâmetros, enquanto outras já tomam quase todas as decisões automáticas, não deixando escolhas ao usuário, para ambos os casos existem melhores aplicações, cabendo ao usuário decidir qual melhor se aplica.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho sustenta-se na revisão bibliográfica, ou seja, sob o suporte técnico do assunto disponível na literatura técnica nacional e internacional, que serve de base para a criação de um aplicativo para dimensionamento de fundações rasas na calculadora HP50g, uma vez que este pequeno equipamento reúne boas qualidades para o fim previsto: robusto processador numérico, compatibilidade com as regras da algébrica linear, variados recursos de programação e mobilidade, produzindo rotinas de cálculo que podem ser desempenhadas na sala de aula, no escritório ou mesmo na obra.

3 ESTRUTURAS DE FUNDAÇÕES

3.1 Escolha do tipo de fundação

A escolha do tipo de fundação a ser empregada em uma obra depende de alguns fatores, tais como: cargas atuantes nas fundações, características do solo e proximidade das fundações vizinhas.

3.1.1 Fundações diretas ou rasas

Fundações diretas ou rasas transmitem as cargas ao solo através da base logo nas primeiras camadas. Segundo Moraes (1978 p. 28) uma fundação direta é caracterizada como rasa quando está assentada a uma profundidade considerada como pequena em relação a sua maior dimensão (profundidade de 1,50 m a 3,00 m).

De acordo com Alonso (2010 p. 118) esse tipo de fundação não deve ser usada em aterro não compactado, argila mole, areia fofa ou muito fofa e havendo existência de água onde o rebaixamento do lençol freático não se justifique economicamente.

De acordo com Rebello (2008, p. 41) o uso de fundação direta ou rasa pode ser adotado em função do número de golpes do SPT, quando o número de golpes for maior ou igual a 8, aumentando ou se mantendo constante ao longo da profundidade e a profundidade não ultrapassar os 2 metros se faz uso desse tipo de fundação, havendo grande mudança no SPT para valores inferiores nas camadas mais profundas, sua influência deve ser considerada, caso contrário outro tipo de fundação deve ser escolhido.

3.1.2 Fundações profundas

Vários são os tipos de fundações profundas como, por exemplo: tubulões, brocas e estacas. Estes são aplicados quando os critérios para a utilização de fundações rasas não são

atendidos, sendo que a escolha destes dependerá de cada situação. Estas fundações não serão tratadas neste trabalho, pois não fazem parte do objetivo deste trabalho.

3.2 Fundações rasas

3.2.1 Sapatas

Elemento de fundação superficial em concreto armado, de modo que as tensões de compressão são resistidas pelo concreto e as de tração pelo aço, possuem espessura constante ou variável, podendo sua base em planta ser quadrada, retangular ou trapezoidal (NBR 6122, 1996).

3.2.2 Dimensionamento de Sapatas Isoladas

Para o dimensionamento da área de sapatas isoladas autores como Alonso (2010), Moraes (1976) e Rebello (2008) propõem equações diferentes, porém, que geram resultados muito próximos.

Foi adotado neste trabalho para determinação da área das sapatas isoladas, as equações propostas por Rebello (2008), que tornam possível nas mesmas equações para o dimensionamento tanto de sapatas quadradas como de sapatas retangulares.

O esquema de uma sapata isolada pode ser visto na figura 1:

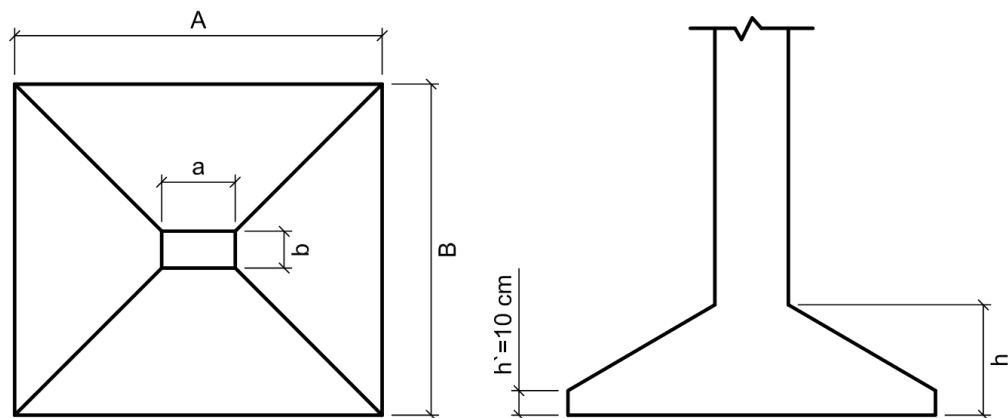


Figura 1 - Esquema de sapata isolada

A área da sapata é dada por:

$$S_{SAP} = \frac{P}{\sigma_s} \quad (3.1)$$

Na qual:

S_{SAP} é a área da sapata.

P é a carga sobre a sapata.

σ_s é a tensão admissível do solo.

Para o dimensionamento dos lados A e B da sapata foram utilizadas as equações 3.2 e 3.3, sendo que tal relação tornam os momentos fletores semelhantes:

$$B = \frac{b-a}{2} + \sqrt{\frac{(b-a)^2}{a} + S_{SAP}} \quad (3.2)$$

Na qual:

b é a maior dimensão do pilar em planta.

a é a menor dimensão do pilar em planta.

$$A = \frac{S_{SAP}}{B} \quad (3.3)$$

Para o dimensionamento da altura H da sapata foi adotado também o método proposto Rebello (2008), Na qual:

$$h = 30\% \text{ do lado maior da sapata} \quad (3.4)$$

De modo que sempre respeitada esta altura a sapata poderá ser dimensionada como sapata rígida considerando o conceito definido no item 22.4.1 da NBR6118:2003.

A altura $h' = 10$ cm conforme figura 1 é adotada como altura mínima, entretanto o projetista deverá verificar a ancoragem das barras nesta altura.

Adotou-se a verificação da punção conforme sugerido por Moraes (1976) que se define na equação 3.5

$$\tau = \frac{P}{2.(a+b+2.h).d} < \tau_{LIM} = \frac{f_{ck}}{25} \quad (3.5)$$

O momento fletor máximo paralelo a dimensão A, segundo Rebello (2008) é determinado pela equação 3.6

$$M_A = \frac{P}{4} \cdot \left(\frac{A}{3} - \frac{a}{2} \right) \quad (3.6)$$

Na qual:

P é a carga sobre a sapata.

a é a menor dimensão do pilar em planta.

A é a menor dimensão da sapata em planta.

O momento fletor máximo paralelo a B, segundo Rebello (2008) é determinado pela equação 3.7

$$M_B = \frac{P}{4} \cdot \left(\frac{B}{3} - \frac{b}{2} \right) \quad (3.7)$$

Na qual:

P é a carga sobre a sapata.

b é a maior dimensão do pilar em planta.

B é a maior dimensão da sapata em planta.

Segundo Rebello (2008) a verificação de compressão devido ao momento deve atender a seguinte equação 3.8.

$$C = \frac{M}{b_w \cdot d^2} < C_{LIM} = 0,14 \cdot f_{ck} \quad (3.8)$$

Onde:

M é o momento fletor atuante.

b_w é a largura da seção.

d é a altura útil da seção.

$$d = h - c \quad (3.9)$$

c é o cobrimento.

Para o dimensionamento da armadura o método das bielas comprimidas

apresentado por Alonso (2010) e Moraes (1976) foi adotado, pois se trata de um método mais tradicional.

Armadura paralela a A é dada pela equação 3.11 que depende da tensão conforme a equação 3.10.

$$T_a = \frac{P.(A-a)}{8.d} \quad (3.10)$$

$$A_{FA} = \frac{1,61.T_a}{f_{yk}} \quad (3.11)$$

Armadura paralela a B:

$$T_b = \frac{P.(B-b)}{8.d} \quad (3.12)$$

$$A_{FB} = \frac{1,61.T_b}{f_{yk}} \quad (3.13)$$

A armadura de flexão deve ser uniformemente distribuída ao longo da largura da sapata, estendendo-se integralmente de face a face da mesma e terminando em gancho nas duas extremidades (NBR 6118, 2003).

Para barras com diâmetro $\phi \geq 20$ mm devem ser usados ganchos de 135° ou 180°. Para barras com diâmetro $\phi \geq 25$ mm deve ser verificado o fendilhamento em plano horizontal, uma vez que pode ocorrer o destacamento de toda a malha da armadura (NBR 6118, 2003).

3.2.3 Dimensionamento de Sapatas Associadas

Quando duas ou mais sapatas se encontram muito próximas e uma acaba sobrepondo a outra, para se evitar o emprego de uma sapata excêntrica torna-se necessário o emprego de uma única sapata que possa receber a carga de todos os pilares e transmiti-la ao solo.

Segundo Montoya, Meseguer e Cabré (1981) para que as cargas possam ser distribuídas de forma uniforme ao solo e se evite distorções angulares é necessário que o centro de gravidade das cargas dos pilares coincida com o centro de gravidade da sapata.

A seguir apresenta-se o modelo de dimensionamento proposto por Rebello (2008).

A princípio determina-se o centro de gravidade dos pilares CG, a fim de que o mesmo coincida com o centro de gravidade da sapata conforme se ilustra na Figura 2, sendo que, o centro de gravidade dos pilares pode ser obtido pela equação 3.14.



Figura 2 - Situação entre pilares para dimensionamento de sapatas associadas.

$$X = \frac{P1.L}{P1+P2} \cdot 100 \quad (3.14)$$

A área da sapata é determinada pela seguinte equação:

$$A_{SAP} = \frac{P1+P2}{\sigma_S} \quad (3.15)$$

A seguir apresenta-se a Figura 3 com um esquema das dimensões de uma sapata associada.

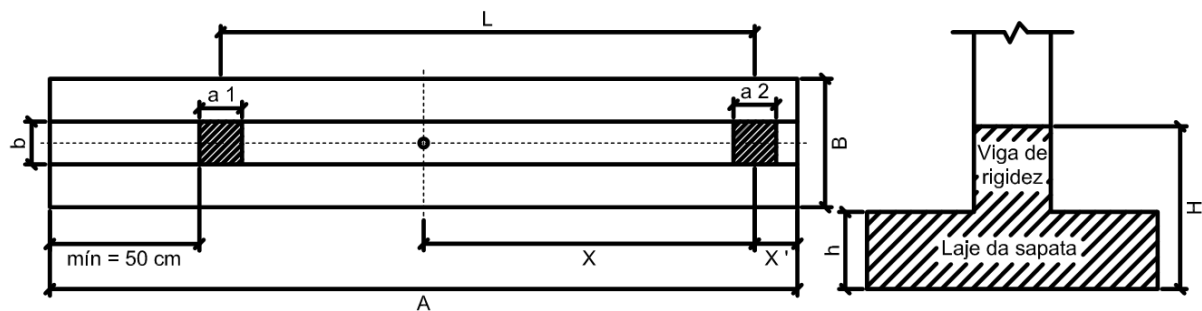


Figura 3 - Esquema das dimensões de sapata associada.

A dimensão A é obtida através da equação 3.16:

$$A = (X + X') \cdot 2 \quad (3.16)$$

Desde que as dimensões mínimas sejam respeitadas.

$$X'_{\text{mín}} = a2$$

A dimensão B é obtida através da equação:

$$B = \frac{A_{SAP}}{A} \quad (3.17)$$

O momento fletor na laje da sapata é dado pela seguinte equação:

$$M_{MAX} = \frac{q \cdot (B-b)^2}{8} \quad (3.18)$$

$$q = \sigma_s \cdot 100 \quad (3.19)$$

Na equação 3.19 σ_s é multiplicado por 100, pois o momento e a armadura são dimensionados para o comprimento de um metro de sapata.

Para o dimensionamento da armação da laje da sapata seguem as equações:

Verificação de compressão devido ao momento

$$C = \frac{M}{b_w \cdot d^2} < C_{LIM} = 0,14 \cdot f_{ck} \quad (3.20)$$

M é o momento fletor atuante.

b_w é a largura da seção.

d é a altura útil da seção.

$$d = h - c \quad (3.21a)$$

$$h = 0,2 \cdot B \quad (3.21b)$$

c é o cobrimento.

$$A_F = \frac{M}{2500 \cdot d} \text{ para 1 m de sapata} \quad (3.22)$$

Momento fletores na viga de rigidez

Momento no balanço:

$$P = \sigma_s \cdot B \quad (3.23)$$

$$M_B = \frac{P \cdot X^2}{2} \quad (3.24)$$

Com X sendo o maior valor entre X1 e X2 que pode ser observado na Figura 4.

Momento entre pilares:

$$M_P = \frac{P.L^2}{8} \quad (3.25)$$

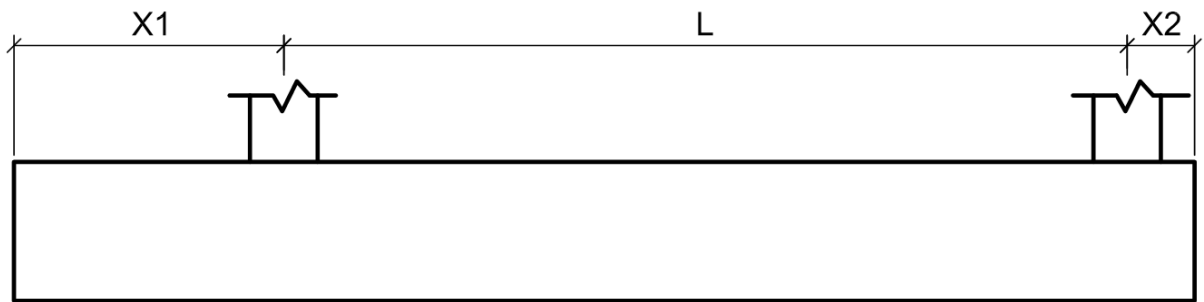


Figura 4 - Esquema de corte de sapata associada.

Verificação de compressão devido ao momento

$$C = \frac{M}{b_w.d^2} < C_{LIM} = 0,14.f_{ck} \quad (3.26)$$

M é o momento fletor atuante.

b_w é a largura da seção.

d é a altura útil da seção.

$$d = H - c \rightarrow \text{Com } H_{\min} = 30 \text{ cm} \quad (3.27)$$

c é o cobrimento.

$$A_F = \frac{M}{2500.d} \text{ para 1 m de sapata} \quad (3.28)$$

A força cortante máxima será o maior valor entre a cortante do balanço e a cortante do vão entre os pilares.

Cortante no balanço:

$$Q_B = P.X \quad (3.29)$$

Sendo X o maior valor entre X1 e X2.

Cortante no vão:

$$Q_V = \frac{P.L}{2} \quad (3.30)$$

$Q_{M\acute{a}x}$ é o maior valor entre Q_V e Q_B , calcula-se então a quantidade de estribos necessários para a viga de rigidez.

$$A_{F\text{ ESTRIBO}} = \frac{Q_{M\acute{a}x}}{d.20} \text{ cm}^2/\text{m de viga} \quad (3.31)$$

3.2.4 Dimensionamento de Sapata Corrida

Segundo Rebello (2008) sapata corrida é uma placa de concreto armado em que uma das dimensões, o comprimento, prevalece em relação a outra.

Carvalho e Pinheiro (2009) definem sapata corrida como elemento de fundação que tem como finalidade suportar a carga de muros ou paredes.

Para o dimensionamento de sapatas corridas são propostos dois modelos, com e sem viga de rigidez. Rebello (2008) apresenta um modelo com viga de rigidez, com a finalidade de diminuir fissuras ou trincas nas paredes devido a acomodação diferente da sapata pois o solo não apresenta perfeita homogeneidade. Carvalho e Pinheiro (2009) e Alonso (2010) apresentam o dimensionamento de sapata corrida parecido com o de uma sapata isolada calculada para o comprimento de um metro e extrapolado para o resto de seu comprimento.

3.2.4.1 Sapata Corrida com viga de rigidez

A seguir apresenta-se o dimensionamento proposto por Rebello (2008):

As dimensões da Figura 5 são determinadas pelas equações 3.22 a 3.37.

$$A_{SAP} = \frac{P}{\sigma} \quad (3.32)$$

$$A_{SAP} = 100.B \quad (3.33)$$

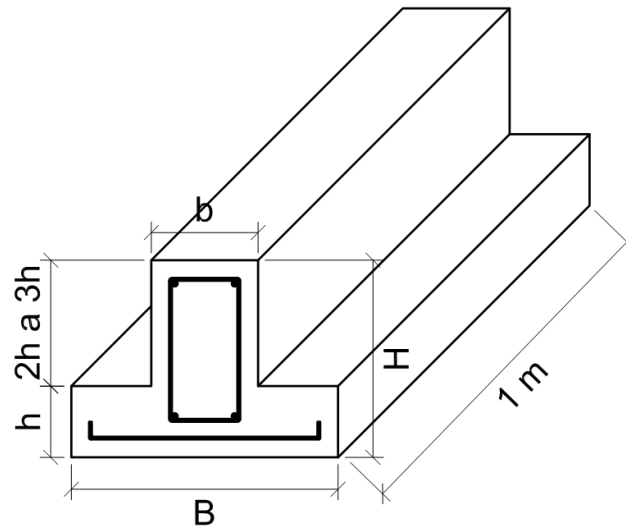


Figura 5 - Esquema de corte de sapata corrida com viga de rigidez.

$$B = \frac{A_{SAP}}{100} \quad (3.34)$$

$$B = \frac{P}{100 \cdot \sigma_S} \quad (3.35)$$

$$h = \text{maior valor entre } \begin{cases} 0,02 \cdot B \\ 10 \text{ cm} \end{cases} \quad (3.36)$$

$$H = h + 2 \cdot h \quad (3.37)$$

O dimensionamento do momento fletor é feito considerando a laje em balanço com as equações 3.38 e 3.39.

$$M_{MÁX} = q \cdot \frac{(B-b)^2}{8} \quad (3.38)$$

$$q = \sigma_S \cdot 100 \quad (3.39)$$

Para o dimensionamento da armação da laje da sapata, considera-se a seção resistente como sendo formada pela altura da laje e pelo comprimento de 1 m devendo ser realizada a verificação da equação 3.26. O dimensionamento é feito conforme equação 3.28.

$$\text{A viga de rigidez será armada com } > \begin{cases} A_F = 0,0015 \cdot b \cdot H \\ A_F = 2\varnothing 10 \text{ mm} = 1,57 \text{ mc}^2 \end{cases} \quad (3.40)$$

Os estribos são iguais a armação da laje da sapata.

3.2.4.2 Sapata Corrida sem viga de rigidez

A seguir o dimensionamento proposto por Carvalho e Pinheiro (2009) sem a viga de rigidez:

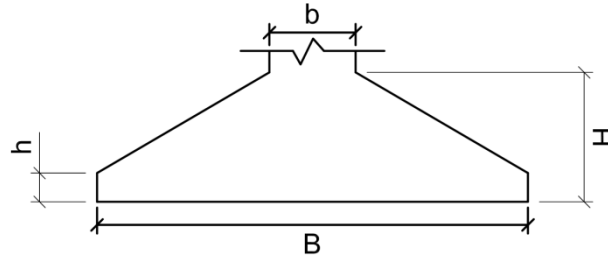


Figura 6 - Esquema de corte de sapata corrida sem viga de rigidez.

As dimensões da Figura 6 são determinadas pelas seguintes equações:

$$B = \frac{P}{100 \cdot \sigma_s} \quad (3.41)$$

Para uma distância $h=10$ cm a altura H pode ser determinada pela equação:

$$H = 10 + \frac{(B-b)}{2} \cdot \text{tg}30^\circ \quad (3.42)$$

Tendo C como cobrimento nominal, temos:

$$d = H - C \quad (3.43)$$

Verificação de compressão diagonal do concreto (seção na face da parede):

Calcula-se a força cortante na face da parede por:

$$V_l = 100 \cdot \frac{(B-b)}{2} \quad (3.44)$$

Calcula-se a tensão de cisalhamento solicitante por:

$$\tau_{sd} = \frac{1,4 \cdot V_l}{100 \cdot d} \quad (3.45)$$

Calcula-se a tensão de cisalhamento resistente por:

$$\alpha_v = 1 - \frac{f_{ck}}{250} \quad (3.46)$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4} \quad (3.47)$$

$$\tau_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_v \cdot f_{cd} \quad (3.48)$$

Se $\tau_{Rd2} > \tau_{sd}$ então OK

O momento junto a face da parede para o comprimento de um metro pode ser calculado por:

$$M_S = 100 \cdot \sigma_s \cdot \frac{(B-b)^2}{2} \quad (3.49)$$

$$T = \frac{P \cdot (B-b)}{8 \cdot d} \quad (3.50)$$

Como Carvalho e Pinheiro (2009) propõem para o dimensionamento da armadura o uso de tabelas de dimensionamento de flexão, será para esta etapa escolhido o método da bielas, descrito em Alonso (2010), onde:

$$A_S = \frac{1,61 \cdot T}{5000} \quad (3.51)$$

Segundo Carvalho e Pinheiro (2009), esta armadura é adotada para as duas dimensões da sapata.

3.2.5 Dimensionamento de Viga - alavanca

Ao dimensionar-se uma viga alavanca, tem-se também que dimensionar as sapatas que receberam as cargas por ela transmitidas. O dimensionamento da viga e das sapatas são realizados conforme propostos por Alonso (2010), Carvalho e Pinheiro (2009), NBR 6118:2003 e Rebello (2008).

O dimensionamento da sapata junto a divisa são apresentados nas equações 3.52 a 3.58 conforme proposto por Alonso (2010).

A equação 3.52 representa a força atuante no centro de gravidade da sapata re divisa.

$$R_1 = P_1 + P_1 \cdot \frac{e}{Z_1} \quad (3.52)$$

Da equação 3.52 pode-se dizer que a resultante R que atua no centro de gravidade da sapata é a carga do pilar acrescida de uma parcela, calculada pela equação 3.53.

$$\Delta P = P_1 \cdot \frac{e}{Z_1} \quad (3.53)$$

Onde P_1 é a carga aplicada pelo pilar na divisa, e e e Z_1 ainda são indeterminados. Para resolver este problema lança-se mão de uma relação inicial de $A = 2 * B$ e $\Delta P = 0$, ou seja, $R_1 = P_1$, tem-se então na equação 3.54 um valor para B.

$$B_1 = \sqrt{\frac{P_1}{2 \cdot \sigma_s}} \quad (3.54)$$

Sendo σ_s a tensão admissível do solo.

Com o valor de B_1 fixado, pode-se calcular e com a equação 3.55 e d com 3.56.

$$e = \frac{B - b_1}{2} \quad (3.55)$$

$$Z_1 = e - L \quad (3.56)$$

Onde b é a largura do pilar P_1 e L é a distancia entre o centro de gravidade do pilar P_1 e P_2 .

ΔP pode ser calculado pela equação 3.53 e a área da sapata pela equação 3.57.

$$S_{SAP1} = \frac{R_1}{\sigma_s} \quad (3.57)$$

A outra dimensão da sapata pode ser calculada pela equação 3.58.

$$A_1 = \frac{S_{SAP1}}{B_1} \quad (3.58)$$

Divide-se o valor de A encontrado com a equação 3.58 pelo valor de B encontrado com a equação 3.54, se o resultado desta relação for menor que 2,5 procede-se com o dimensionamento, se não, aumenta o valor de B e repete as equações 3.55 a 3.58.

A altura H_1 da sapata é dimensionada através da equação 3.59 como proposta por

Carvalho e Pinheiro (2009), garantindo que a sapata trabalhe como uma sapata rígida conforme descrito na NBR 6118:2003.

$$H1 = h_1 + \frac{(A-a)}{2} \cdot \text{tg } 30^\circ \quad (3.59)$$

Onde h_0 é a altura da sapata que se mantém a 90° .

A altura útil é dimensionada conforme equação 3.9.

Segundo Carvalho e Pinheiro (2009) a verificação da compressão diagonal no concreto é verificada com as equações 3.60 a 3.65.

$$\sigma'_{S1} = \frac{R1}{A1.B1} \quad (3.60)$$

$$V_{l1} = \sigma'_S \cdot \frac{(A1-a1)}{2} \cdot 100 \quad (3.61)$$

$$\tau_{Sd1} = \frac{1,4.V_l}{100.d} \quad (3.62)$$

$$\alpha_V = 1 - \frac{f_{ck}}{250} \quad (3.63)$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4} \quad (3.64)$$

$$\tau_{Rd21} = 0,27 \cdot \alpha_V \cdot f_{cd} \quad (3.65)$$

Se τ_{Sd1} for menor que τ_{Rd21} então a compressão diagonal esta verificada.

O momento solicitante segundo Carvalho e Pinheiro (2009) é obtido através da equação 3.66.

$$M1 = 100 \cdot \sigma'_S \cdot \frac{(A-a)^2}{8} \quad (3.66)$$

A armadura transversal à viga, ou paralela a A , pode ser dimensionada pelo método das bielas descrito em 3.10 e 3.11, com a força atuando na sapata sendo $R1$.

Segundo Carvalho e Pinheiro (2009), na direção paralela à viga, ou paralela B , supõe-se que não há flexão devido à grande rigidez da viga. Para esta direção, adota-se apenas uma armadura de distribuição que se calcula conforme equação (3.66).

$$A_{SB1} = \frac{1}{5} \cdot A_{SA1} \quad (3.67)$$

Segundo Alonso (2010) o pilar P2 sofrerá, do ponto de vista estático, uma redução de carga igual a ΔP , porém, costuma-se adotar apenas metade de ΔP . Então na sapata sobre o pilar P2 atuará uma carga igual a $P2'$ que fica como equação (3.68).

$$P2' = P2 - \frac{\Delta P}{2} \quad (3.68)$$

A área da sapata é dimensionada conforme equação 3.1, onde $P = P2'$.

As dimensões da sapata se $a \neq b$, podem ser determinadas conforme equações 3.2 e 3.3, tomando cuidado com a equação 3.2 na qual se deve dimensionar o lado da sapata para maior dimensão em planta do pilar.

Se $a = b$ pode-se optar pela equação (3.69) para determinação dos lados da sapata.

$$A2 = B2 = \sqrt{S_{SAP2}} \quad (3.69)$$

A altura H e a altura útil d podem ser dimensionadas conforme equações 3.59 e 3.9.

A verificação da compressão diagonal do concreto pode ser verificada conforme equações 3.70, 3.71, 3.63, 3.64 e 3.65.

$$u = 2 \cdot (a + b) \quad (3.70)$$

$$\tau_{sd2} = \frac{1.4 \cdot P2'}{u \cdot d2} \quad (3.71)$$

O momento solicitante pode ser calculado paralelo o lado A e B conforme equação 3.72 e 3.73, com σ'_s calculado com a equação 3.60

$$M_{SA} = A \cdot \sigma'_s \cdot \frac{(A-a)^2}{8} \quad (3.72)$$

$$M_{SB} = B \cdot \sigma'_s \cdot \frac{(B-b)^2}{8} \quad (3.73)$$

A armadura para o lado A e B pode ser calculado pelas equações 3.10 a 3.13.

Dimensionamento da viga:

Para o cálculo dos momentos e da cortante segundo Alonso (2010) tem-se as

equações 3.74 a 3.81.

$$q_x = \frac{P_1}{b_1} \quad (3.74)$$

$$q = \frac{R_1}{B_1} \quad (3.75)$$

Seção 1:

$$M_1 = \frac{(q_x - q)}{2} \cdot b_1^2 \quad (3.76)$$

$$V_1 = (q_x - q) \cdot b_1 \quad (3.77)$$

Seção 2:

$$M_2 = \Delta P \cdot \left(L + \frac{b_1}{2} - B_1\right) \quad (3.78)$$

$$V_2 = \Delta P \quad (3.79)$$

Seção de momento máximo:

$$X_0 = \frac{P_1}{q} \quad (3.80)$$

$$M_0 = \frac{q \cdot X_0^2}{2} - P_1 \cdot \left(X_0 - \frac{b_1}{2}\right) \quad (3.81)$$

Segundo Carvalho e Figueiredo (2007) para o dimensionamento da altura útil com o uso da equação 3.82 se garante que a viga trabalhe no domínio 3, não sendo necessário o uso de armadura dupla.

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{M_0}{a_1 \cdot f_{cd} \cdot (0,68 \cdot \epsilon - 0,272 \cdot \epsilon^2)}} \quad (3.82)$$

Na qual:

$\epsilon \leq 0,5$ para concretos \leq a 35 MPa.

$\epsilon \leq 0,4$ para concretos $>$ a 35 MPa.

Conforme Carvalho e Pinheiro (2009) o dimensionamento da altura útil para evitar a

ruptura por compressão diagonal do concreto também deve ser realizada conforme equação 3.83 e 3.84.

Para o Pilar P1:

$$d_{\min} = \frac{1,4.V1}{a1.\tau_{Rd}} \quad (3.83)$$

Para o pilar P2:

$$d_{\min} = \frac{1,4.\Delta P}{a2.\tau_{Rd}} \quad (3.84)$$

A altura útil será o maior valor entre as duas verificações para cada uma das seções.

O dimensionamento da armadura de flexão proposto por Carvalho e Figueiredo (2007) é feito conforme as equações 3.85 a 3.87.

$$M0 = (0,68.X.d - 0,272.X^2).a.fcd \quad (3.85)$$

$$Z = d - 0,4.X \quad (3.86)$$

$$A_s = \frac{M}{Z.f_{yd}} \quad (3.87)$$

O deslocamento do diagrama de momentos é realizado conforme o proposto por Carvalho e Pinheiro (2009) que está de acordo com a NBR 6118:2003, nas equações 3.88 à 3.90.

$$f_{ctd} = 0,15.fck^{2/3} \quad (3.88)$$

$$V_C = 0,6.f_{ctd}.b_w.d \quad (3.89)$$

$$a_1 = d.\left[\frac{V1}{2.(V1-V_C)}\right] \quad (3.90)$$

Comprimento de ancoragem segundo NBR 6118:2003 é calculado com as equações 3.91 e 3.92:

$$l_b = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad (3.91)$$

Na qual:

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd} \quad (3.92)$$

$\eta_1 = 2,25$ para barras nervuradas;

$\eta_2 = 0,7$ para situações de má aderência;

$\eta_3 = 1$ para $\phi < 32$ mm.

Verificação da ancoragem junto ao apoio em P1 conforme Carvalho e Pinheiro (2009).

A força a ser ancorada é obtida através da equação 3.93.

$$F = \frac{a_l}{d} \cdot V_{1.1,4} \quad (3.93)$$

A área necessária na ancoragem é determinada pela equação 3.94.

$$A_S = \frac{F}{f_{yd}} \quad (3.94)$$

O comprimento de ancoragem disponível a partir da face do pilar é calculado com a equação 3.95.

$$l_{disp} < \begin{cases} b - C \\ b - 3 \cdot \phi \end{cases} \quad (3.95)$$

Com o uso de ganchos o comprimento de ancoragem necessário é dado pela equação 3.96.

$$l_{b,nec} = 0.7 \cdot l_b \cdot \frac{A_{S,Calc}}{A_{S,ef}} \quad (3.96)$$

Quando a área da armadura longitudinal não é suficiente para ancorar toda a força, uma armadura complementar deve ser adicionada. Da NBR 6118:2003 obtêm as equações 3.97 e 3.98

$$l_{b,nec} = 0.7 \cdot l_b \cdot \frac{A_{S,Calc}}{A_{S,ef}} \quad (3.97)$$

Substituindo na equação 3.94 o $l_{b,nec}$ pelo l_{disp} é possível calcular a área que deve

ser ancorada com a equação 3.95.

$$A_{S,ef} = 0,7 \cdot l_b \cdot \frac{A_{S,Calc}}{l_{disp}} \quad (3.98)$$

A área complementar pode ser obtida subtraindo da área efetiva calculada na equação 3.95 a área da armadura longitudinal.

A armadura de cisalhamento como proposto por Carvalho e Pinheiro (2009) pode ser dimensionada segundo o modelo de cálculo I da NBR 6118:2003 e é mostrado nas equações 3.99 a 3.102.

$$\tau_c = 0,09 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2} \quad (3.99)$$

$$\tau_{Sd} = \frac{1,4 \cdot V_1}{a_1 \cdot d} \quad (3.100)$$

$$\tau_{SW} = \tau_{Sd} - \tau_c \quad (3.101)$$

$$\rho_{SW} = \frac{\tau_{SW}}{f_{yd}} \quad (3.102)$$

Sendo ρ_{SW} a taxa de armadura transversal.

Com a taxa de armadura, para estribos de dois ramos pode-se calcular o espaçamento entre os estribos através da equação 3.103.

$$t = \frac{A_{st}}{b_w \cdot \rho_{SW}} = \frac{2 \cdot A_{st1}}{b_w \cdot \rho_{SW}} \quad (3.103)$$

A_{st1} é a área de uma barra.

Segundo a NBR 6118:2003 para vigas com altura superior a 60 cm deve ser acrescentada uma armadura de pele de acordo com a equação 3.104.

$$A_{S,PeLe} = 0,001 \cdot b_w \cdot h \quad (3.104)$$

O dimensionamento da viga junto ao pilar P2 é semelhante ao feito para o pilar P1, a altura da viga é dimensionada como anteriormente, conforme a equação 3.82, com a diferença que o momento máximo que atua nessa seção é considerado metade de M_0 e esta altura é a altura que a viga deverá ter na metade do vão a partir do momento em que a

viga deixa de ter seção constante, para que a mesma trabalhe abaixo do limite do domínio 3-4.

A equação 3.82 ficaria então como mostra a equação 3.105.

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{M0/2}{a2.fcd.(0,68.\epsilon - 0,272.\epsilon^2)}} \quad (3.105)$$

A compressão diagonal da viga junto a P2 é verificada conforme a equação 3.84, então transporta-se o valor da altura útil encontrada na equação 3.105 para a extremidade da viga junto a P2, a altura útil junto a face do pilar P2 será o maior valor encontrado entre o valor da equação 3.105 transportado e o valor da equação 3.84.

Segundo Carvalho e Pinheiro (2009) é conveniente verificar a armadura no meio das seções, para isso após ter definido a altura junto ao apoio, pode-se calcular a altura útil no meio das seções com a equação 3.106.

$$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (3.106)$$

Na qual:

d_1 é a altura útil da seção 1

d_2 é a altura útil da seção 2, ou seção junto a P2.

3.2.6 Dimensionamento de sapata em divisa

Segundo Rebello (2008) o dimensionamento da sapata excêntrica é feita por tentativas, pois é necessário que pelo menos 2/3 da sapata estejam apoiados no solo e também que a tensão do solo não seja ultrapassada.

Rebello (2008) afirma que as tensões no solo podem ser determinadas dividindo a força em duas parcelas, uma carga centrada e um momento devido a excentricidade, então as dimensões da sapata podem ser determinadas pelas equações 3.107, 3.108, 3.109

$$\sigma_0 = \frac{P}{A*B} \quad (3.107)$$

Onde A e B são os lados da sapata e P a carga aplicada.

Rebello (2008) propõe um chute inicial para as dimensões A e B, porem é possível partir de um resultado que respeite pelo menos a tensão admissível do solo com as equações 3.108 e 3.109.

$$A = \sqrt{\frac{P}{0,5 \cdot \sigma_s}} \quad (3.108)$$

$$B = 2 \cdot A \quad (3.109)$$

Onde A e B são os lados da sapata, P a carga aplicada e σ_s a tensão do solo, como na figura 7.

As equações 3.108 e 3.109 garantem que a tensão no solo devido a carga centrada não seja ultrapassada, mas ainda é preciso garantir que a tensão no solo devido ao momento também não seja ultrapassada. Para isso Rebello (2008) propõe a equação 3.110, 3.11 e 3.12.

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{M}{\frac{B \cdot A^2}{6}} = \frac{P \cdot e}{\frac{B \cdot A^2}{6}} \quad (3.110)$$

Na qual:

$\sigma_1 = \sigma_2$ são as tensões produzidas pelo momento;

e é a excentricidade entre P e o centro de gravidade da sapata.

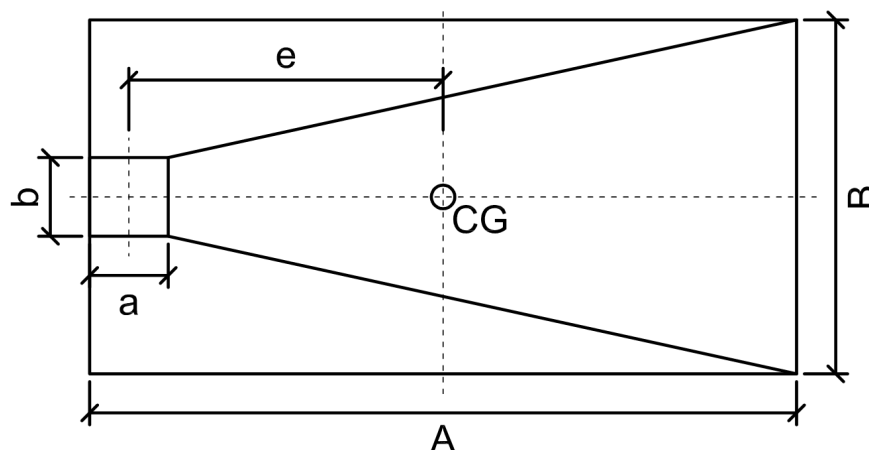


Figura 7 - Esquema de sapata de divisa.

A soma dos diagramas produzidos por $\sigma_0 + \sigma_1, \sigma_2$ é como o da figura 8.

Para as três hipóteses os valores máximos e mínimos das tensões são obtidos com

as equações 3.11 e 3.112.

$$\sigma_{\max} = \sigma_0 + \sigma_1 \quad (3.11)$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_0 - \sigma_1 \quad (3.12)$$

Enquanto as dimensões A e B não atenderem a relação de $\sigma_{\max} \leq \sigma_s$ aumenta-se o valor de A e repete as equações 3.109, 3.110, 3.11 e 3.12.

Deve-se segundo Rebello (2008) garantir que a sapata tenha pelo menos $2/3 * A$ em contato com o solo, então pela figura 8 tem-se $x \geq \frac{2}{3} * A$ com x calculado com a equação 3.13.

$$x = \frac{A \cdot \sigma_{\max}}{\sigma_{\max} + |\sigma_{\min}|} \quad (3.13)$$

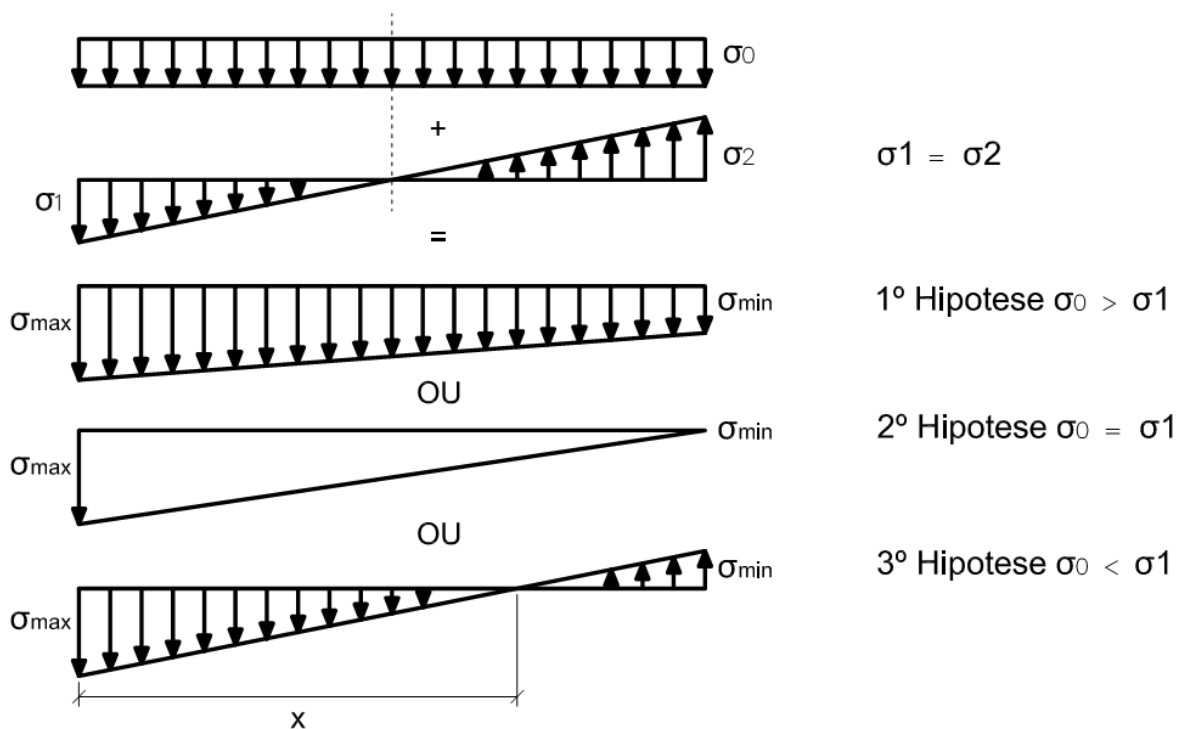


Figura 8 - Diagramas de tensões produzidas no solo.

Fonte: Rebello (2008)

Para o cálculo dos momentos, Rebello (2008) propõe duas situações diferentes, a primeira quando a sapata se encontra totalmente apoiada no solo e pode ser obtido com as equações 3.114, 3.115 e 3.116, o segundo caso, quando a sapata não esteja totalmente apoiada no solo pode ser obtido com as equações 3.117, 3.118 e 3.119.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\text{máx}} + \sigma_{\text{mín}}}{2} \quad (3.114)$$

$$M_B = \frac{A.B.\sigma_m}{4} \cdot \left(\frac{B}{3} - \frac{b}{2} \right) \quad (3.115)$$

$$M_A = \frac{A.B.\sigma_m}{4} \cdot \left(\frac{2}{3} * A - \frac{b}{2} \right) \quad (3.116)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\text{máx}}}{2} \quad (3.117)$$

$$M_B = \frac{(2.A.B) - (x.B)}{32.A} \cdot x \cdot \sigma_m (B - b) \quad (3.118)$$

$$M_A = \frac{x^2.B}{4.A} \cdot \sigma_m \cdot \left(\frac{2.x}{3} - \frac{b}{2} \right) \quad (3.119)$$

Rebello (2008), propõe para a determinação da altura h a equação 3.120.

$$H = 30\% \text{ de } A \quad (3.120)$$

A verificação a punção por Rebello (2008) é feita conforme equação 3.121.

$$\tau = \frac{P}{(2.(a+h)+b).h} < \tau_{\text{lim}} = \frac{f_{ck}}{25} \quad (3.121)$$

Para a verificação de compressão segundo Rebello (2008) tem-se a equação 3.122.

$$C = \frac{M}{b_w.d^2} \leq C_{\text{Lim}} = 0,14.f_{ck} \quad (3.122)$$

Rebello (2008) recomenda que um valor econômico para C, fica entre 15 e 20 kgf/cm².

Então a armadura pode ser dimensionada conforme Rebello (2008) pela equação 3.123.

$$A_f = \frac{M}{2500.d} \quad (3.123)$$

4. APLICAÇÃO PRÁTICA

4.1 Exemplos resolvidos

4.1.1 Sapatas Isoladas

Dimensionamento de uma sapata com uma carga $P = 50$ tf, pilar com seção de 15 x 30 cm, concreto com $f_{ck} = 20$ Mpa, cobrimento 3cm, CA50 e taxa do solo de $\sigma_s = 2,5$ kgf/cm².

Área da sapata segundo equação 3.1:

$$S_{SAP} = \frac{P}{\sigma_s} = \frac{50.000}{2,5} = 20.000,00 \text{ cm}^2$$

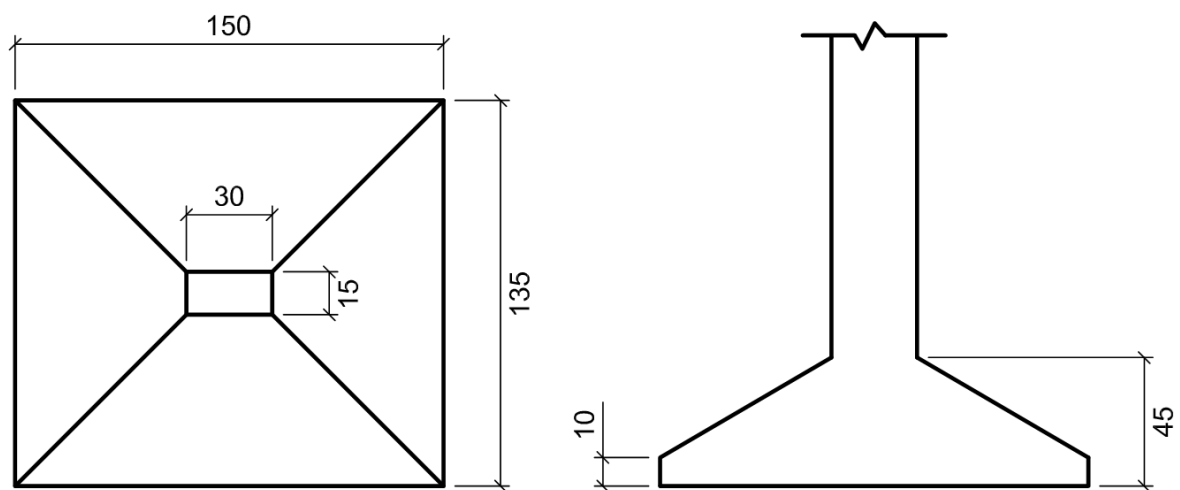


Figura 9 - Dimensões da sapata

Dimensões da sapata segundo equação 3.2 e 3.3 podem ser vistas na figura 9:

$$B = \frac{b-a}{2} + \sqrt{\frac{(b-a)^2}{4} + S_{SAP}} = \frac{30-15}{2} + \sqrt{\frac{(30-15)^2}{4} + 20.000} = 149,12 \text{ cm}$$

$$B \cong 150 \text{ cm}$$

$$A = \frac{S_{SAP}}{B} = \frac{20000}{150} = 133,33 \text{ cm}$$

$$A \cong 135 \text{ cm}$$

Altura da sapata segundo equação 3.4:

$$h = 30\% \text{ do lado maior} = 0,3.150 = 45 \text{ cm}$$

A sapata fica conforme Figura 9.

Verificação da punção segundo equação 3.5:

$$\tau_{LIM} = \frac{f_{ck}}{25} = \frac{200}{25} = 8 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau = \frac{P}{2.(a+b+2.h).d} = \frac{50.000}{2.(15+30+2.45).42} = 4,41 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau = 4,41 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{LIM} = 8 \text{ kgf/cm}^2 \therefore \text{OK}$$

Dimensionamento da armação:

Momento fletor máximo paralelo a A segundo equação 3.6:

$$M_A = \frac{P}{4} * \left(\frac{A}{3} - \frac{a}{2} \right) = \frac{50.000}{4} * \left(\frac{135}{3} - \frac{15}{2} \right) = 468.750,00 \text{ kgf. cm}$$

Momento fletor máximo paralelo a B segundo equação 3.7:

$$M_B = \frac{P}{4} * \left(\frac{B}{3} - \frac{b}{2} \right) = \frac{50.000}{4} * \left(\frac{150}{3} - \frac{30}{2} \right) = 437.500,00 \text{ kgf. cm}$$

Verificação de compressão devido ao momento M_A segundo equação 3.8 e 3.9:

$$C = \frac{M_A}{b_w.d^2} = \frac{468.750}{30.(45-3)^2} = 8,86 \text{ kgf/cm}^2$$

$$C_{LIM} = 0,14.f_{ck} = 0,14.200 = 28 \text{ kgf/cm}^2$$

$$C = 8,86 \text{ kgf/cm}^2 < C_{LIM} = 28 \text{ kgf/cm}^2 \therefore \text{OK}$$

Armadura paralela a A segundo equação 3.10 e 3.11 é detalhada na Figura 10:

$$T_a = \frac{P.(A-a)}{8.d} = \frac{50000.(135-15)}{8.42} = 17857,14 \text{ kgf}$$

$$A_{FA} = \frac{1,61.17857,14}{5000} = 5,75 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 8$ tem-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{5,75}{0,50} = 11,44 \cong 12 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{150 - 6 - (12 \cdot 0,8)}{11} = 12,22 \text{ cm}$$

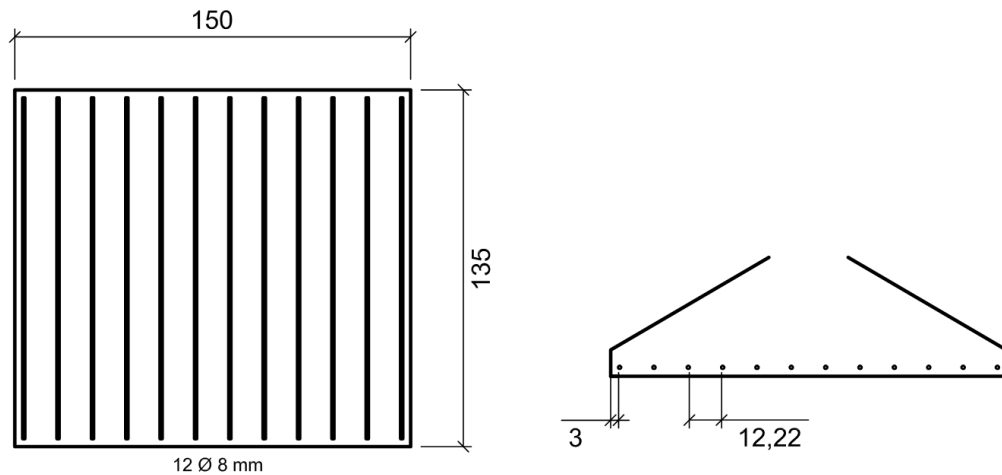


Figura 10 - Armadura paralela a A

Verificação de compressão devido ao momento M_B segundo equação 3.8 e 3.9:

$$C = \frac{M_B}{b_w \cdot d^2} = \frac{437.500}{15 \cdot (45 - 3)^2} = 16,53 \text{ kgf/cm}^2$$

$$C_{LIM} = 0,14 \cdot f_{ck} = 0,14 \cdot 200 = 28 \text{ kgf/cm}^2$$

$$C = 16,53 \text{ kgf/cm}^2 < C_{LIM} = 28 \text{ kgf/cm}^2 \therefore \text{OK}$$

Armadura paralela a B segundo equação 3.12 e 3.13 é detalhada na Figura 11:

$$T_b = \frac{P \cdot (B - b)}{8 \cdot d} = \frac{50000 \cdot (150 - 30)}{8 \cdot 42} = 17857,14 \text{ kgf}$$

$$A_{FB} = \frac{1,61 \cdot 17857,14}{5000} = 5,75 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 8$ tem-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{5,75}{0,50} = 11,44 \cong 12 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{135 - 6 - (12 \cdot 0,8)}{11} = 10,85 \text{ cm}$$

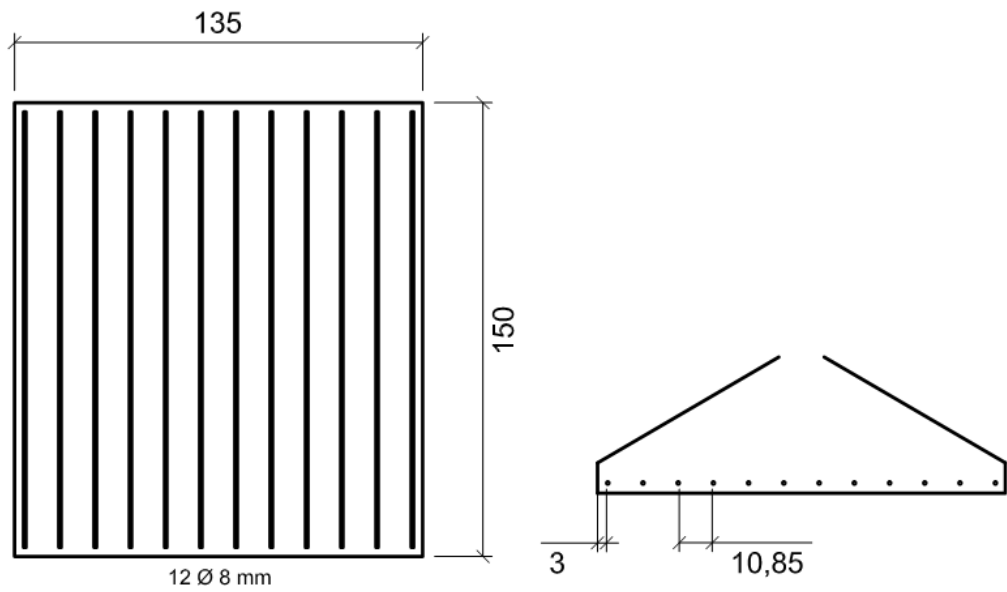


Figura 11 - Armadura paralela a B

A seguir o dimensionamento com programa desenvolvido para calculadora HP50g nas Figuras 12 a 39.

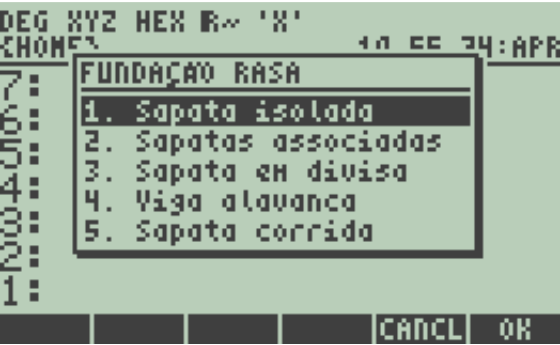


Figura 12 - Sapata isolada - Tela inicial do Programa.



Figura 13 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - Carga.

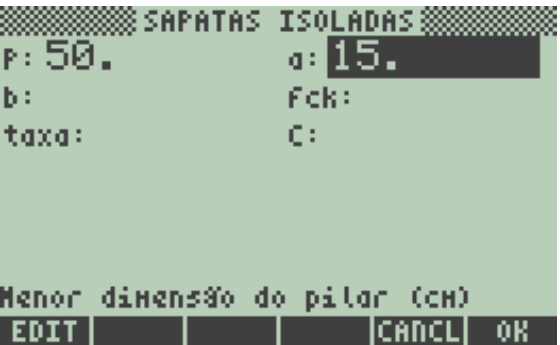


Figura 14 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - menor dimensão do pilar



Figura 15 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - maior dimensão do pilar.



Figura 16 – Sapata isolada - Tela de entrada de dados – fck.

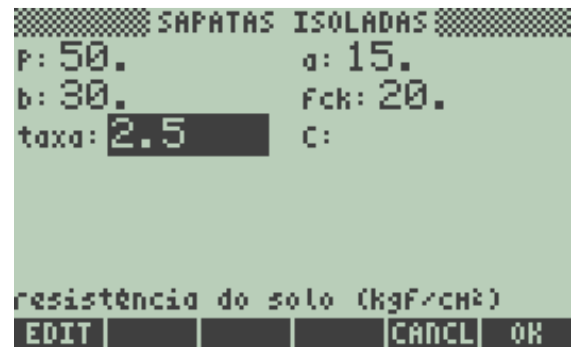


Figura 17 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - taxa solo.



Figura 18 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - cobertura.



Figura 19 - Sapata isolada - Tela de saída de dados - dimensão B.

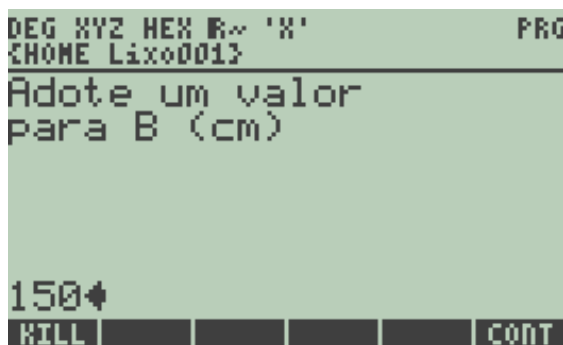


Figura 20 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - dimensão B.



Figura 21 - Sapata isolada - Tela de saída de dados - dimensão A.

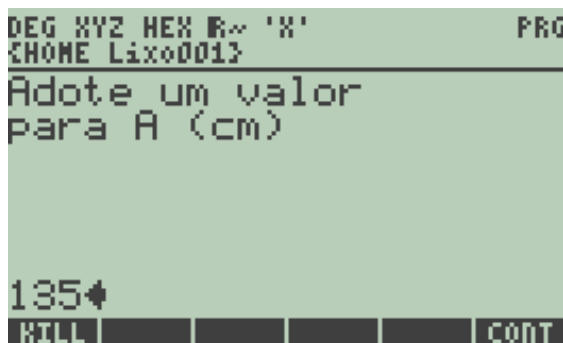


Figura 22 - Sapata isolada - Tela de entrada de dados - dimensão A.

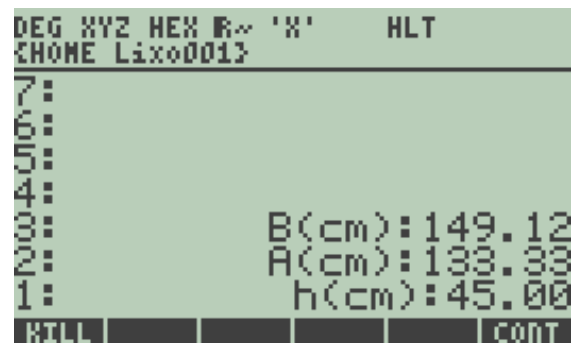


Figura 23 - Sapata isolada - Tela saída de dados - altura h.

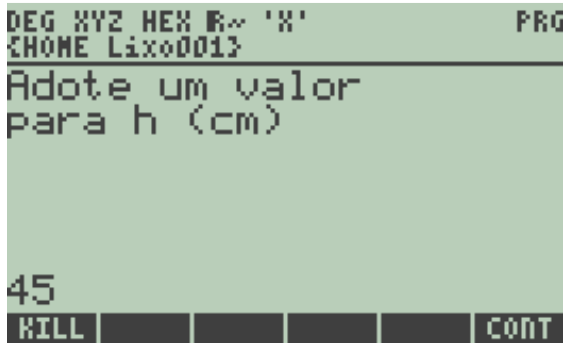


Figura 24 - Sapata isolada - Tela de entrada - altura h.

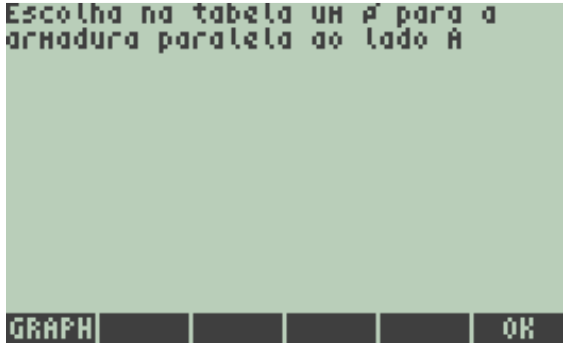


Figura 25 - Sapata isolada - Tela informativa - Armadura paralela a A.

ϕ mm	A cm ²	Num. barras	Esp ϕ cm
5.00	0.20	30.00	4.45
6.30	0.31	19.00	7.34
8.00	0.50	12.00	12.22
10.00	0.79	8.00	19.43
12.50	1.22	5.00	24.44

TEXT OK

Figura 26 - Sapata isolada - Tela de saída de dados - Armadura paralela a A.

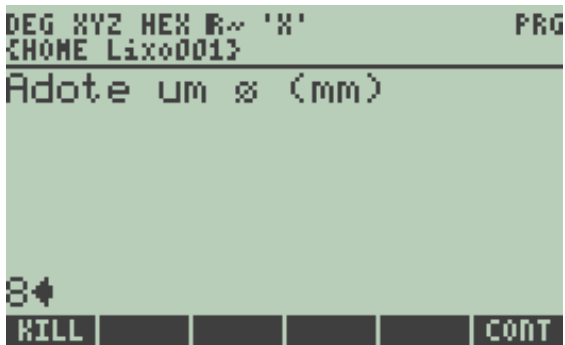


Figura 27 - Sapata isolada - Tela de entrada - Armadura paralela a A.

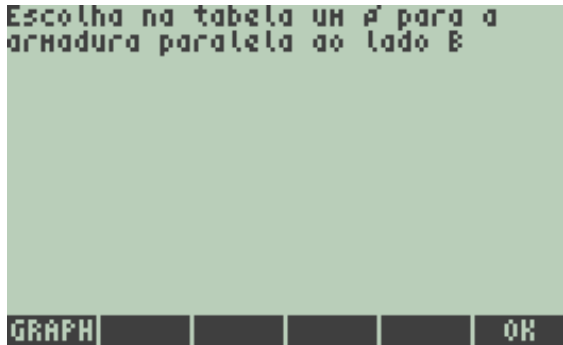


Figura 28 - Sapata isolada - Tela informativa - Armadura paralela a B.

ϕ mm	A cm ²	Num. barras	Esp ϕ cm
5.00	0.20	30.00	3.93
6.30	0.31	19.00	6.50
8.00	0.50	12.00	10.85
10.00	0.79	8.00	17.29
12.50	1.22	5.00	20.40

TEXT OK

Figura 29 - Sapata isolada - Tela de saída de dados - Armadura paralela a B.



Figura 30 - Sapata isolada - Tela de entrada - Armadura paralela a B.

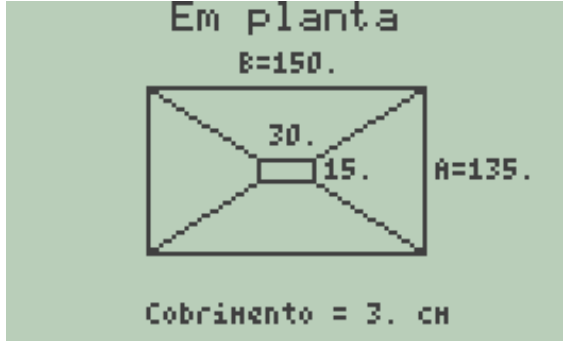


Figura 31 - Sapata isolada - Detalhe da sapata - Dimensões em planta.

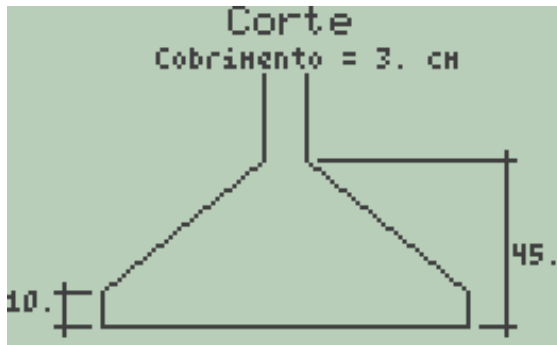


Figura 32 - Sapata isolada - Detalhe da sapata - Corte.

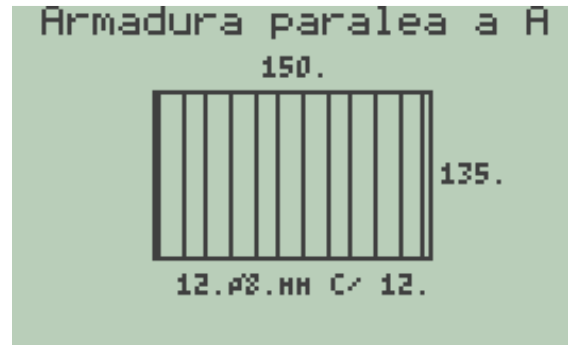


Figura 33 - Sapata isolada - Detalhe da sapata - Armadura paralela a A.

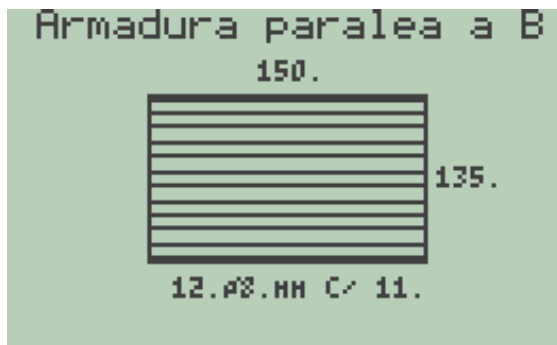


Figura 34 - Sapata isolada - Detalhe da sapata - Armadura paralela a B.

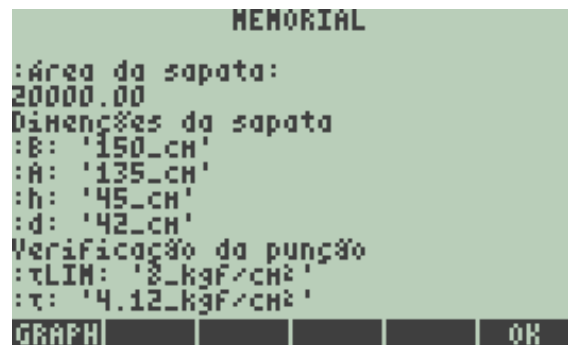


Figura 35 - Sapata isolada - Saída de dados - Memorial parte 1.

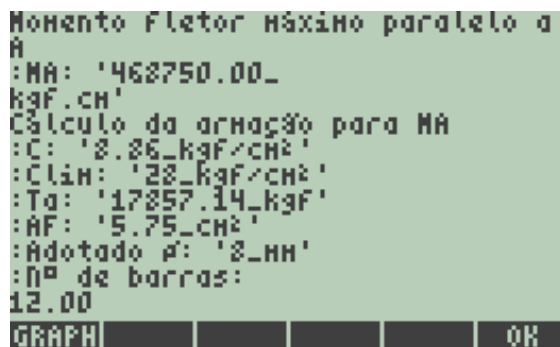


Figura 36 - Sapata isolada - Saída de dados - Memorial parte 2.

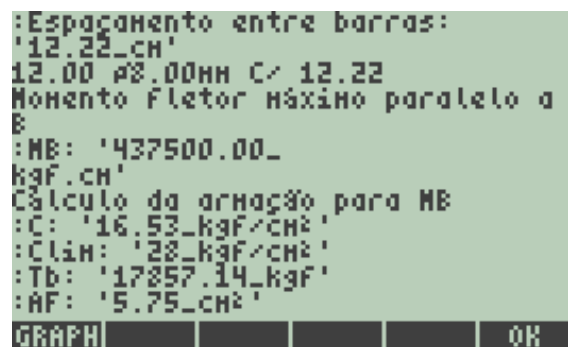


Figura 37 - Sapata isolada - Saída de dados - Memorial parte 3.

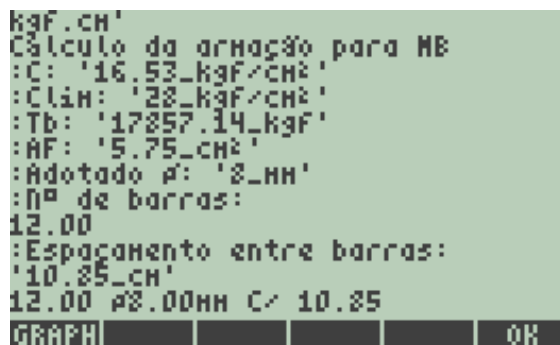


Figura 38 - Sapata isolada - Saída de dados - Memorial parte 4.

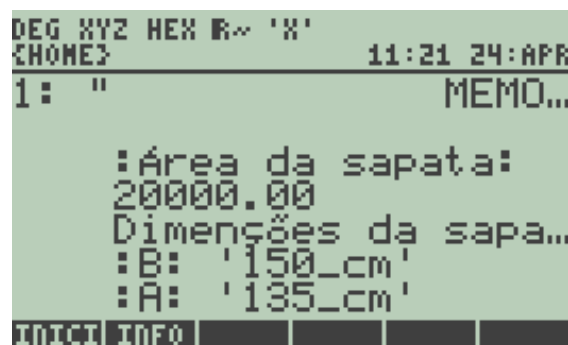


Figura 39 - Sapata isolada - Saída de dados - Memorial para ser salvo.

O programa realiza o cálculo da armadura para aço CA50, mais comum para este tipo de estrutura.

4.1.2 Sapatas Associadas

Dimensionar uma sapata associada para o esquema da Figura 40, com $f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$, $\sigma_s = 2,5 \text{ kg/cm}^2$ e $C = 5 \text{ cm}$.

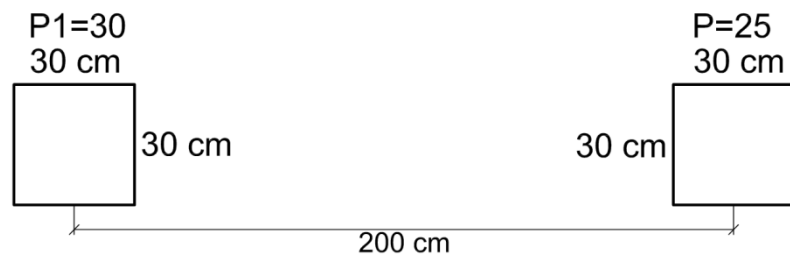


Figura 40 - Planta dos pilares para o dimensionamento de sapatas associadas

Aplicando a equação 3.14 encontramos o centro de gravidade dos pilares:

$$X = \frac{P_1 \cdot L}{P_1 + P_2} \cdot 100 = \frac{30 \cdot 2}{30 + 25} \cdot 100 = 109,09 \text{ cm}$$

Com a equação 3.15 tem-se a área da sapata:

$$A_{SAP} = \frac{P_1 + P_2}{\sigma_s} = \frac{30000 + 25000}{2,5} = 22000 \text{ cm}^2$$

As dimensões A e B da sapata são obtidas conforme as equações 3.16 e 3.17

$$A = (X + X') \cdot 2 = (109,09 + 30') \cdot 2 = 278,18 \cong 280 \text{ cm}$$

Esta dimensão não satisfaz as dimensões mínimas, devendo ser aumentada para:

$$A = 310 \text{ cm}$$

$$B = \frac{A_{SAP}}{A} = \frac{22000}{310} = 70,97 \cong 75 \text{ cm}$$

O esquema das dimensões são apresentados na Figura 41.

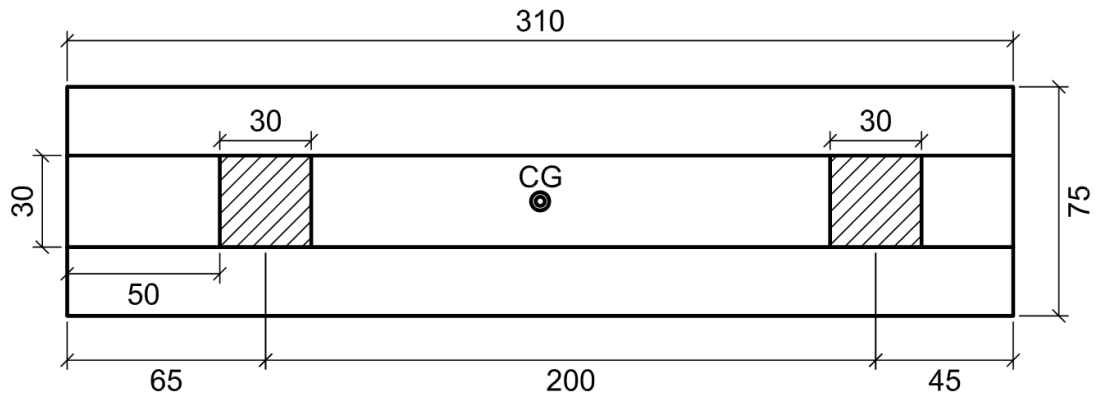


Figura 41 - Sapata associada em planta

O momento fletor máximo na laje da sapata segundo equação 3.18 e 3.19:

$$q = \sigma_s \cdot 100 = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ kgf/cm}^2$$

$$M_{\text{MAX}} = \frac{q \cdot (B-b)^2}{8} = \frac{250 \cdot (75-30)^2}{8} = 63281,25 \text{ kgf. cm}$$

Verificação de compressão devido ao momento para a laje da sapata tem-se com a aplicação das equações 3.20, 3.21a e 3.21b.

$$h = 0,2 \cdot B = 0,2 \cdot 75 = 15 \text{ cm}$$

$$d = h - c = 15 - 5 = 10 \text{ cm}$$

$$C = \frac{M}{b_w \cdot d^2} = \frac{63281,25}{100 \cdot 10^2} = 6,33 \text{ kgf/cm}^2$$

$$C_{\text{LIM}} = 0,14 \cdot f_{ck} = 0,14 \cdot 200 = 28 \text{ kgf/cm}^2$$

$$C < C_{\text{LIM}} \therefore \text{OK}$$

A armação para a laje da sapata será conforme equação 3.22.

$$A_F = \frac{M}{2500 \cdot d} = \frac{63281,25}{2500 \cdot 10} = 2,53 \text{ cm}^2/\text{m de sapata}$$

Para $\Phi 6,3$ temos:

$$\text{Numero de barras} = \frac{2,53}{0,31} = 8,12 \cong 9 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento} = (100 - (9 \cdot 0,63)) / 8 = 11,79 \text{ cm}$$

Para os momentos fletores na viga de rigidez tem-se:

Para momento no balanço equações 3.23 e 3.24.

$$P = \sigma_s \cdot B = 2,5.75 = 187,5 \text{ kgf/cm}$$

$$M_B = \frac{P.X^2}{2} = \frac{187,5.65^2}{2} = 396093,75 \text{ kN.cm}$$

Para o momento entre pilares equação 3.25

$$M_P = \frac{P.L^2}{8} = \frac{187,5.200^2}{8} = 937500,00 \text{ kN.cm}$$

Sabe-se que neste caso o momento não se encontra exatamente no meio do vão, como este trabalho trata-se da construção de programas, sugere-se uma fórmula um pouco mais refinada para o cálculo do momento entre pilares.

O momento será calculado a partir das equações da isostática. Desprezando então a equação 3.25 a equação de momento assumira a seguinte forma:

$$M_P = -\frac{P.X_0}{2} + R1.X_0 - P * X_2 \cdot \left(\frac{X_2}{2} + X_0\right) \quad (4.1)$$

Na qual:

P = carga (kgf/cm)

X_0 = Ponto onde o momento é máximo

$R1$ = reação de apoio em $P1$

X_2 = Distância do centro de $P1$ a borda da sapata

Ao aplicarmos a equação 4.1 tem-se:

$$M_P = -\frac{187,50.105,50^2}{2} + 31968,75.105,50 - 187,50.65 \cdot \left(\frac{65}{2} + 105,50\right)$$

$$M_P = 647367,19 \text{ kN.cm}$$

Pode-se ver que a diferença entre o momento calculado pela equação 3.25 e o momento calculado pela equação 4.1 tem uma diferença significativa, devendo ser levada em consideração.

Verificação de compressão devido ao momento para a viga de rigidez tem-se com a aplicação das equações 3.26 e 3.27, podendo ser verificada apenas para o maior momento.

$$H = \text{adotado inicialmente} = 30 \text{ cm}$$

$$d = H - c = 30 - 5 = 25 \text{ cm}$$

$$C = \frac{M}{b_w.d^2} = \frac{643767,19}{30.25^2} = 34,53 \text{ kgf/cm}^2$$

$$C_{LIM} = 0,14 \cdot f_{ck} = 0,14 \cdot 200 = 28 \text{ kgf/cm}^2$$

$C > C_{LIM} \therefore$ Deve – se aumentar a altura da viga de rigidez.

$H =$ adotado inicialmente $= 40 \text{ cm}$

$$d = H - c = 40 - 5 = 35 \text{ cm}$$

$$C = \frac{M}{b_w \cdot d^2} = \frac{643767,19}{30 \cdot 35^2} = 17,62 \text{ kgf/cm}^2$$

$C < C_{LIM} \therefore OK$

Dimensiona-se as armaduras com a equação 3.28

Para o Balanço:

$$A_F = \frac{M}{2500 \cdot d} = \frac{396093,75}{2500 \cdot 35} = 4,53 \text{ cm}^2$$

Para $\Phi 16$ temos:

$$\text{Numero de barras} = \frac{4,53}{2,01} = 2,25 \cong 3 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento} = \frac{30-10-3 \cdot 1,6}{2} = 7,6 \text{ cm}$$

$\therefore 3 \Phi 16$

Para o vão entre pilares temos:

$$A_F = \frac{M}{2500 \cdot d} = \frac{643767,19}{2500 \cdot 35} = 7,40 \text{ cm}^2$$

Para $\Phi 16$ temos:

$$\text{Numero de barras} = \frac{7,40}{2,01} = 3,68 \cong 4 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento} = \frac{30-10-4 \cdot 1,6}{3} = 4,53 \text{ cm}$$

$\therefore 4 \Phi 16$

A força cortante máxima deve ser calculada conforme equação 3.29 e 3.30.

Para o balanço:

$$Q_B = P \cdot X = 187,5 \cdot 65 = 12187,50 \text{ kgf}$$

Para o vão entre pilares:

$$Q_V = \frac{P.L}{2} = \frac{187,5.200}{2} = 18750,00 \text{ kgf}$$

Os estribos são dimensionados conforme equação 3.31

$$A_{F \text{ ESTRIBO}} = \frac{Q_{M\acute{a}x}}{d.20} = \frac{18750}{35.20} = 26,79 \text{ cm}^2/\text{m de viga}$$

Para $\Phi 8$ temos:

$$\text{Numero de barras} = \frac{26,79}{2.0,50} = 26,64 \cong 27 \text{ estribos}$$

$$\text{Espaçamento} = 100 - \frac{27.0,8}{26} = 3,02 \text{ cm}$$

$\therefore \Phi 8 \text{ C} / (3,02 \text{ cm})$

Um detalhe da sapata associada pode ser visto na Figura 42.

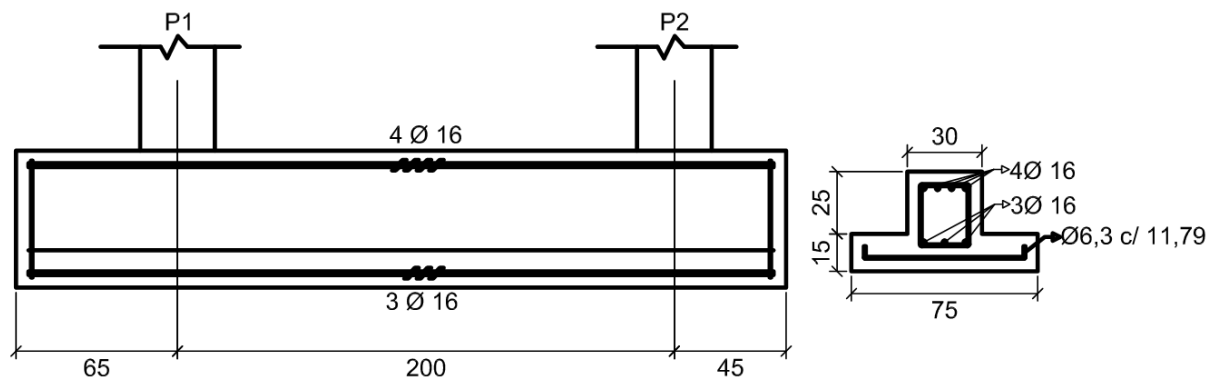


Figura 42 - Resumo da armação da sapata associada

Nas Figuras 43 a 56 apresenta-se o dimensionamento com programa desenvolvido para calculadora HP 50g

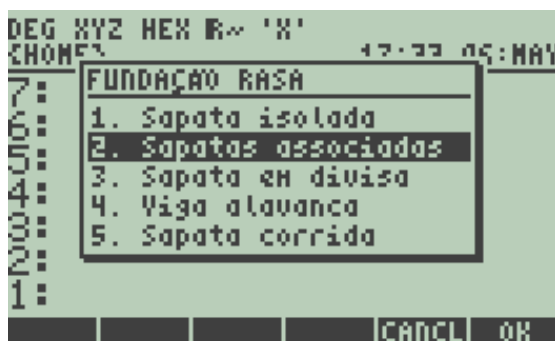


Figura 43 – Saptas Associadas - Tela inicial do programa: seleção saptas associadas

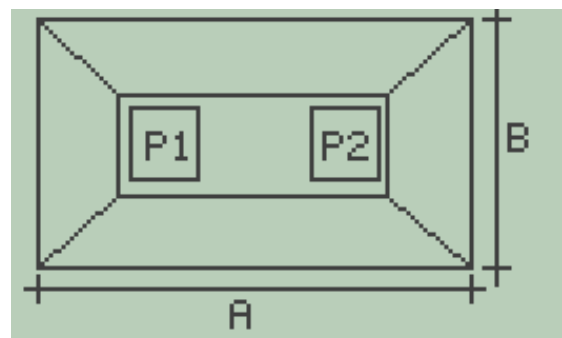


Figura 44 - Saptas Associadas - Esquema inicial para identificação dos lançamentos de dados.

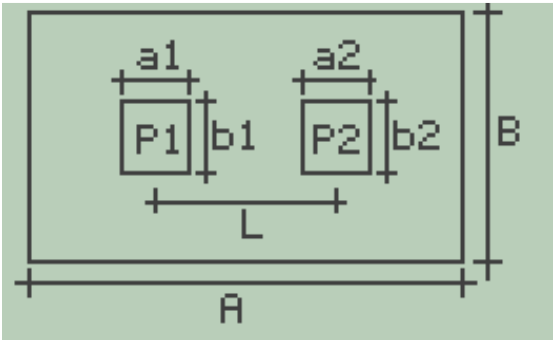


Figura 45 - Sapatas Associadas –Segundo Esquema para lançamento de dados.

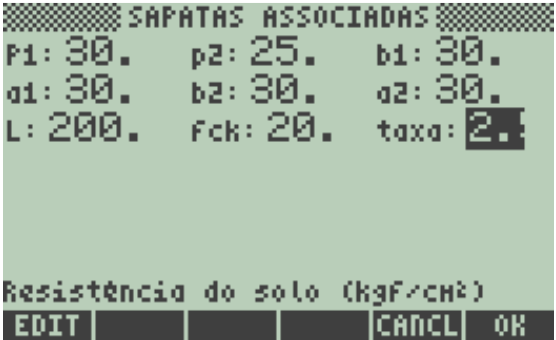


Figura 46 - Sapatas Associadas – Tela de lançamento de dados 1.

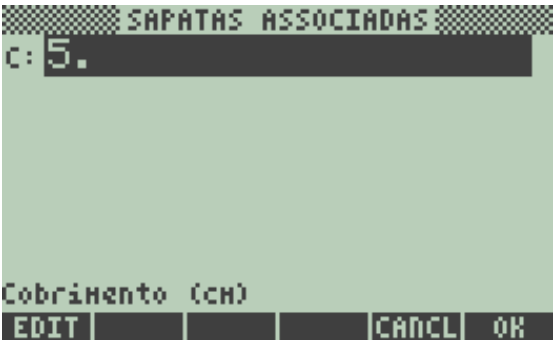


Figura 47 - Sapatas associadas - Tela de lançamento de dados 2.

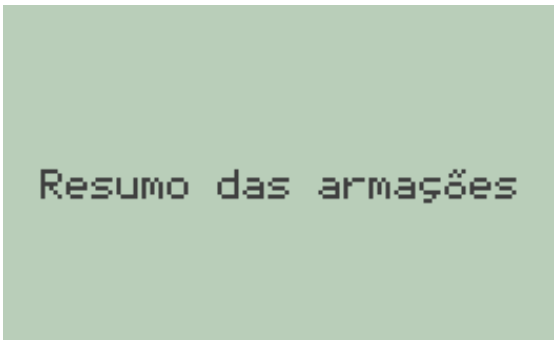


Figura 48 - Sapatas Associadas - Tela que marca o início do detalhamento da sapata

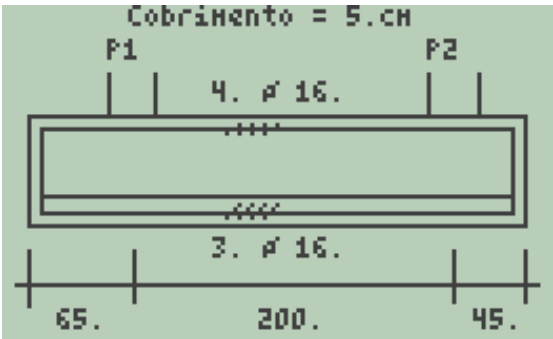


Figura 49 - Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, armaduras.

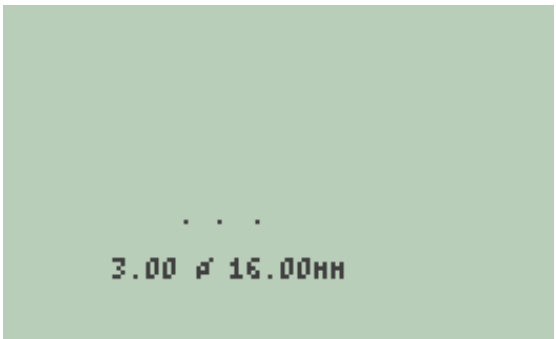


Figura 50 - Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, armadura inferior.

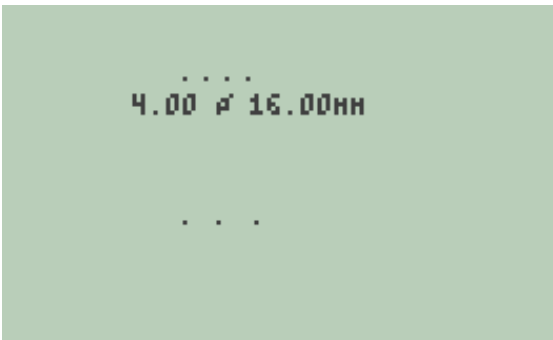


Figura 51- Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, armadura superior.

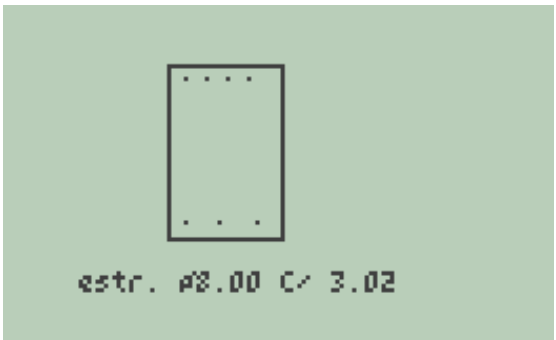


Figura 52 - Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, estribos.

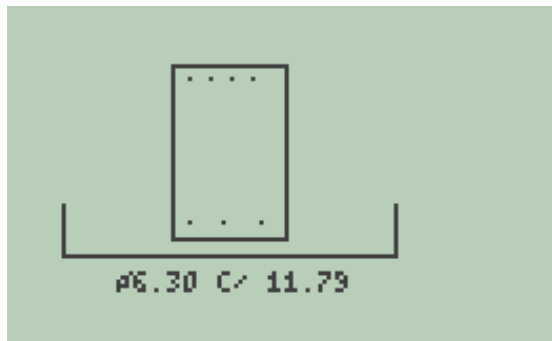


Figura 53 - Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, armadura transversal da laje.

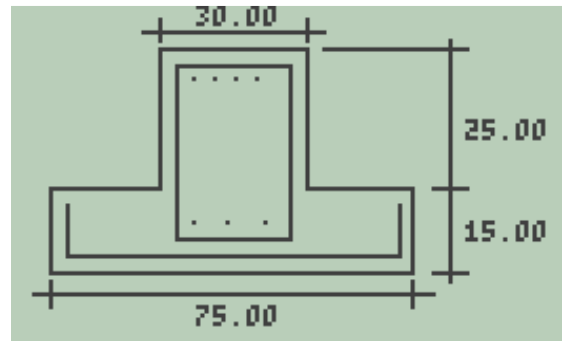


Figura 54 - Sapatas Associadas - Detalhamento da viga, seção transversal.



Figura 55 - Sapatas Associadas - Memorial.

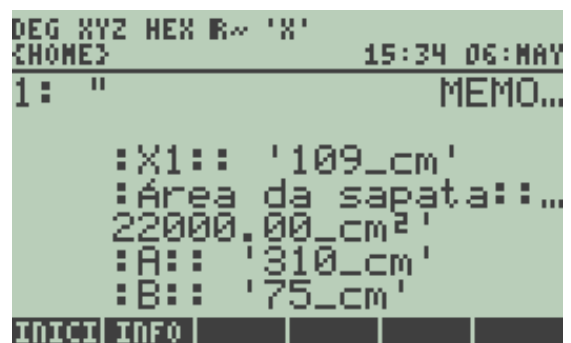


Figura 56 - Sapatas Associadas - Memorial para ser salvo.

Nesta seção nem todas as telas da calculadora foram mostradas visto que não se faz necessário, pois seu funcionamento é semelhante ao apresentado para sapatas isoladas. Lembrando que o programa realiza o cálculo da armadura para aço CA50.

4.1.3 Sapata corrida

4.1.3.1 Sapata Corrida com viga de rigidez

Dimensionar uma sapata corrida com as seguintes características, $f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$, $P=10 \text{ t/m}$, $LP=15 \text{ cm}$, $\sigma_s = 1 \text{ kg/cm}^2$ e $C = 3 \text{ cm}$.

O exemplo acima será dimensionado através dos dois métodos propostos no item 3.2.4.

Com viga de rigidez:

A seguir as dimensões da sapata serão determinadas através das equações 3.32 a

3.37:

$$B = \frac{P}{100 \cdot \sigma_s} = \frac{10000}{100 \cdot 1} = 100 \text{ cm}$$

$$h = \text{maior valor entre } \begin{cases} 0,02 \cdot B = 0,02 \cdot 100 = 20 \text{ cm} \\ 10 \text{ cm} \end{cases} \therefore h = 20 \text{ cm}$$

$$H = h + 2 \cdot h = 20 + 2 \cdot 20 = 60 \text{ cm}$$

O dimensionamento do momento fletor é feito conforme equações 3.38 e 3.39:

$$q = \sigma_s \cdot 100 = 1 \cdot 100 = 100 \text{ kgf/cm}$$

$$M_{MAX} = q \cdot \frac{(B-b)^2}{8} = 100 \cdot \frac{(100-15)^2}{8} = 90312,50 \text{ kgf.cm}$$

Verificação de compressão devido ao momento conforme equação 3.26:

$$C = \frac{M}{b_w \cdot d^2} = \frac{90312,50}{100 \cdot 17^2} = 3,13 \text{ kgf/cm}^2 < 8 \text{ kgf/cm}^2$$

A área de aço para a laje da sapata conforme equação 3.28 é:

$$A_F = \frac{M}{2500 \cdot d} = \frac{90312,50}{2500 \cdot 17} = 2,13 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 6,3$ têm-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{2,13}{0,31} = 6,82 \cong 7 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{100 - (7 \cdot 0,63)}{6} = 15,93 \text{ cm}$$

$$\therefore \phi 6,3 \text{ c}/15,93$$

Para a viga de rigidez conforme equação 3.40 a área de aço será:

$$A_F > \begin{cases} 0,0015 \cdot b \cdot H = 0,0015 \cdot 15 \cdot 60 = 1,35 \text{ cm}^2 \\ 2\phi 10 \text{ mm} = 1,57 \text{ cm}^2 \end{cases} \therefore 2\phi 10$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{15 - 2 \cdot 3 - (2 \cdot 1)}{1} = 7 \text{ cm}$$

$$\therefore \phi 10 \text{ c}/7$$

Os estribos são iguais a armadura da laje da sapata, portanto:

$\varnothing 6,3 \text{ c}/15,93$

Na Figura 57 têm-se o detalhamento da seção transversal da sapata corrida dimensionada no exemplo acima.

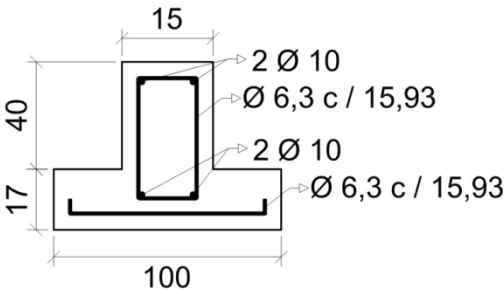


Figura 57 - Detalhe da seção transversal de uma sapata corrida com viga de rigidez.

Nas figuras 58 a 67 apresenta-se o dimensionamento com programa desenvolvido para calculadora HP 50g



Figura 58 - Sapata corrida - Tela inicial do programa: seleção sapata corrida .

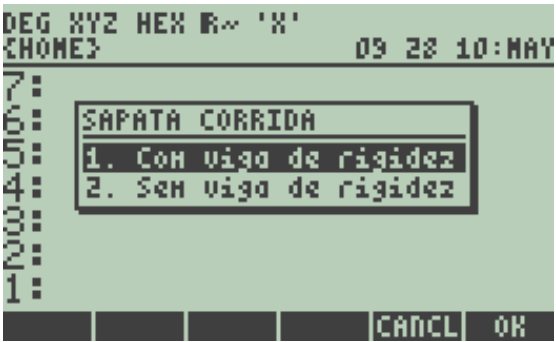


Figura 59 - Sapata corrida - Tela de seleção do tipo de sapata corrida - sapata corrida com viga de rigidez.



Figura 60 - Sapata corrida com viga de rigidez - Tela de entrada de dados.



Figura 61 - Sapata corrida com viga de rigidez - Detalhamento da armadura inferior.



Figura 62 - Sapata corrida com viga de rigidez - Detalhamento da armadura superior.



Figura 63 - Sapata corrida com viga de rigidez - Detalhamento dos estribos.

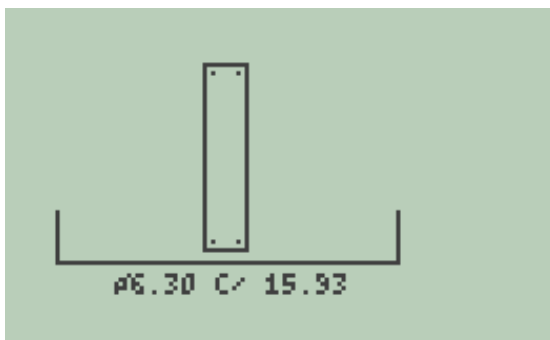


Figura 64 - Sapata corrida com viga de rigidez - Detalhamento da armadura transversal da laje.

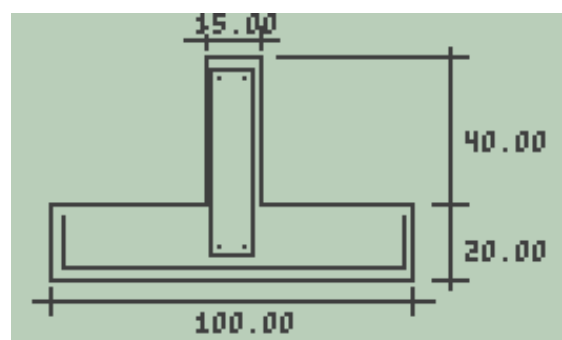


Figura 65 - Sapata corrida com viga de rigidez - Detalhamento da seção transversal.

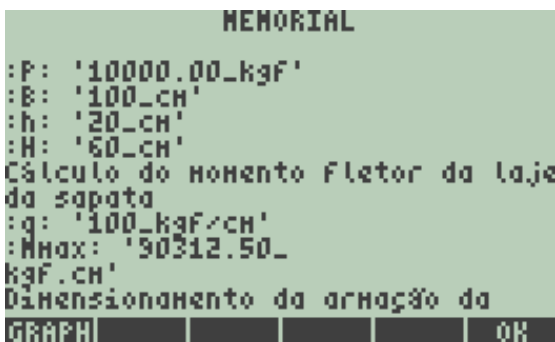


Figura 66 - Sapata corrida com viga de rigidez - Memorial.

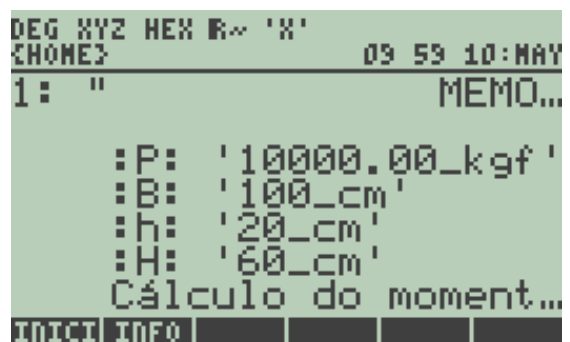


Figura 67 - Sapata corrida com viga de rigidez - Memorial para ser salvo.

4.1.3.2 Sapata Corrida sem viga de rigidez

A largura B será determinada através da equação 3.41

$$B = \frac{P}{100 \cdot \sigma_s} = \frac{10000}{100 \cdot 1} = 100 \text{ cm}$$

A altura H pode ser determinada pela equação 3.42:

$$H = 10 + \frac{(B-b)}{2} \cdot \operatorname{tg}30^\circ = 10 + \frac{(100-15)}{2} \cdot \operatorname{tg}30^\circ = 34,54 \cong 35 \text{ cm}$$

A altura útil conforme equação 3.43:

$$d = H - C = 35 - 3 = 32 \text{ cm}$$

A verificação de compressão diagonal do concreto tem-se:

Calcula-se a força cortante na face da parede pela equação 3.44:

$$V_l = 100 \cdot \frac{(B-b)}{2} = 100 \cdot \frac{(100-15)}{2} = 4250,00 \text{ kgf}$$

Calcula-se a tensão de cisalhamento solicitante pela equação 3.45:

$$\tau_{sd} = \frac{1,4 \cdot V_l}{100 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 4250}{100 \cdot 32} = 1,86 \text{ kgf/cm}^2$$

Calcula-se a tensão de cisalhamento resistente com as equações 3.46, 3.47 e 3.48:

$$\alpha_v = 1 - \frac{f_{ck}}{250} = 1 - \frac{20}{250} = 0,92$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4} = \frac{200}{1,4} = 142,86$$

$$\tau_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_v \cdot f_{cd} = 0,27 \cdot 0,92 \cdot 142,86 = 35,49 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Se } \tau_{Rd2} = 35,49 \text{ kgf/cm}^2 > \tau_{sd} = 1,86 \text{ kgf/cm}^2 \therefore \text{OK}$$

O momento junto a face da parede calcula-se com a equação 3.49:

$$M_s = 100 \cdot \sigma_s \cdot \frac{(B-b)^2}{2} = 100 \cdot 1 \cdot \frac{(100-15)^2}{2} = 90312,50 \text{ kgf.cm}$$

Para a armadura conforme equação 3.50 e 3.51 tem-se:

$$T = \frac{P \cdot (B-b)}{8 \cdot d} = \frac{10000 \cdot (100-15)}{8 \cdot 32} = 3320,31 \text{ kgf}$$

$$A_s = \frac{1,61 \cdot T}{5000} = \frac{1,61 \cdot 3320,31}{5000} = 1,07 \text{ cm}^2$$

Como já foi comentado no item 3.2.4, esta armadura é adotada para as duas dimensões da sapata e pode ser visto no detalhamento da Figura 68.

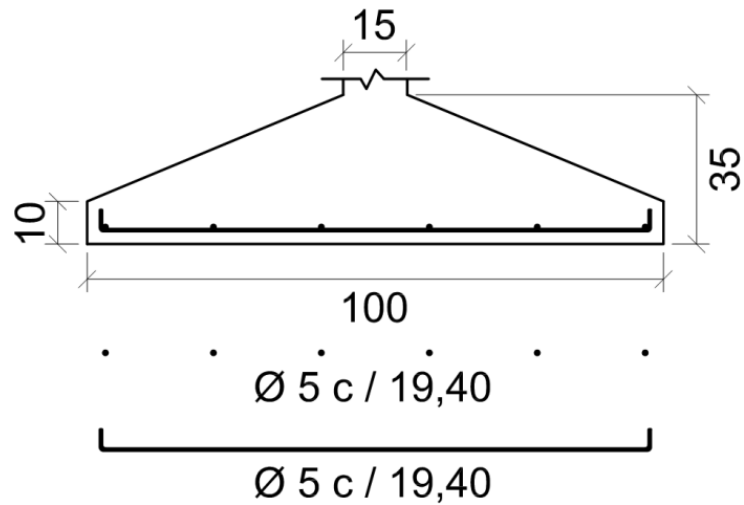


Figura 68 - Detalhamento da sapata corrida sem viga de rigidez.

Nas Figuras 69 a 76 tem-se o dimensionamento com programa desenvolvido para calculadora HP 50g:



Figura 69 - Sapata corrida - Tela inicial do programa: seleção sapata corrida .

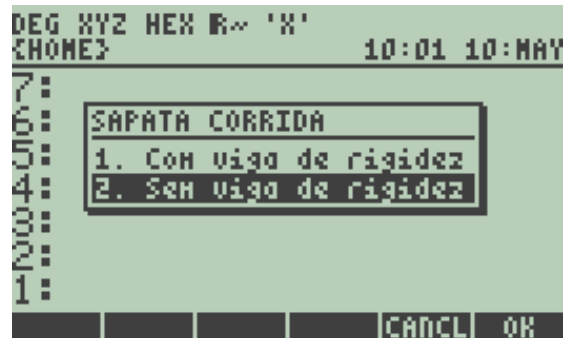


Figura 70 - Sapata corrida - Tela de seleção do tipo de sapata corrida - sapata corrida sem viga de rigidez.



Figura 71 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Tela de entrada de dados.

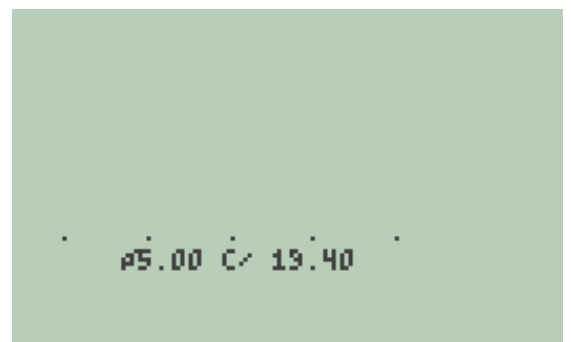


Figura 72 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Detalhamento da armadura longitudinal.

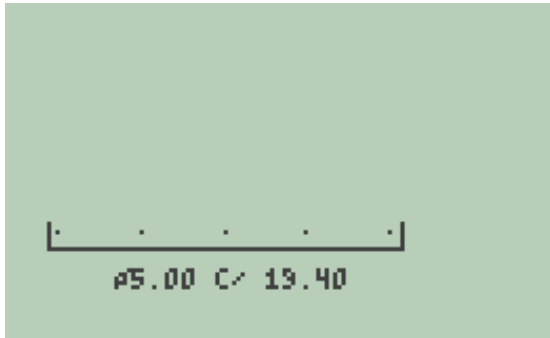


Figura 73 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Detalhamento da armadura transversal.

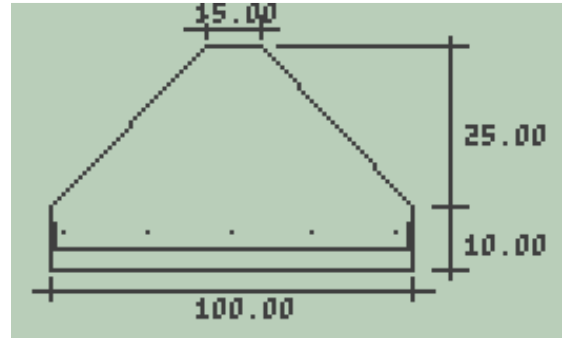


Figura 74 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Detalhamento da seção transversal.

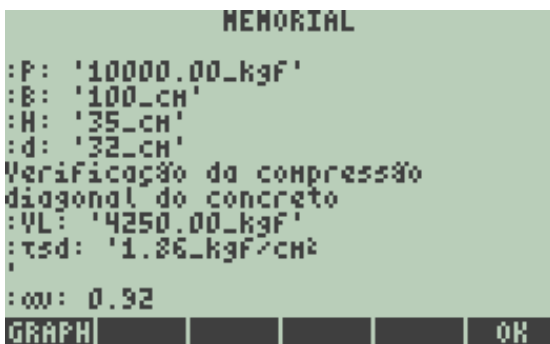


Figura 75 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Memorial.



Figura 76 - Sapata corrida sem viga de rigidez - Memorial para ser salvo.

4.1.4 Viga alavanca

Dimensionamento de uma sapata para um pilar de divisa através de viga alavanca, com uma carga de 140 t, em um solo com tensão admissível de 3.5 kg/cm², aço CA-50, fck 20 MPa e cobrimento 5 cm. Conforme Figura 77 abaixo:

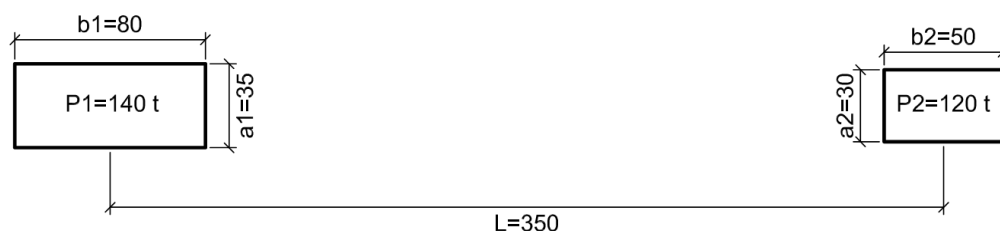


Figura 77 - Configuração de pilares para dimensionamento de viga alavanca.

Dimensionamento da sapata junto ao apoio conforme as equações 3.52 a 3.58:

Partir inicialmente da relação inicial $A = 2 \cdot B$:

$$B1 = \sqrt{\frac{P_1}{2 \cdot \sigma_s}} = \sqrt{\frac{140000}{2 \cdot 3,5}} = 141,42 \text{ cm} \cong 145 \text{ cm}$$

$$e = \frac{B1 - b1}{2} = \frac{145 - 80}{2} = 32,5 \text{ cm}$$

$$Z1 = L - e1 = 350 - 32,5 = 317,5 \text{ cm}$$

$$\Delta P = P_1 \cdot \frac{e}{Z1} = 140000 \cdot \frac{32,5}{317,5} = 14330,71 \text{ kgf}$$

$$R1 = P_1 + \Delta P = 140000 + 14330,71 = 154330,71 \text{ kgf}$$

$$S_{SAP1} = \frac{R1}{\sigma_s} = \frac{154330,71}{3,5} = 44094,49 \text{ cm}^2$$

$$A1 = \frac{S_{SAP1}}{B1} = \frac{44094,49}{145} = 304,10 \text{ cm} \cong 305 \text{ cm}$$

$$\frac{A1}{B1} = \frac{305}{145} = 2,10 < 2,5 \therefore OK$$

Dimensionamento da altura da sapata conforme equação 3.59 e a altura útil pela equação 3.9:

Adotado $h1 = 15 \text{ cm}$.

$$H1 = h1 + \frac{(A2 - a2)}{2} \cdot \text{tg } 30^\circ = 15 + \frac{(305 - 35)}{2} \cdot \text{tg } 30^\circ = 92,94 \text{ cm} \cong 95 \text{ cm}$$

$$d = H1 - c = 95 - 5 = 90 \text{ cm}$$

A compressão diagonal no concreto é verificada conforme as equações 3.60 a 3.65.

$$\sigma'_{S1} = \frac{R1}{A1 \cdot B1} = \frac{154330,71}{305 \cdot 145} = 3,49 \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{l1} = \sigma'_S \cdot \frac{(A1 - a1)}{2} \cdot 100 = 3,49 \cdot \frac{(305 - 35)}{2} \cdot 100 = 47110,56 \text{ kgf/m}$$

$$\tau_{Sd1} = \frac{1,4 \cdot V_{l1}}{100 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 47110,56}{100 \cdot 90} = 7,38 \text{ kgf/cm}^2/\text{m}$$

$$\alpha_V = 1 - \frac{f_{ck}}{250} = 1 - \frac{20}{250} = 0,92$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4} = \frac{200}{1,4} = 142,86 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{Rd21} = 0,27 \cdot \alpha_V \cdot f_{cd} = 0,27 \cdot 0,92 \cdot 142,86 = 35,49 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{Sd1} < \tau_{Rd21} \therefore \text{OK}$$

O momento solicitante é calculado conforme equação 3.66.

$$M1 = 100. \sigma'_S. \frac{(A1-a1)^2}{8} = 100.3,49. \frac{(305-35)^2}{8} = 3180262,50 \text{ kgf. cm}$$

A armadura paralela a A1 é calculada com as equações 3.10 e 3.11

$$T_a = \frac{R1.(A1-a1)}{8.d} = \frac{154330,71.(305-35)}{8.90} = 57874,02 \text{ kgf}$$

$$A_{FA} = \frac{1,61.T_a}{f_{yk}} = \frac{1,61.57874,02}{5000} = 18,64 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 12,5$ tem-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{18,64}{1,23} = 15,19 \cong 16 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{145-10-(16.1,25)}{15} = 7,67 \text{ cm}$$

$\phi 12$ c/ 7,67 cm

Para a outra direção adota-se apenas uma armadura de distribuição que se calcula conforme equação 3.67.

$$A_{SB1} = \frac{1}{5}. A_{SA1} = \frac{1}{5}. 18,64 = 3,73 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 5$ tem-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{3,73}{0,20} = 18,98 \cong 19 \text{ barras}$$

As barras são distribuídas dos dois lados da viga, portanto 10 barras para cada lado.

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{(305-35-10)/2-(10.0,5)}{9} = 13,89 \text{ cm}$$

$\Phi 5$ c/ 13,89 cm em cada lado da viga

O detalhamento da sapata sobre P1 segue na Figura 78.

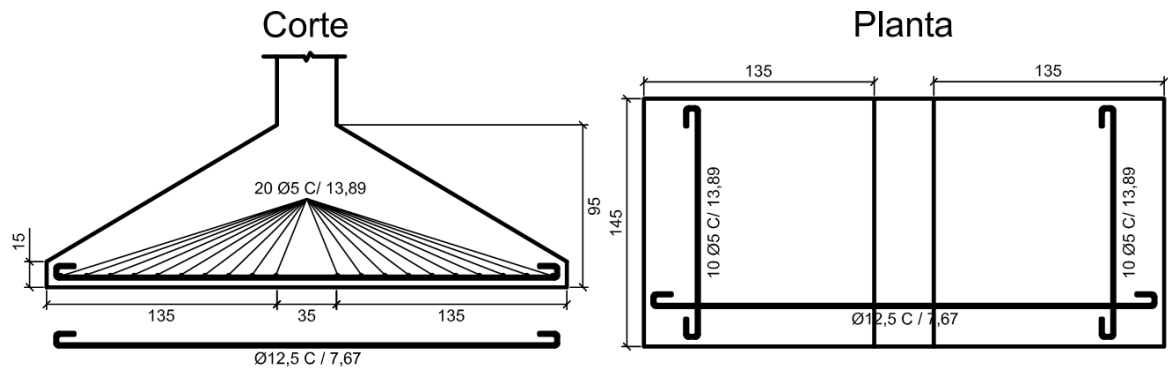


Figura 78 - Detalhamento da sapata sobre viga alavanca.

A seguir tem-se o dimensionamento da sapata sobre o pilar P2. A carga que atua sobre a sapata sobre P2 é calculada conforme a equação 3.68.

$$P2' = P2 - \frac{\Delta P}{2} = 120000 - \frac{14330,71}{2} = 112834,65 \text{ kgf}$$

A área da sapata é dimensionada conforme equação 3.1, com $P = P2'$.

$$S_{SAP2} = \frac{P2'}{\sigma_s} = \frac{112834,65}{3,5} = 32238,47 \text{ cm}^2$$

As dimensões da sapata para este exemplo são determinadas conforme as equações 3.2 e 3.3

$$B2 = \frac{b2-a2}{2} + \sqrt{\frac{(b2-a2)^2}{a2} + S_{SAP2}} = \frac{50-30}{2} + \sqrt{\frac{(50-30)^2}{30} + 32238,47} = 189,59 \text{ cm}$$

$$B2 \cong 190 \text{ cm}$$

$$A2 = \frac{S_{SAP2}}{B2} = \frac{32238,47}{190} = 169,68 \text{ cm} \cong 170 \text{ cm}$$

A altura H e a altura útil d podem ser dimensionadas conforme equações 3.59 e a altura útil conforme equação 3.9.

Adotado $h_2 = 15 \text{ cm}$.

$$H2 = h_2 + \frac{(B2-b2)}{2} \cdot \text{tg } 30^\circ = 15 + \frac{(190-50)}{2} \cdot \text{tg } 30^\circ = 55,41 \text{ cm} \cong 60 \text{ cm}$$

$$d2 = H2 - c = 60 - 5 = 55 \text{ cm}$$

A verificação da compressão diagonal do concreto é verificada conforme equações 3.70, 3.71 e comparada a 3.65.

$$u = 2 \cdot (a_2 + b_2) = 2 \cdot (30 + 50) = 160 \text{ cm}$$

$$\tau_{sd2} = \frac{1.4 \cdot P_2'}{u \cdot d_2} = \frac{1.4 \cdot 112834,65}{160 \cdot 55} = 17,95 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{Rd22} = 35,49 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{sd2} < \tau_{Rd22} \therefore \text{OK}$$

O momento solicitante é calculado paralelo o lado A e B com as equações 3.72 e 3.73.

$$M_{SA} = A_2 \cdot \sigma_s \cdot \frac{(A_2 - a_2)^2}{8} = 170 \cdot 3,5 \cdot \frac{(170 - 30)^2}{8} = 1457750,00 \text{ kgf.cm}$$

$$M_{SB} = B_2 \cdot \sigma_s \cdot \frac{(B_2 - b_2)^2}{8} = 190 \cdot 3,5 \cdot \frac{(190 - 50)^2}{8} = 1629250,00 \text{ kgf.cm}$$

A armadura para o lado A e B pode ser calculado pelas equações 3.10 e 3.11.

$$T_a = \frac{P_2' \cdot (A_2 - a_2)}{8 \cdot d_2} = \frac{112834,65 \cdot (170 - 30)}{8 \cdot 55} = 35901,93 \text{ kgf}$$

$$A_{FA} = \frac{1,61 \cdot T_a}{f_{yk}} = \frac{1,61 \cdot 35901,93}{5000} = 11,56 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 10$ tem-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{11,56}{0,79} = 14,72 \cong 15 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{190 - 10 - (15 \cdot 1)}{14} = 11,79 \text{ cm}$$

$\phi 10$ c/ 11,79 cm

Armadura paralela a B conforme equações 3.12 e 3.13:

$$T_b = \frac{P_2' \cdot (B_2 - b_2)}{8 \cdot d_2} = \frac{112834,65 \cdot (190 - 50)}{8 \cdot 55} = 35901,33 \text{ KGF}$$

$$A_{FB} = \frac{1,61.T_b}{f_{yk}} = \frac{1,61.35901,33}{5000} = 11,56 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 10$ tem-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{11,56}{0,79} = 14,72 \cong 15 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{170-10-(15.1)}{14} = 10,36 \text{ cm}$$

$\phi 10 \text{ c/ } 10,36 \text{ cm}$

Detalhamento da sapata 2 na Figura 79.

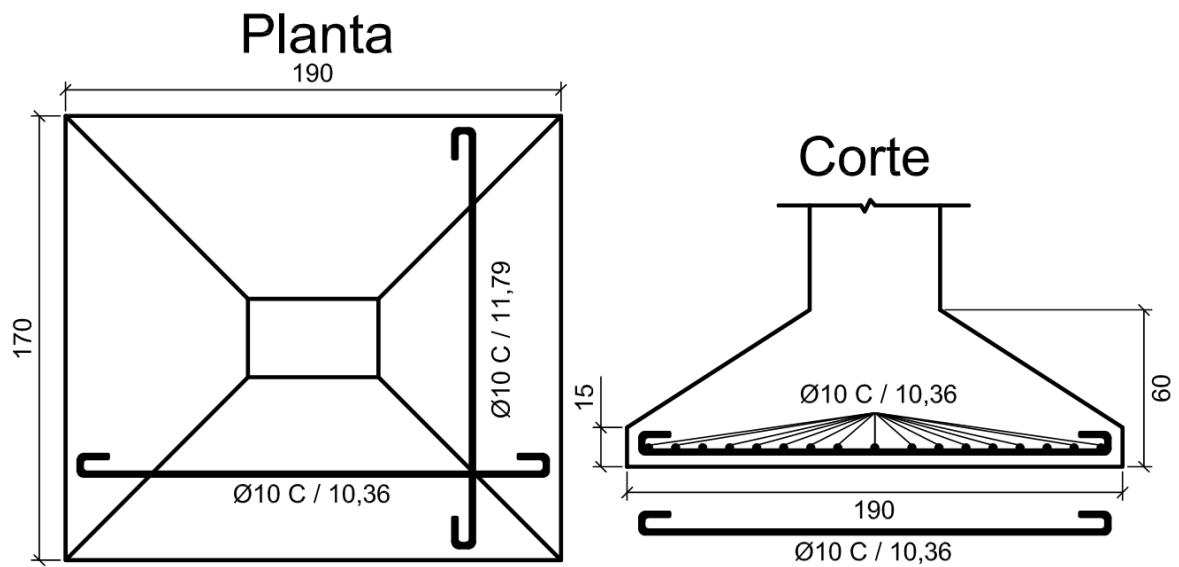


Figura 79 - Detalhamento da sapata sobre viga alavanca.

Dimensionamento da viga:

Calcula-se os esforços através das equações 3.74 a 3.81.

$$q_x = \frac{P_1}{b_1} = \frac{140000}{80} = 1750,00 \text{ kgf/cm}$$

$$q = \frac{R_1}{B_1} = \frac{154330,71}{145} = 1064,35 \text{ kgf/cm}$$

Seção 1:

$$M_1 = -\frac{(q_x - q)}{2} \cdot b_1^2 = -\frac{(1750 - 1064,35)}{2} \cdot 80^2 = -2194080,00 \text{ kgf. cm}$$

$$V1 = -(q_x - q) \cdot b1 = -(1750 - 1064,35) \cdot 80 = -54852,00 \text{ kgf. cm}$$

Seção 2:

$$M2 = -\Delta P \cdot \left(L + \frac{b1}{2} - B1 \right) = -14330,7 \cdot \left(350 + \frac{80}{2} - 145 \right)$$

$$M2 = -3511023,95 \text{ kgf. cm}$$

$$V2 = \Delta P = 14330,71 \text{ kgf}$$

Seção de momento máximo:

$$X0 = \frac{P1}{q} = \frac{140000}{1064,35} = 131,54 \text{ cm}$$

$$M0 = \frac{q \cdot x0^2}{2} - P1 \cdot \left(X0 - \frac{b1}{2} \right) = \frac{1064,35 \cdot 131,54^2}{2} - 140000 \cdot \left(131,54 - \frac{80}{2} \right)$$

$$M0 = -3607497,52 \text{ kgf. cm}$$

Para o dimensionamento da altura da viga junto ao pilar P1 realiza-se duas verificações, a primeira conforme a equação 3.82 que garantirá que a viga trabalhe dentro do domínio 3.

$$d_{mí} = \sqrt{\frac{M0}{a1 \cdot fcd \cdot (0,68 \cdot \epsilon - 0,272 \cdot \epsilon^2)}} = \sqrt{\frac{3607497,52}{35.142,86 \cdot (0,68 \cdot 0,5 - 0,272 \cdot 0,5^2)}} = 51,50 \text{ cm}$$

A segunda verificação se dá com as equações 3.83 e 3.84 que garantiram que a seção resista a compressão

$$d_{mín} = \frac{1,4 \cdot V1}{a1 \cdot \tau_{Rd}} = \frac{1,4 \cdot 54852,00}{35 \cdot 35,49} = 61,82 \text{ cm}$$

Portanto $d = 61,82 \cong 65 \text{ cm}$.

Para dimensionamento da armadura primeiramente encontramos a linha neutra com a equação 3.85, depois o braço de alavanca com a equação 3.86 e então, a área de aço com a equação 3.87.

$$M0 = (0,68 \cdot X \cdot d - 0,272 \cdot X^2) \cdot a \cdot fcd$$

$$3607497,52 = (0,68 \cdot X \cdot 65 - 0,272 \cdot X^2) \cdot 35.142,86$$

$$X' = 18,41 \text{ cm e } X'' = 144,09 \text{ cm} \therefore X = 18,41 \text{ cm}$$

$$Z = d - 0,4 \cdot X = 65 - 0,4 \cdot 18,41 = 57,64 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{Z \cdot f_{yd}} = \frac{3607497,52}{57,64 \cdot 5000/1,15} = 14,39 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 20$ tem-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{14,39}{3,14} = 4,58 \cong 5 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{35-10-(5 \cdot 2)}{4} = 3,75 \text{ cm}$$

5 $\phi 20$ c/ 3,75 cm

O programa que será apresentado posteriormente a esse exemplo, fica limitado ao dimensionamento da armadura em apenas uma camada, ficando a critério do engenheiro decidir qual a melhor alternativa para cada situação.

O deslocamento do diagrama de momentos pode ser obtido por meio da equação 3.90, que depende das equações 3.89 e 3.88.

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,15 \cdot 20^{2/3} = 1,105 \text{ MPa} = 11,05 \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_C = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d = 0,6 \cdot 11,05 \cdot 35 \cdot 65 = 15086,11 \text{ kgf}$$

$$a_1 = d \cdot \left[\frac{V_1}{2 \cdot (V_1 - V_C)} \right] = 65 \cdot \left[\frac{54852,00}{2 \cdot (54852,00 - 15086,11)} \right] = 44,83 \text{ cm}$$

Comprimento de ancoragem é calculado com a equação 3.91 segundo NBR 6118:2003 que depende da equação 3.9.

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 11,05 = 17,41 \text{ kgf/cm}^2$$

$$l_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = \frac{1,6}{4} \cdot \frac{5000/1,15}{17,41} = 124,87 \text{ cm}$$

Verificação da ancoragem junto ao apoio em P1 é feita comparando as equações

3.96 e 3.95, que dependem das equações 3.93 e 3.94.

$$F = \frac{a_l}{d} \cdot V \cdot 1,4 = \frac{44,83}{65} \cdot 54852,00 \cdot 1,4 = 52963,40 \text{ kgf}$$

$$A_S = \frac{F}{f_{yd}} = \frac{52963,40}{5000/1,15} = 12,18 \text{ cm}^2$$

$$l_{b,nec} = 0,7 \cdot l_b \cdot \frac{A_{S,Calc}}{A_{S,ef}} = 0,7 \cdot 124,87 \cdot \frac{12,18}{15,71} = 67,77 \text{ cm}$$

$$l_{disp} < \begin{cases} b - C = 80 - 5 = 75 \text{ cm} \\ b - 3 \cdot \phi = 80 - 3 \cdot 2 = 74 \text{ cm} \end{cases}$$

Como o comprimento necessário é menor que o comprimento disponível, não há necessidade de aumentar a área de ancoragem.

Para taxa de armadura de cisalhamento tem-se a equação 3.102 que depende das equações 3.99 a 3.101.

$$\tau_C = 0,09 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2} = 0,09 \cdot \sqrt[3]{20^2} = 0,663 \text{ MPa} = 6,63 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{Sd} = \frac{1,4 \cdot V_1}{a \cdot l \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 54852,00}{35 \cdot 65} = 33,76 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{SW} = \tau_{Sd} - \tau_C = 33,76 - 6,63 = 27,13 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\rho_{SW} = \frac{\tau_{SW}}{f_{yd}} = \frac{27,13}{5000/1,15} = 0,0062$$

Sendo ρ_{SW} a taxa de armadura transversal.

O espaçamento entre os estribos calcula-se como na equação 3.103, usando estribos de 2 ramos.

$$t = \frac{2 \cdot A_{st1}}{b_w \cdot \rho_{SW}} = \frac{2 \cdot 0,79}{35 \cdot 0,0062} = 7,19 \text{ cm}$$

Então: $\emptyset 10 \text{ c/ } 7$.

Como h é maior que 60 cm calcula-se uma armadura de pele com a equação 3.104.

O valor de h pode ser obtido simplificadamente com a equação 3.9.

$$d = h - c \rightarrow h = 65 + 5 = 70 \text{ cm}$$

$$A_{S,Pe\text{le}} = 0,001 \cdot b_w \cdot h = 0,001 \cdot 35 \cdot 70 = 2,45 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 10$ tem-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{2,45}{0,79} = 3,12 \cong 4 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{70-20-(4 \cdot 1)}{3} = 15,33 \text{ cm}$$

$$4 \phi 10 \text{ c/ } 15,33 \text{ cm}$$

Para o dimensionamento da altura útil da viga junto a P2, primeiro calcula-se a altura útil que garante que a viga trabalhe no máximo entre o limite do domínio 3-4 com a equação 3.105.

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{M0/2}{a2 \cdot fcd \cdot (0,68 \cdot \epsilon - 0,272 \cdot \epsilon^2)}} = \sqrt{\frac{3607497,52/2}{30 \cdot 142,86 \cdot (0,68 \cdot 0,5 - 0,272 \cdot 0,5^2)}} = 39,34 \text{ cm}$$

Transportando essa altura útil para a extremidade da viga junto ao pilar P2, tem-se:

$$39,34 \cdot 2 - 65 \rightarrow d = 13,68 \text{ cm}$$

A segunda verificação se dá com a equação 3.84 que garantiram que a seção resista a compressão diagonal.

$$d_{\min} = \frac{1,4 \cdot \Delta P}{a2 \cdot \tau_{Rd}} = \frac{1,4 \cdot 14330,71}{30 \cdot 35,49} = 18,85 \text{ cm}$$

$$\text{Portanto } d = 18,85 \cong 20 \text{ cm.}$$

O dimensionamento da armadura é feito como para a seção anterior, porém os cálculos aqui devem ser feitos para a metade do vão “a partir do momento em que a viga deixa de ter seção constante até P2”, ou seja, seção 2. Para determinar essa altura tem-se a equação 3.106.

$$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{65 + 20}{2} = 42,5 \text{ cm}$$

Com a altura útil podemos determinar a linha neutra média com a equação 3.85, o barco de alavanca médio com a equação 3.86 e a área de aço com a equação 3.87.

$$M_0 = (0,68 \cdot X \cdot d - 0,272 \cdot X^2) \cdot a_2 \cdot f_{cd}$$

$$3607497,52/2 = (0,68 \cdot X \cdot 42,5 - 0,272 \cdot X^2) \cdot 30.142,86$$

$$X' = 17,42 \text{ cm e } X'' = 88,83 \text{ cm} \therefore X = 17,42 \text{ cm}$$

$$Z = d - 0,4 \cdot X = 42,5 - 0,4 \cdot 17,42 = 35,53 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{Z \cdot f_{yd}} = \frac{3607497,52/2}{35,53 \cdot 5000/1,15} = 11,68 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 20$ tem-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{11,68}{3,14} = 3,72 \cong 4 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{30-10-(4 \cdot 2)}{3} = 4 \text{ cm}$$

4 $\phi 20$ c/ 4 cm

O deslocamento do diagrama de momentos pode ser obtido por meio da equação 3.90, que depende das equações 3.89 e 3.88.

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,15 \cdot 20^{2/3} = 1,105 \text{ MPa} = 11,05 \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_c = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d = 0,6 \cdot 11,05 \cdot 30 \cdot 20 = 3978,00 \text{ kgf}$$

$$a_l = d \cdot \left[\frac{V_2}{2 \cdot (V_2 - V_c)} \right] = 20 \cdot \left[\frac{14330,71}{2 \cdot (14330,71 - 3978,00)} \right] = 13,84 \text{ cm}$$

Verificação da ancoragem junto ao apoio em P1 é feita comparando as equações 3.96 e 3.95, que dependem das equações 3.93 e 3.94.

$$F = \frac{a_l}{d} \cdot V_2 \cdot 1,4 = \frac{13,84}{20} \cdot 14330,71 \cdot 1,4 = 13886,07 \text{ kgf}$$

$$A_s = \frac{F}{f_{yd}} = \frac{13886,07}{5000/1,15} = 3,19 \text{ cm}^2$$

Levando os 4 ϕ de 20 mm até o apoio em P2 tem-se:

$$l_{b,nec} = 0.7 \cdot l_b \cdot \frac{A_{S,Calc}}{A_{S,ef}} = 0.7 \cdot 124,87 \cdot \frac{3,19}{12,57} = 22,21 \text{ cm}$$

$$l_{disp} < \begin{cases} b - C = 50 - 5 = 45 \text{ cm} \\ b - 3 \cdot \phi = 50 - 3 \cdot 2 = 44 \text{ cm} \end{cases}$$

Como o comprimento necessário é menor que o comprimento disponível, não há necessidade de aumentar a área de ancoragem.

Para taxa de armadura de cisalhamento tem-se a equação 3.102 que depende das equações 3.99 a 3.101.

$$\tau_C = 0,09 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2} = 0,09 \cdot \sqrt[3]{20^2} = 0,663 \text{ MPa} = 6,63 \text{ kgf/cm}^2$$

A seção a ser considerada aqui é a seção junto ao pilar P2, portanto $d = 20 \text{ cm}$.

$$\tau_{Sd} = \frac{1,4 \cdot V_2}{a_2 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 14330,71}{30 \cdot 20} = 33,44 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{SW} = \tau_{Sd} - \tau_C = 33,44 - 6,63 = 26,81 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\rho_{SW} = \frac{\tau_{SW}}{f_{yd}} = \frac{26,81}{5000/1,15} = 0,0062$$

Sendo ρ_{SW} a taxa de armadura transversal.

O espaçamento entre os estribos calcula-se como na equação 3.103, usando estribos de 2 ramos.

$$t = \frac{2 \cdot A_{st1}}{b_w \cdot \rho_{SW}} = \frac{2 \cdot 0,79}{35 \cdot 0,0062} = 7,29 \text{ cm}$$

Então: $\emptyset 10 \text{ c/7}$.

Tem-se o detalhamento da viga conforme Figura 80.

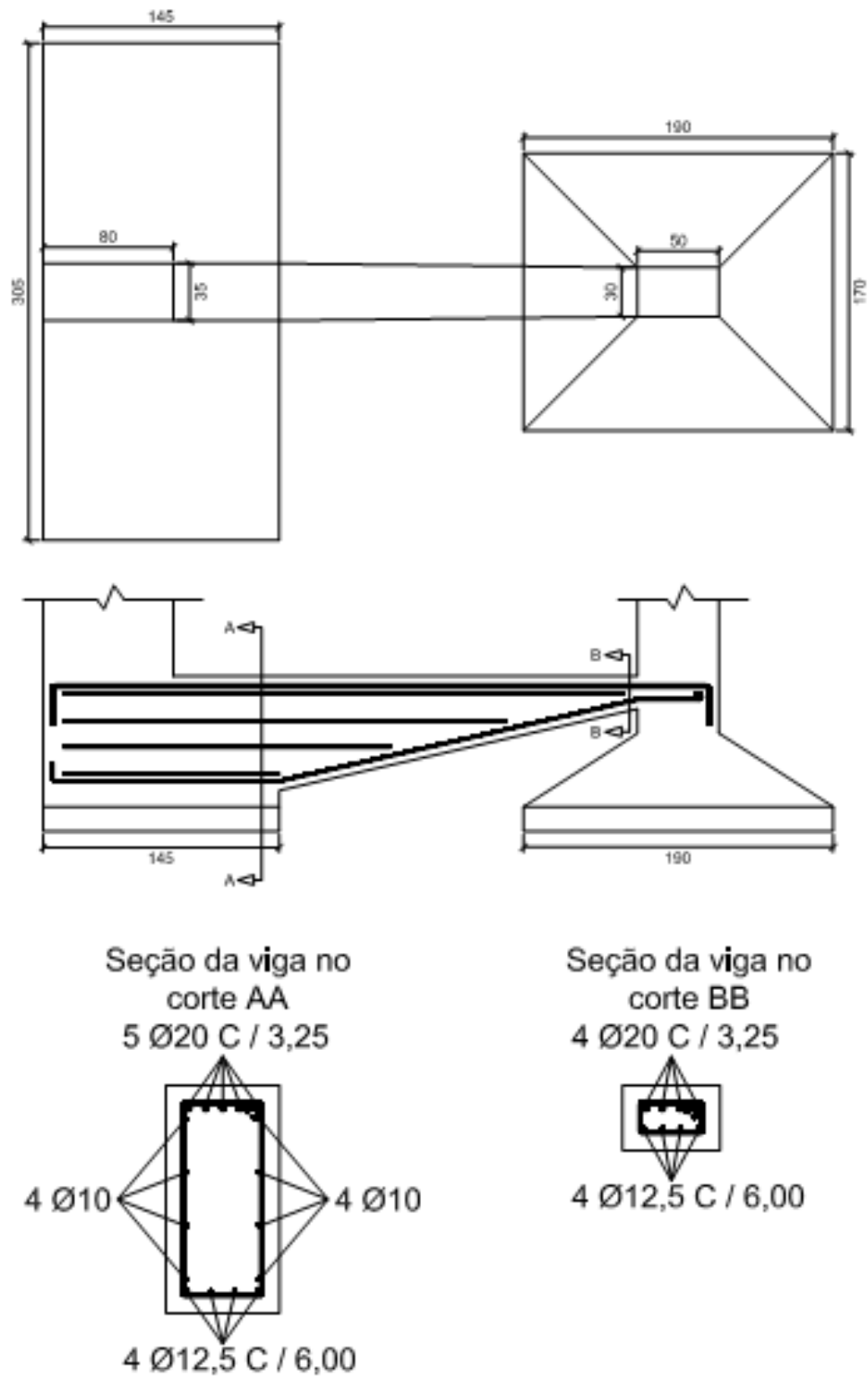


Figura 80 - Detalhamento da viga alavanca.

Nas Figuras 81 a 96 tem-se o dimensionamento com programa desenvolvido para calculadora HP 50g:



Figura 81 - Viga alavanca - Tela inicial do programa: seleção viga alavanca.

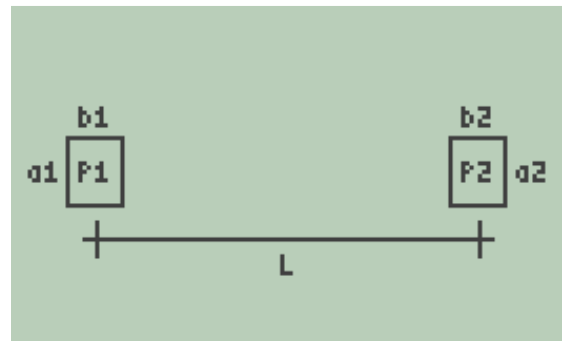


figura 82 - Viga alavanca - Esquema inicial para identificação dos lançamentos de dados.

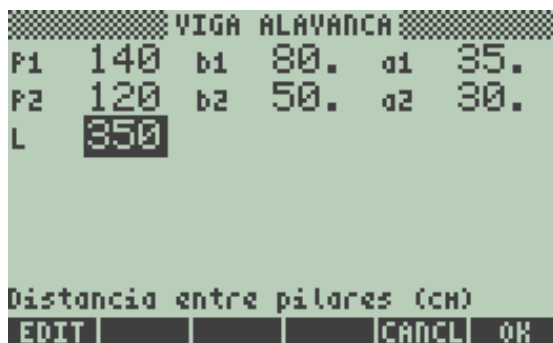


Figura 83 - Viga alavanca - Tela de entrada de dados 1.

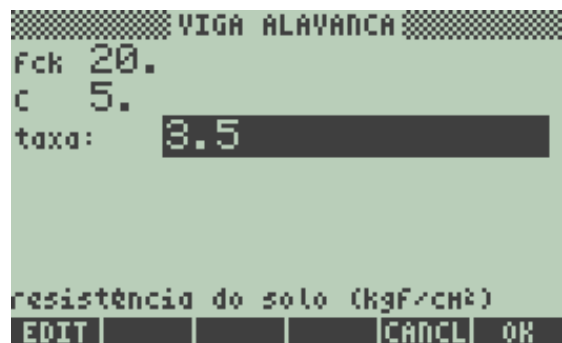


Figura 84 - Viga alavanca - Tela de entrada de dados 2.

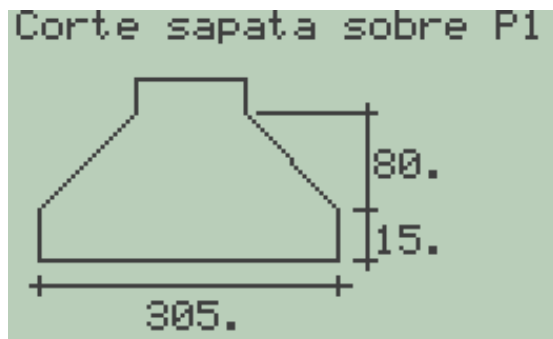


Figura 85 Viga alavanca - Detalhamento da seção transversal da sapata sobre P1.



Figura 86 - Viga alavanca - Detalhamento das armaduras da sapata sobre P1.

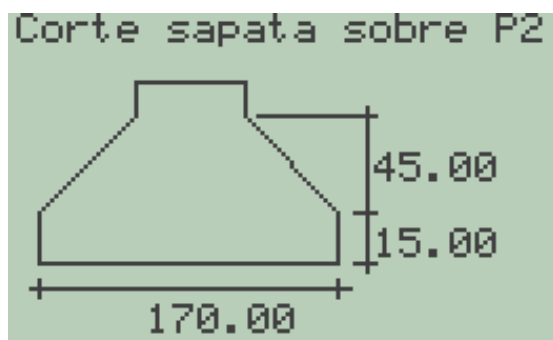


Figura 87 - Viga alavanca - Detalhamento da seção transversal da sapata sobre P2.



Figura 88 - Viga alavanca - Detalhamento das armaduras da sapata sobre P2.



Figura 89 - Viga alavanca - Tela que marca o início do detalhamento da viga.

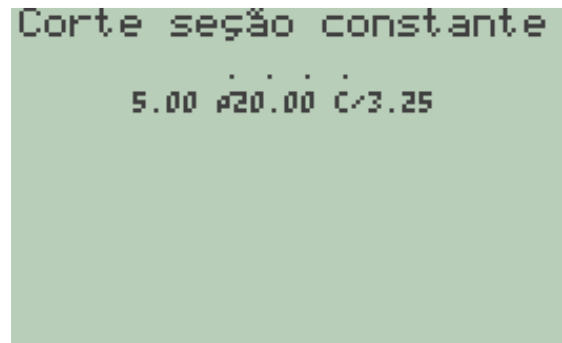


Figura 90 - Viga alavanca - Detalhamento da armadura superior.

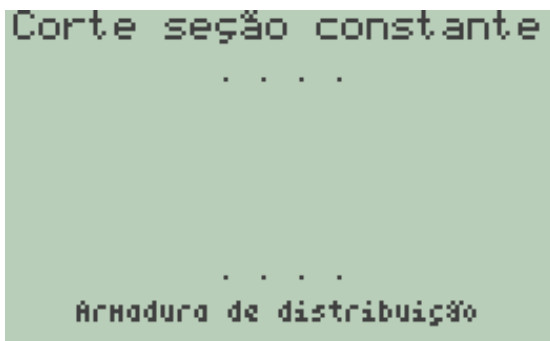


Figura 91 - Viga alavanca - Detalhamento da armadura inferior.

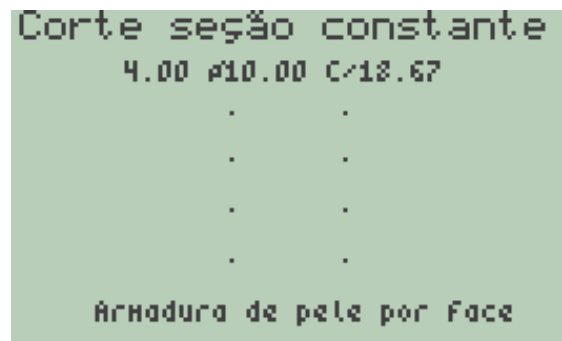


Figura 92 - Viga alavanca - Detalhamento da armadura de pele.



Figura 93 - Viga alavanca - Detalhamento dos estribos.



Figura 94 - Viga alavanca - Detalhamento da seção transversal.

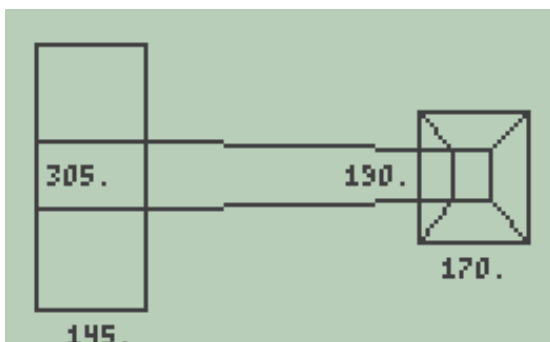


Figura 95 - Viga alavanca - Detalhamento das sapatas e da viga em planta.

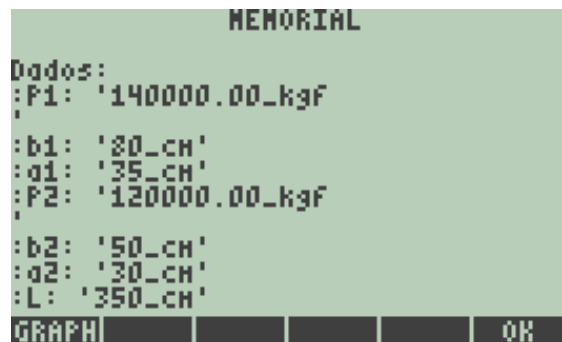


Figura 96 - Viga alavanca - Memorial

4.1.5 Sapata em divisa

Dimensionamento de uma sapata excêntrica para um pilar de divisa com uma carga de 15 t, em um solo com tensão admissível de 3.0 kg/cm², aço CA-50, fck 20 MPa, cobrimento 3 cm e seção do pilar (20 x 20). Conforme figura 97 abaixo:

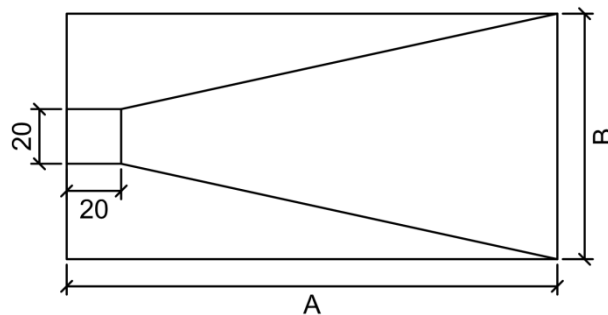


Figura 97. - Esquema de sapata em divisa.

Primeiro dimensiona-se o lado A da sapata com a equação 3.108 e o B com a equação 3.109..

$$A = \sqrt{\frac{P}{0,5 \cdot \sigma_s}} = \sqrt{\frac{15000}{0,5 \cdot 3}} = 100 \text{ cm}$$

$$B = \frac{A}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ cm}$$

Com os valores de A e B pré-dimensionados pode-se dimensionar σ_0 , σ_1 e σ_2 com as equações 3.107 e 3.110.

$$\sigma_0 = \frac{P}{A \cdot B} = \frac{15000}{100 \cdot 50} = 3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{P \cdot e}{\frac{B \cdot A^2}{6}} = \frac{15000 \cdot 40}{\frac{50 \cdot 100^2}{6}} = 7,20 \text{ kgf/cm}^2 > \sigma_s = 3 \text{ kg/cm} \therefore \text{adotar novo valor}$$

para A e B.

Adotado:

$$A = 200 \text{ cm e } B = 100 \text{ cm}$$

Calcula-se novamente σ_0 , σ_1 e σ_2 com as equações 3.107 e 3.110.

$$\sigma_0 = \frac{P}{A \cdot B} = \frac{15000}{200 \cdot 100} = 0,75 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{P \cdot e}{\frac{B \cdot A^2}{6}} = \frac{15000 \cdot 90}{\frac{100 \cdot 200^2}{6}} = 2,03 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_s = 3 \text{ kg/cm} \therefore \text{OK}$$

Com σ_0 , σ_1 e σ_2 pode-se determinar $\sigma_{\text{máx}}$, e $\sigma_{\text{mín}}$ com as equações 3.11 e 3.12.

$$\sigma_{\text{máx}} = \sigma_0 + \sigma_1 = 0,75 + 2,03 = 2,78 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_s = 3 \text{ kg/cm} \therefore \text{OK}$$

$$\sigma_{\text{mín}} = \sigma_0 - \sigma_1 = 0,75 - 2,03 = -1,28 \text{ kgf/cm}^2$$

Com a equação 3.13 pode-se determinar quanto da sapata estará apoiada no solo.

$$x = \frac{A \cdot \sigma_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{máx}} + |\sigma_{\text{mín}}|} = \frac{200 \cdot 2,78}{2,78 + 1,28} = 136,95 \text{ cm} > \frac{2}{3} \cdot A = \frac{2}{3} \cdot 200 = 133,33 \text{ cm} \therefore \text{OK}$$

Como a sapata não está totalmente apoiada no solo, os momento paralelos a A e a B podem ser encontrados com as equações 3.17, 3.18 e 3.19.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\text{máx}}}{2} = \frac{2,78}{2} = 1,39 \text{ kgf/cm}^2$$

$$M_B = \frac{(2 \cdot A \cdot B) - (x \cdot B)}{32 \cdot A} \cdot x \cdot \sigma_m \cdot (B - b)$$

$$M_B = \frac{(2 \cdot 200 \cdot 100) - (136,95 \cdot 100)}{32 \cdot 200} \cdot 136,95 \cdot 1,39 \cdot (100 - 20) = 62592,92 \text{ kgf. cm}$$

$$M_A = \frac{x^2 \cdot B}{4 \cdot A} \cdot \sigma_m \cdot \left(\frac{2 \cdot x}{3} - b \right) = \frac{136,95^2 \cdot 100}{4 \cdot 200} \cdot 1,39 \cdot \left(\frac{2 \cdot 136,95}{3} - 20 \right)$$

$$M_A = 232347,72 \text{ kgf. cm}$$

A altura da sapata é primeiramente dimensionada pela equação 3.120.

$$H = 30\% \text{ de } A = 0,3 \cdot 200 = 60 \text{ cm} \therefore \text{do } 65 \text{ cm}$$

Para a altura útil pode-se usar a equação 3.9.

$$d = h - c = 65 - 3 = 62 \text{ cm}$$

Então verifica-se a compressão no concreto com a equação 3.122.

$$C = \frac{M}{b_w \cdot d^2} = \frac{232347,72}{20 \cdot 62^2} = 3,02 \text{ kgf/cm}^2$$

$$C = 3,02 \text{ kgf/cm}^2 < C_{\text{Lim}} = 0,14 \cdot f_{ck} = 0,14 \cdot 200 = 28 \text{ kgf/cm}^2 \therefore \text{OK}$$

A verificação a punção é feita conforme equação 3.121.

$$\tau = \frac{P}{(2 \cdot (a+h) + b) \cdot h} = \frac{15000}{(2 \cdot (20+65) + 20) \cdot 65} = 1,21 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau = 1,21 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{\text{lim}} = \frac{f_{ck}}{25} = \frac{200}{25} = 8 \text{ kgf/cm}^2 \therefore \text{OK}$$

Agora pode-se então dimensionar as armaduras com a equação 3.123.

Armação paralela a A.

$$A_f = \frac{M_A}{2500 \cdot d} = \frac{232347,72}{2500 \cdot 62} = 1,50 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 5$ têm-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{1,50}{0,2} = 7,63 \cong 8 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{100 - 6 - (8 \cdot 0,5)}{7} = 12,86 \text{ cm}$$

$$\therefore \phi 5 \text{ c}/12,86$$

Armação paralela a B.

$$A_f = \frac{M_A}{2500 \cdot d} = \frac{62592,92}{2500 \cdot 62} = 0,40 \text{ cm}^2$$

Para $\phi 5$ têm-se:

$$\text{Número de barras} = \frac{0,40}{0,20} = 2,06 \cong 3 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre barras} = \frac{200 - 6 - (3 \cdot 0,5)}{2} = 96,25 \text{ cm}$$

$$\therefore \phi 5 \text{ c}/20$$

A sapata fica como na Figura 98.

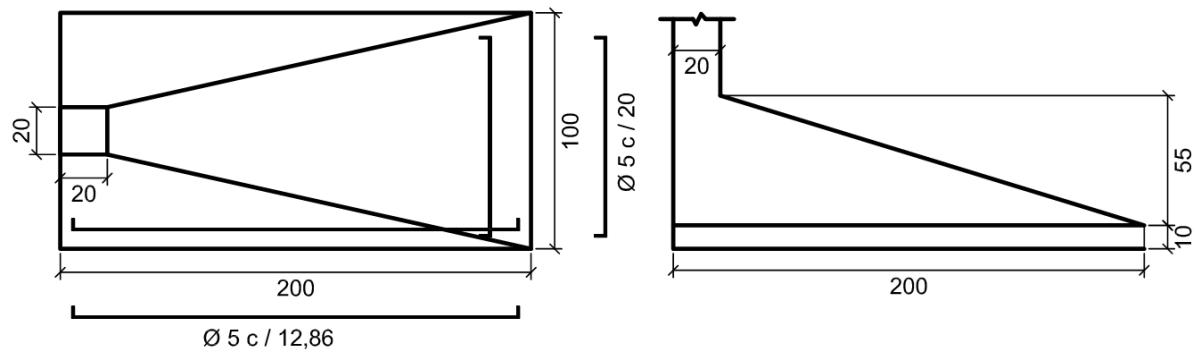


Figura 98 - Detalhamento da sapata em divisa

Nas Figuras 99 a 108 tem-se o dimensionamento com programa desenvolvido para calculadora HP 50g:

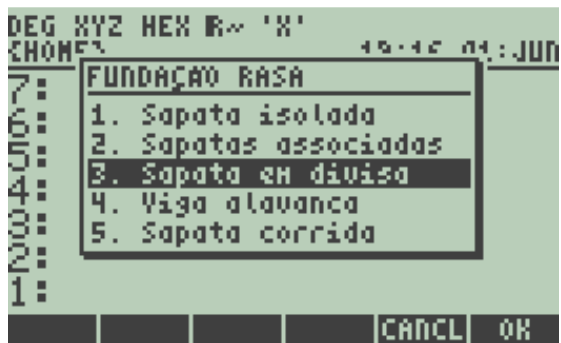


Figura 99 - Sapata em divisa - Tela inicial do programa: seleção sapata em divisa.



Figura 100 - Sapata em divisa - Esquema inicial para identificação dos lançamentos de dados.

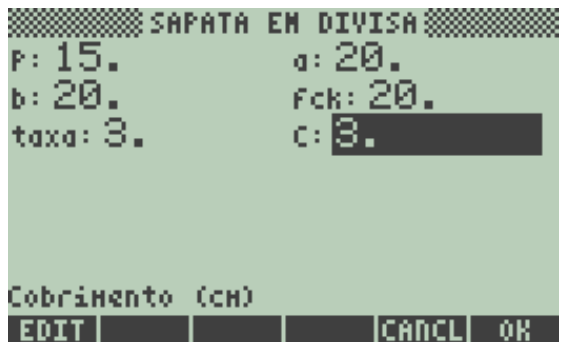


Figura 101 - Sapata em divisa - Tela de entrada de dados.

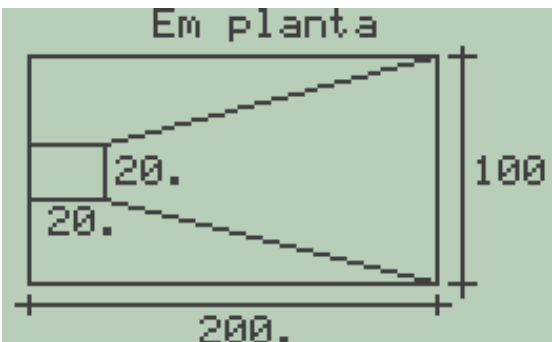


Figura 102 - Sapata em divisa - Detalhamento da sapata em planta.

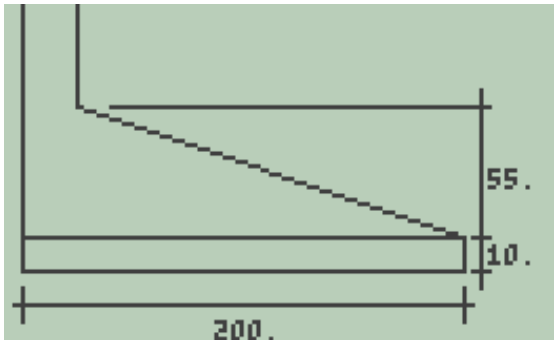


Figura 103 - Sapata em divisa - Detalhamento da sapata - corte.

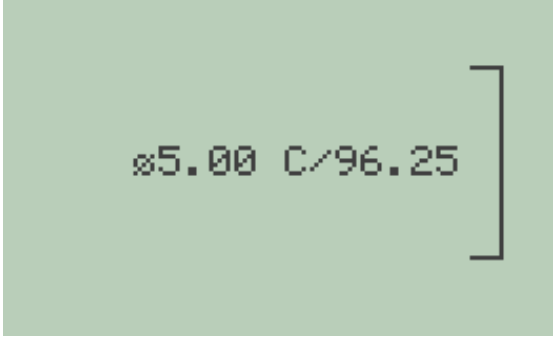


Figura 104 - Sapata em divisa - Detalhamento da armadura paralela a B.

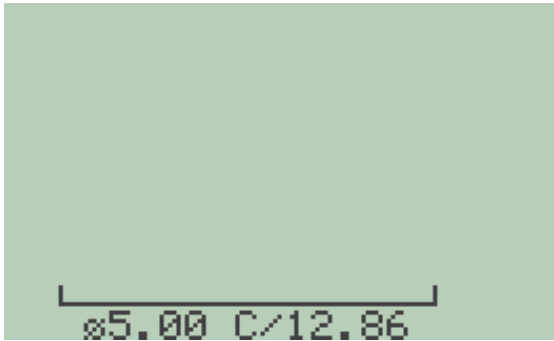


Figura 105 - Sapata em divisa - Detalhamento da armadura paralela a A.

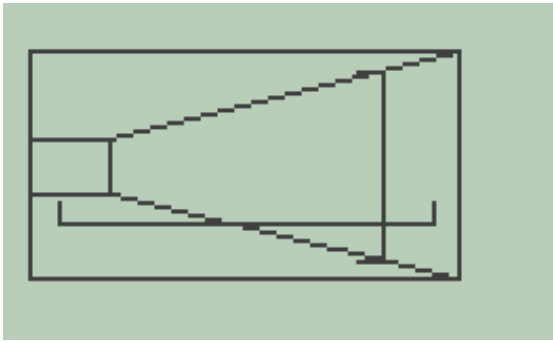


Figura 106 - Sapata em divisa - Detalhamento das armaduras.

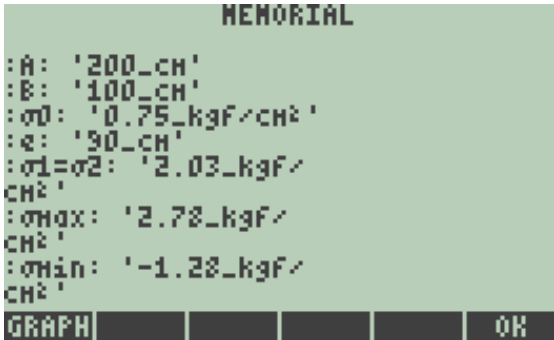


Figura 107 - Sapata em divisa - Memorial

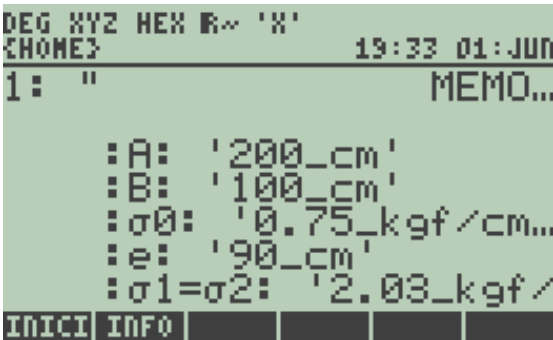


Figura 108 - Sapatas Associadas - Memorial para ser salvo.

5. ANÁLIZE DE RESULTADOS

Nos tópicos que seguem, serão apresentados tabelas e gráficos que compararam o dimensionamento feito pelo programa com o exemplo proposto em livros de autores consultados.

5.1 Sapatas Isoladas

Na Tabela 1 e no Figura 109 tem-se exemplo proposto por Rebello (2008 p160):

Tabela 1 – Comparativo de sapata isolada – Programa X Rebello 2008.

Carga (t)	Seção do pilar (cm)	fck (MPa)	Taxa do solo (kgf/cm²)		Cobrimento (cm)	
80	20 X 40	20	2,33		3	
Resultado						
Método	A (cm)	B (cm)	Área (cm²)	H (cm)	$A_{FA}cm^2$	$A_{FB}cm^2$
REBELLO	175	195	34125	60	6,3	6,8
Programa	180	195	35100	60	8,76	9,04

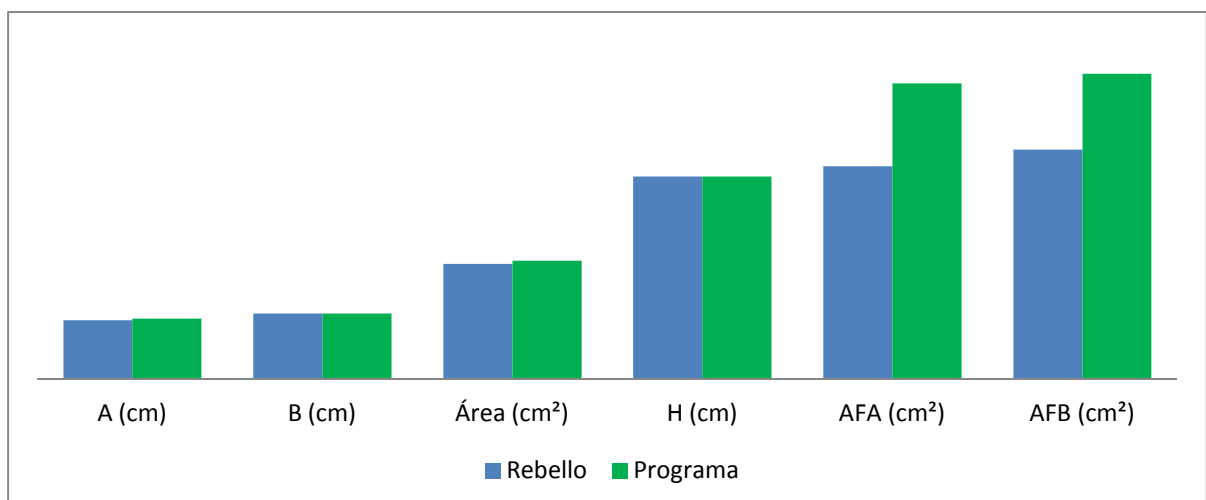


Figura 109 - Gráfico comparativo das dimensões de sapata isolada – Programa X Rebello 2008.

Na Tabela 2 e no Figura 110 tem-se exemplo de Carvalho e Pinheiro (2009 P469):

Tabela 2 – Comparativo de sapata isolada quadrada – Carvalho e Pinheiro 2009 X Programa.

Carga (t)	Seção do pilar (cm)	fck (MPa)	Taxa do solo (kgf/cm²)		Cobrimento (cm)	
80	30 X 30	20	2		4	
Resultado						
Método	A (cm)	B (cm)	Área (cm²)	H (cm)	$A_{FA}cm^2$	$A_{FB}cm^2$
C e P	200	200	40000	59	9,49	9,49
Programa	200	200	40000	60	9,77	9,77

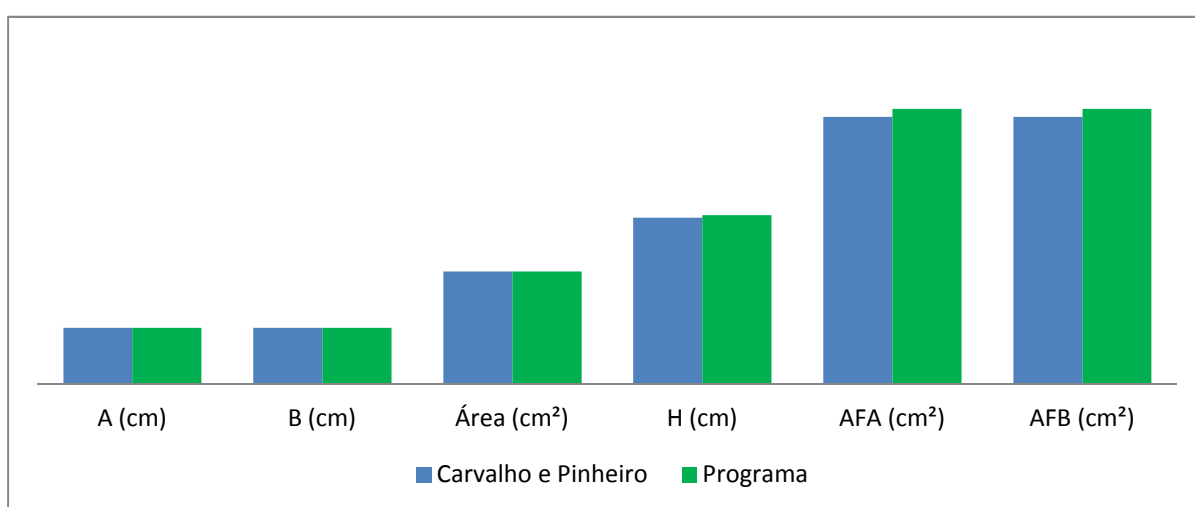


Figura 110 - Gráfico comparativo das dimensões de sapata isolada quadrada – Carvalho e Pinheiro 2009 X Programa.

Na Tabela 3 e no Figura 111 tem-se exemplo proposto por Carvalho e Pinheiro (2009 P474):

Tabela 3 – Comparativo de sapata isolada retangular – Carvalho e Pinheiro 2009 X Programa.

Carga (t)	Seção do pilar (cm)	fck (MPa)	Taxa do solo (kgf/cm²)	Cobrimento (cm)		
34	20 X 40	20	1	4		
Resultado						
Método	A (cm)	B (cm)	Área (cm²)	H (cm)	$A_{FA}cm^2$	$A_{FB}cm^2$
C e P	130	260	33800	71	1,95	4
Programa	175	195	34125	60	3,79	3,79

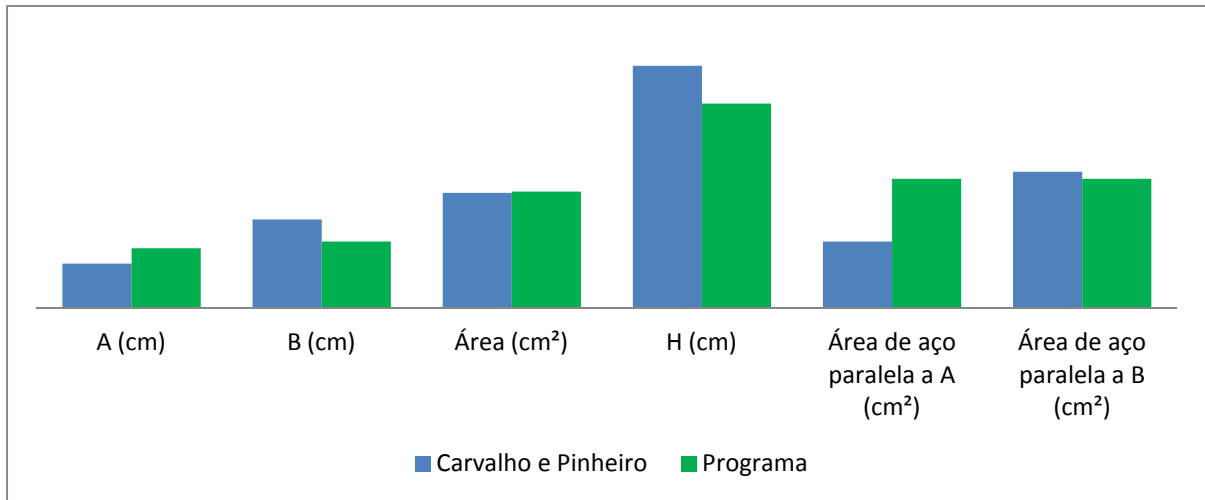


Figura 111 - Gráfico comparativo das dimensões de sapata isolada retangular – Carvalho e Pinheiro 2009 X Programa.

Na Tabela 4 e no Figura 112 tem-se exemplo proposto por Alonso (2010 P173)

Tabela 4 – Comparativo de sapata isolada – Alonso 2010 X Programa.

Carga (t)	Seção do pilar (cm)	fck (MPa)	Taxa do solo (kgf/cm²)	Cobrimento (cm)		
170	45 X 45	15	3	5		
Resultado						
Método	A (cm)	B (cm)	Área (cm²)	H (cm)	$A_{FA}cm^2$	$A_{FB}cm^2$
ALONSO	250	250	62500	60	24,5	24,5
Programa	240	240	57600	75	19,06	19,06

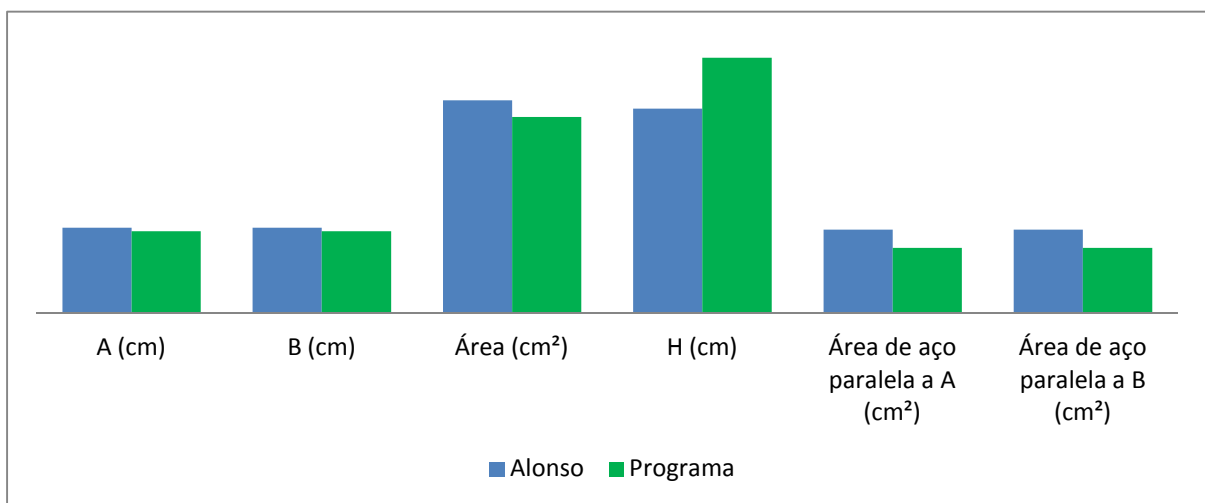


Figura 112 - Gráfico comparativo das dimensões de sapata isolada – Alonso 2010 X Programa.

5.2 Sapatas Associada

Na Tabela 5 e no Figura 113 tem-se o Exemplo proposto por Alonso (2010 P175)

Tabela 5 – Comparativo de sapatas associadas– Alonso 2010 X Programa.

P1 (t)	P2 (t)	Seção P1 (cm)	Seção P2 (cm)	Distancia entre pilares (cm)	fck (MPa)	Taxa (kgf/cm²)	Cobrimento (cm)	
40	30	30 X 30	30 X 30	150	15	2	5	
Resultado								
Método	A (cm)	B (cm)	h (cm)	H (cm)	Área de aço da Laje (cm²)	Área aço inf. da viga (cm²)	Área aço sup. da viga (cm²)	Área aço estribos (cm²/m)
ALONSO	250	150	35	50	4,02	4 ϕ 12,5	4 ϕ 12,5	16,5
Programa	260	135	27	40	5,01	6,52	3,94	28,93

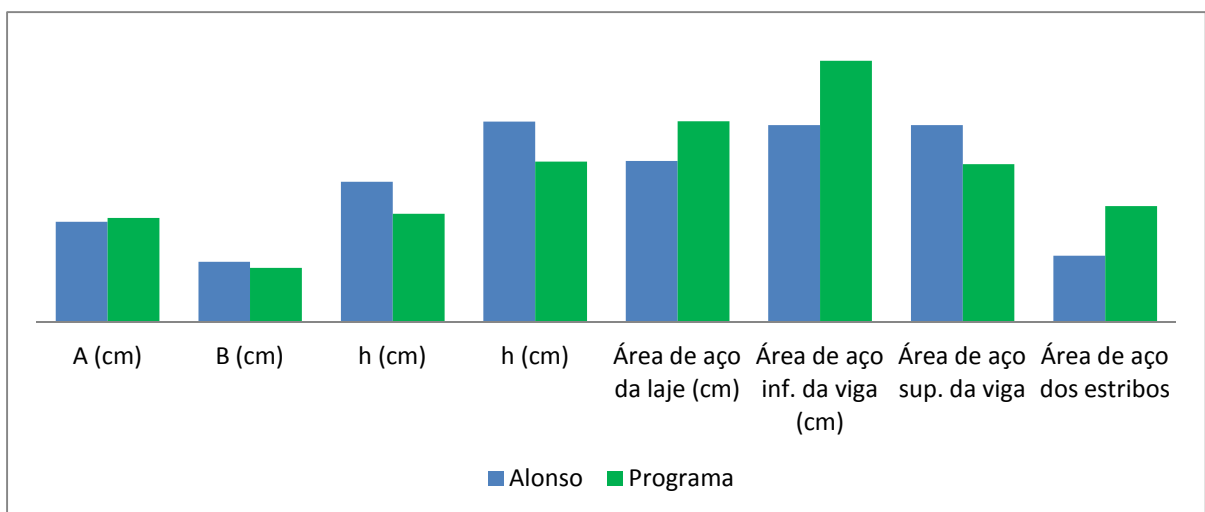


Figura 113 - Gráfico comparativo das dimensões de sapatas associadas– Alonso 2010 X Programa.

Na Tabela 6 e no Figura 114 tem-se exemplo proposto por Rebello (2008 p172):

Tabela 6 – Comparativo de sapatas associadas– Rebello 2008 X Programa.

P1 (t)	P2 (t)	Seção P1 (cm)	Seção P2 (cm)	Distancia entre pilares (cm)	fck (MPa)	Taxa (kgf/cm²)	Cobrimento (cm)	
25	15	20 X 20	20 X 20	250	20	2	3	
Resultado								
Método	A (cm)	B (cm)	h (cm)	H (cm)	Área de aço da Laje (cm²)	Área aço inf. da viga (cm²)	Área aço sup. da viga (cm²)	Área aço estribos (cm²/m)
Rebello	350	60	12	60	1,8	2,7	6,6	13,2
Programa	350	60	12	40	1,78	4,15	8,02	20,27

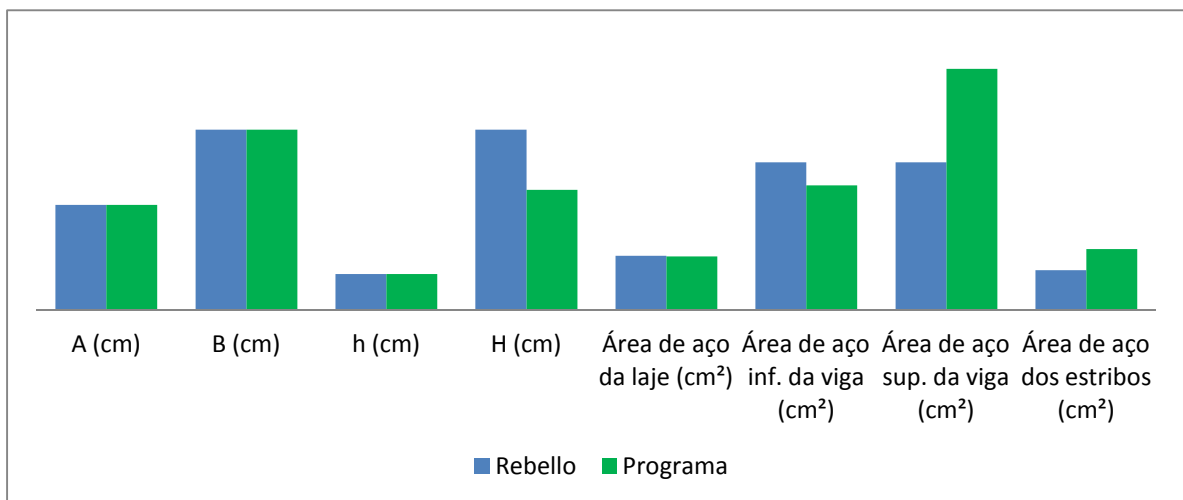


Figura 114 - Gráfico comparativo das dimensões de sapatas associadas– Rebello (2008) X Programa.

5.3 Sapata corrida

Para efeito de comparação entre os dois métodos, apresenta-se na Tabela 7 e nas Figuras 115 á 119 o dimensionamento de várias sapatas corridas, com e sem viga de rigidez com variação apenas da carga. As demais características permaneceram como constantes e são: LP = 20 cm, fck = 20 MPa, $\sigma_s = 1 \text{ kg/cm}^2$ e C = 3 cm.

Tabela 7 – Comparativo dos métodos de sapata corrida.

	Método									
	Com viga de rigidez					Sem viga de rigidez				
Carga	B	H	h	A_{ST}	A_{SL}	B	H	h	A_{ST}	A_{SL}
t	cm	cm	cm	cm ²	cm ²	cm	cm	cm	cm ²	cm ²
5	50	30	10	0,64	0,90	50	20	10	0,36	0,36
6	60	36	12	0,89	1,08	60	22	10	0,51	0,51
7	70	42	14	1,14	1,26	70	25	10	0,64	0,64
8	80	48	16	1,38	1,44	80	28	10	0,77	0,77
9	90	54	18	1,63	1,62	90	31	10	0,91	0,91
10	100	60	20	1,88	1,8	100	34	10	1,04	1,04
11	110	66	22	2,13	1,98	110	36	10	1,21	1,21
12	120	72	24	2,38	2,16	120	39	10	1,34	1,34
13	130	78	26	2,63	2,34	130	42	10	1,48	1,48
14	140	84	28	2,88	2,55	140	45	10	1,61	1,61
15	150	90	30	3,13	2,70	150	48	10	1,74	1,74
CV	0,33	0,33	0,33	0,44	0,33	0,38	0,28	0,00	0,44	0,56

B é a largura da sapata.

H é a altura da sapata.

h é a altura da laje da sapata.

A_{ST} é a armadura transversal.

A_{SL} é a armadura longitudinal.

CV é o coeficiente de variação de cada variável.

Os itens preenchidos em amarelo representam valores onde a quantidade de armadura não atingiu a quantidade mínima necessária, sendo assim necessário o uso da armadura mínima que tornaria essas áreas maiores.

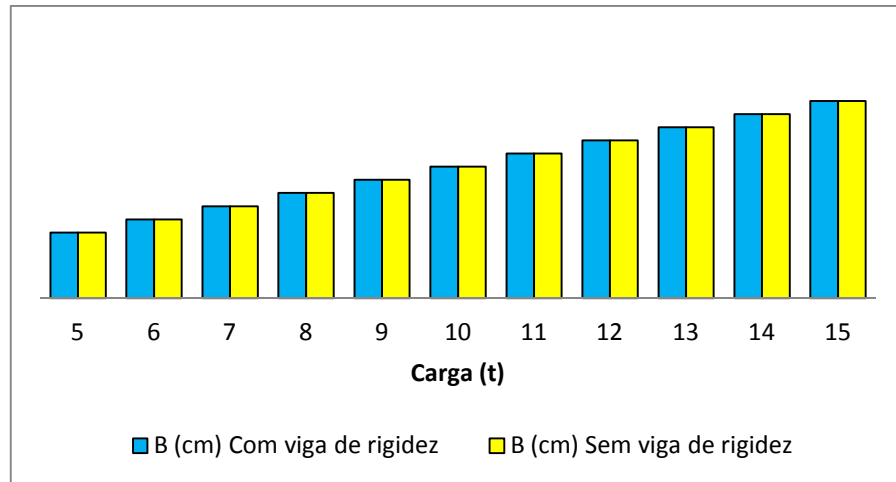


Figura 115 - Gráfico comparativo das dimensões (Base "B") sapata corrida com viga de rigidez X sapata corrida sem viga de rigidez.

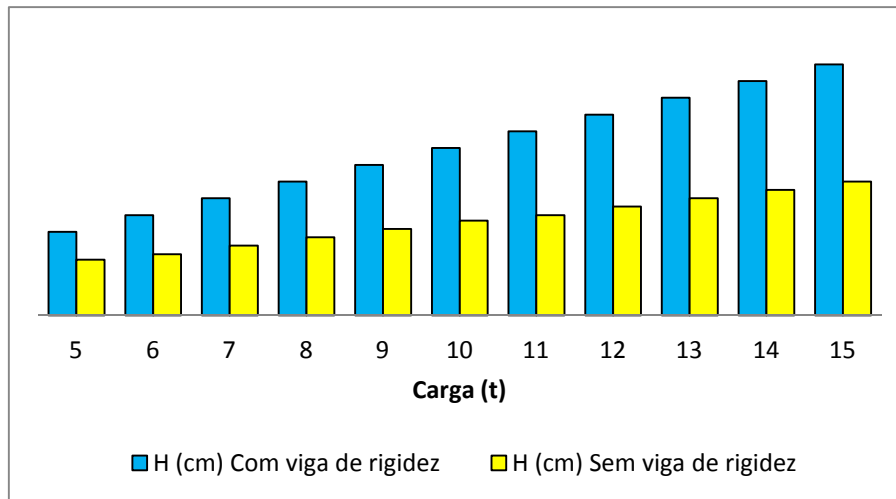


Figura 116 - Gráfico comparativo das dimensões (Altura "H") sapata corrida com viga de rigidez X sapata corrida sem viga de rigidez.

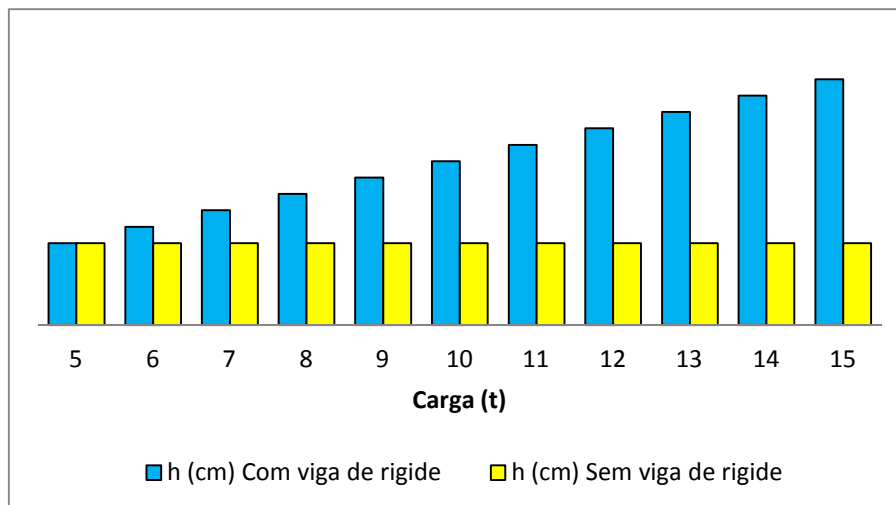


Figura 117 - Gráfico comparativo das dimensões (Altura "h") sapata corrida com viga de rigidez X sapata corrida sem viga de rigidez.

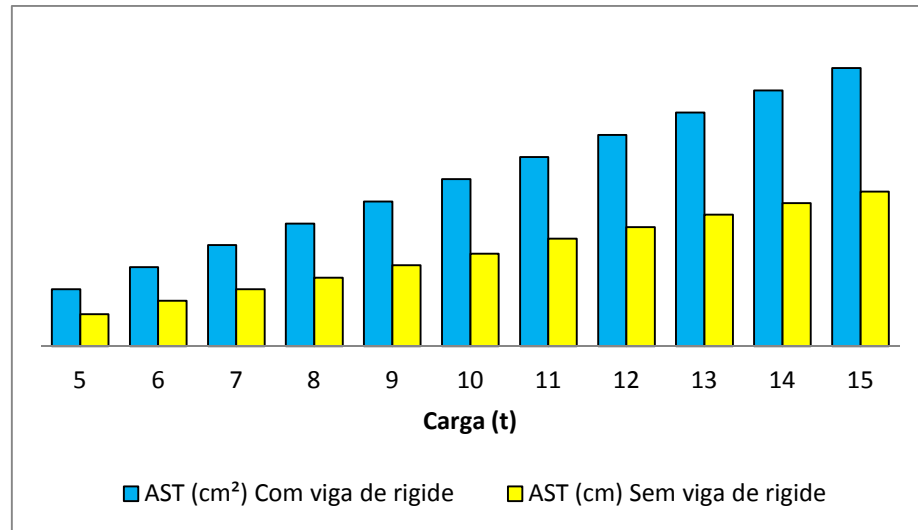


Figura 118 - Gráfico comparativo das dimensões (Área de aço transversal "AST") sapata corrida com viga de rigidez X sapata corrida sem viga de rigidez.

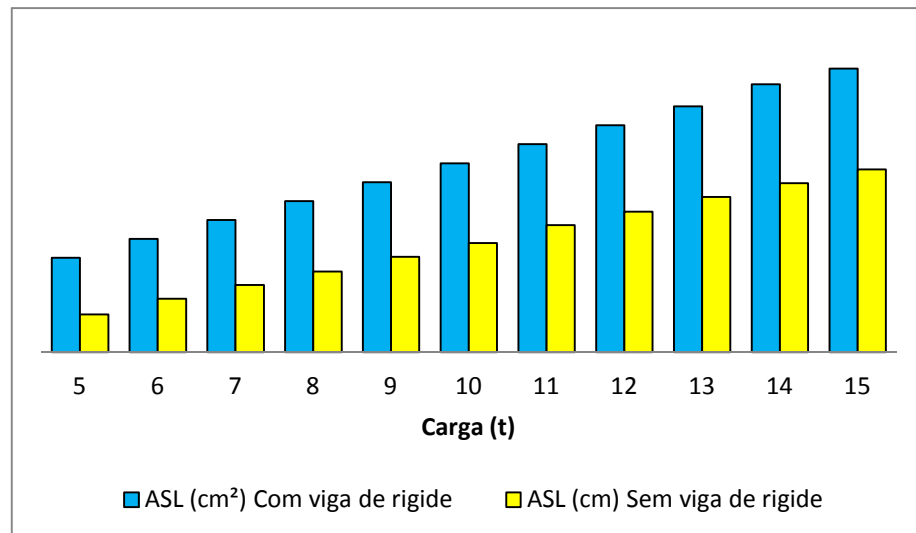


Figura 119 - Gráfico comparativo das dimensões (Área de aço longitudinal "ASL") sapata corrida com viga de rigidez X sapata corrida sem viga de rigidez.

Pode-se concluir desses dados que a altura H da sapata sem viga de rigidez representa apenas, em média, 57,20 % da altura H da sapata com viga de rigidez e apresenta um coeficiente de variação de 0,07, respectivamente a altura h representa em média 56,13 % e um coeficiente de variação de 0,38, a armadura transversal em média 56,14 % com um coeficiente de variação de 0,01 e a armadura longitudinal em média 51,06 % com um coeficiente de variação de 0,33.

5.4 Viga alavanca

Na Tabela 8 e na Figura 120 tem-se o Exemplo proposto por Carvalho e Pinheiro (2009 p511):

Tabela 8 – Comparativo de viga alavanca – Carvalho e Pinheiro 2009 X Programa.

Carga em P1	σ_{solo}	Dimensões de P1		Dimensões de P2	f_{ck}	Cobrimento
119 t	5 kg/cm²	30 cm X 50 cm		30 cm X 80 cm	20 MPa	3 cm
Resultados Programa - Viga						
b_w	d_1	d_2	A_{SL}	Estribos	$A_{s,pele}$	$A_{s,comp.apoio\ 1}$
30 cm	80 cm	15 cm	9,51	Ø10 c/ 7,95	2,49	6,79 cm²
Resultados Carvalho e Pinheiro - Viga						
b_w	d_1	d_2	A_{SL}	Estribos	$A_{s,pele}$	$A_{s,comp.apoio\ 1}$
30 cm	100 cm	25 cm	18,10 cm²	Ø10 c/ 16,1	X	X

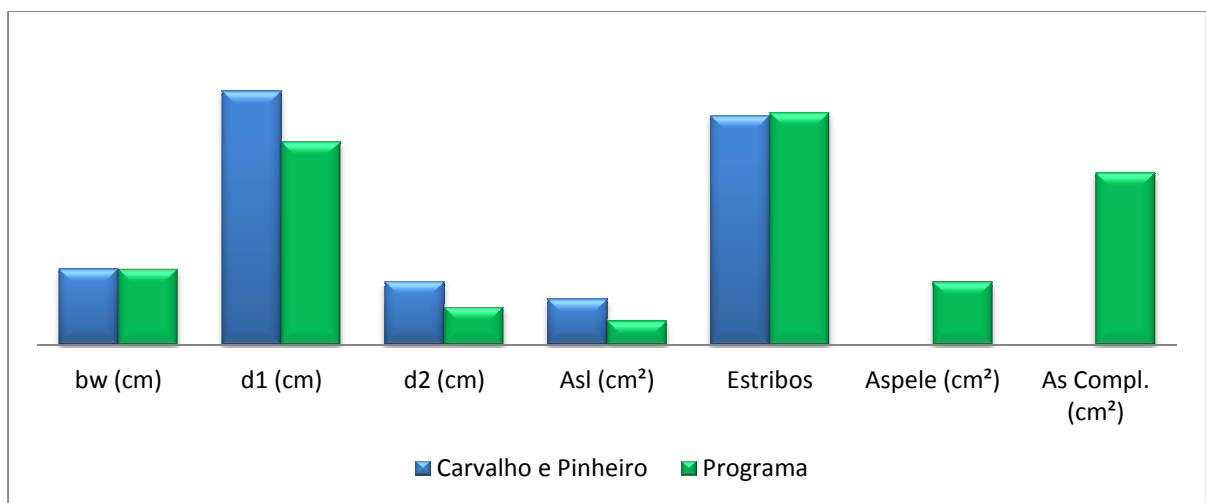


Figura 120 - Gráfico comparativo das dimensões de viga alavanca – Carvalho e Pinheiro 2009 X Programa.

Pode-se observar, de acordo com a Figura 120 e com a Tabela 8, grande diferença nos resultados, é visível que o programa dimensionou uma viga com seções muito menores que as propostas por Carvalho e Pinheiro (2009), isso ocorre devido à diferença de momento fletor provocado pela escolha da dimensão da sapata sobre P1, essa diferença pode ser observada na Figura 121. A excentricidade provocada pela carga aplicada em P1 da sapata dimensionada por Carvalho e Pinheiro (2009) é 27,27 % maior que a excentricidade da

sapata dimensionada pelo programa, que provocam na viga maior esforço de momento fletor.

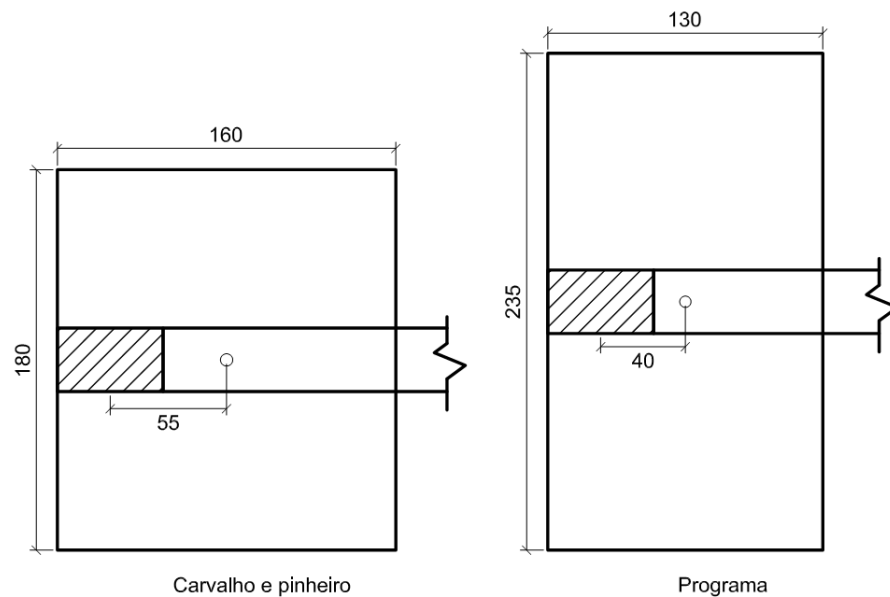


Figura 121 - Comparativo entre sapatas da viga alavanca de Carvalho e Pinheiro X Programa.

5.5 Sapata em divisa

Na Tabela 9 e na Figura 122 tem-se exemplo proposto por Rebello (2008 p193):

Tabela 9 – Comparativo de sapata em divisa – Programa X Rebello 2008.

Carga (t)	Seção do pilar (cm)	fck (MPa)	Taxa do solo (kgf/cm²)		Cobrimento (cm)	
20	20 X 20	20	2,5		3	
Resultado						
Método	A (cm)	B (cm)	Área (cm²)	H (cm)	$A_{FA}cm^2$	$A_{FB}cm^2$
REBELLO	250	125	31250	40	4,4	1,1
Programa	250	125	31250	75	2,27	0,62

A diferença na altura da sapata é devido ao fato de que Rebello (2008) diminui a altura calculada para a sapata, porém, ao fazer isso a sapata deixa de ser considerada rígida. O programa por sua vez dimensiona a medida mínima da sapata para que a mesma seja considerada rígida.

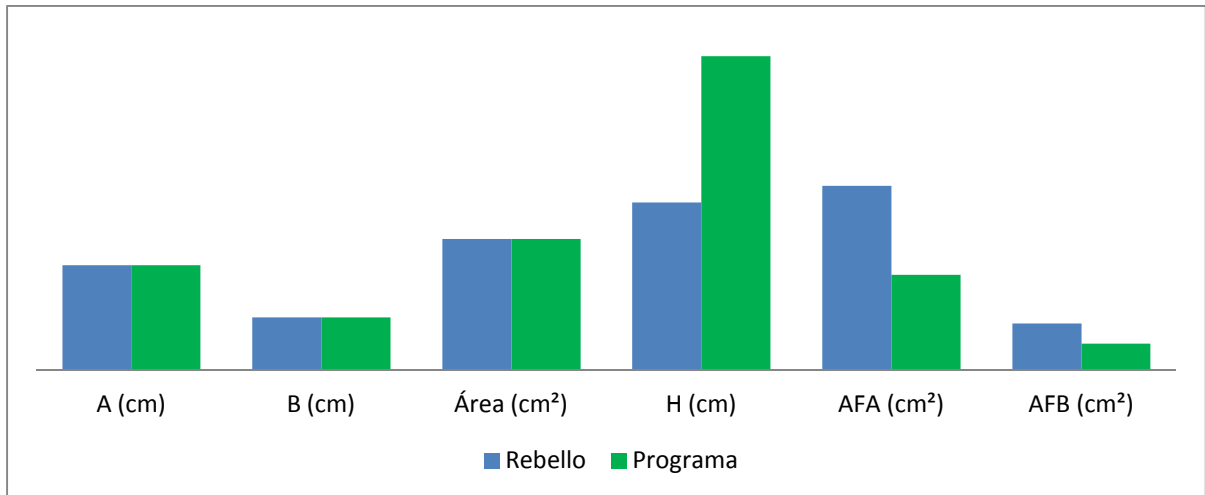


Figura 122 - Gráfico comparativo das dimensões de sapata em divisa- Rebello 2008 X Programa.

6. CONCLUSÃO

Foram estudados métodos para o dimensionamento de fundações rasas e desenvolvidos cinco programas para a calculadora HP50g que tem por finalidade facilitar o dimensionamento dos 4 tipos de fundações rasas abordadas pelo programa.

Para cada um dos programas foram usados critérios diferentes em sua construção, já que um dos objetivos deste trabalho é o de demonstrar os benefícios que o uso da calculadora HP50g pode trazer. Alguns programas têm um desenvolvimento quase que totalmente automático, deixando ao usuário a possibilidade de poucas alterações, enquanto outros permitem que o usuário escolha praticamente quase todos os parâmetros.

O programa para o dimensionamento de sapata isolada é um exemplo de programa que permite a escolha de quase todos os parâmetros, porém, deixa uma brecha para que uma opção errônea seja tomada. Já o programa que dimensiona sapata em divisa não permite quase nenhuma alteração por parte do usuário, isso implica em menor possibilidade de erro, mas também deixa o usuário sem condições de realizar alterações que venham a ser necessárias.

Um ponto muito importante quando se diz respeito à programação pode ser relacionado com a afirmação feita por Rebello (2008) “o uso de sapata excêntrica é muito trabalhoso, por isso sempre que possível, o uso de viga alavanca torna-se mais interessante”. A programação nos abre as portas para um dimensionamento mais refinado, onde o profissional não fica limitado a métodos simplificados ou mesmo um método menos eficiente devido à complexidade no dimensionamento.

Para o dimensionamento de sapata corrida onde foram apresentados dois métodos diferentes, com os resultados comparativos obtidos na Tabela 7 e nos Figuras 115 a 119 observa-se que existe uma grande diferença entre os dois modelos propostos, sendo que a aplicação de um ou de outro, dependerá da necessidade de cada obra, ficando a critério do engenheiro decidir o que melhor atenderá cada situação.

Como o modelo com viga de rigidez é proposto levando em consideração o fato de que a sapata se acomodará de forma diferente devido a variação do solo, pode-se dizer que o seu uso se justificaria quando não se tem grande conhecimento do solo, ou se sabe que o mesmo apresenta grande variação no perímetro da obra, em sapatas com o comprimento

muito grande onde essa variação é mais provável também se justificaria o emprego desse método.

Para as demais situações, pelo fato da sapata corrida sem a viga de rigidez se mostrar mais econômica, como pode ser visto na Tabela 7 e nos Figuras 115 a 119, este modelo deveria ser aplicado.

A sapata em divisa apresentada neste trabalho faz parte da literatura técnica, porém, faz-se uma ressalva quanto ao seu uso, diferente do proposto por Rebello (2008), que recomenda o uso de viga alavanca pela complexidade no dimensionamento da sapata de divisa, recomenda-se evitar esse tipo de sapata e optar sempre que possível pelo uso de viga alavanca devido “à maior segurança que a última apresenta”. Sendo que a viga alavanca nada mais é do que uma sapata em divisa mais uma viga de equilíbrio.

Pode-se afirmar que os programas aqui apresentados, mesmo limitados, servem como uma excelente ferramenta para auxiliar o engenheiro civil no dimensionamento de fundações rasas, deve-se salientar “auxiliar”, pois cabe ao engenheiro tomar as decisões e realizar os ajustes necessários para cada situação.

É importante lembrar que esta é a primeira versão do programa e que o mesmo pode sofrer alteração com o passar do tempo, pois mesmo tendo sido testado, possíveis erros podem aparecer, ou simplesmente pode adequar-se melhor às necessidades de trabalho. Uma sugestão para um trabalho futuro seria a construção de um novo módulo que abrangesse também as fundações profundas.

7. REFERÊNCIAS

ABCP. **Manual de Estruturas – Fundações.** Disponível em: <http://pcc2435.pcc.usp.br/textos%20t%C3%A9cnicos/Fundacoes/fundacoes_comunidade_construcao.pdf> Acesso em: 13 mar. 2011.

ALONSO, U. R. **Exercícios de Fundações.** 2 ed. São Paulo: Ed. Blucher, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122:** Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO J. R. F. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado.** 3 ed. São Carlos: Ed. Edufscar, 2007

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO L. M. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado Volume 2.** 1 ed. São Paulo: Ed. Pini, 2009.

HEWLETT PACKARD. **HP 50g Calculadora Gráfica.** 1 ed. San Diego: Ed. Hewlett Packard, 2006.

HPCALC.ORG. Disponível em: < <http://www.hpcalc.org/>>. Acesso em: 04 abr. 2011.

ING. CIVIL. **Programación en User-Rpl con Ejemplos Aplicados a Ingeniería Civil.** . Disponível em: <<http://ingenieriacivil.co.cc/programacion-en-user-rpl-con-ejemplos-aplicados-a-ingenieria-civil/>> Acesso em: 12 jun. 2011

ISA-UMH. **Curso de programación em USER-RPL.** Disponível em: < http://isa.umh.es/calc/curso_UserRPL.pdf> Acesso em: 12 jun. 2011.

MONTOYA, P. J.; MESEGUER A. G.; CABRÉ F. M. **Hormigón Armado.** 11 ed. Barcelona: Ed. Gustavo gili, 1987-1989.

MORAES, M. C. **Estruturas de Fundações.** 2 ed. São Paulo: Ed. McGraw Hill do Brasil, 1976.

PONTES, G. F. **Programas Práticos para Engenharia**. 1 ed. Uberaba: Ed. Universidade de Uberaba, 1998.

REBELO, Y. C. P. **Estruturas de Aço, Concreto e Madeira**. 4 ed. São Paulo: Ed. Zigurate, 2010.

REBELO, Y. C. P. **Fundações: Guia Prático de Projeto Execução e Dimensionamento**. 2 ed. São Paulo: Ed. Zigurate, 2008.

SILVA, G. L. **Programando a HP50g – Uma Introdução ao Fascinante Universo da Programação**. Disponível em:

<<http://www.dmat.ufrr.br/~gentil/images/stories/Alunos/programando-hp.pdf>> Acesso em:

13

mar.

2011.

APÊDICE A – CÓDIGO FONTE DO APLICATIVO DESENVOLVIDO

APÊNDICE A - CÓDIGO FONTE

@ Argumentos: Fundações Rasas
@ Author: David Antonio Novaes
@ E-mail: david.novaes83@gmail.com
@ Version: 1.0
@ Created using HPUserEdit 6 [www.unparche.com]

DIR

INICIA

« Lixo001 CRDIR

A11

»

A11

«

IFERR

Lixo001 2 FIX -40 CF DEG

"FUNDAÇÃO RASA"

{

{ "1. Sapata isolada" « A12 » }

{ "2. Sapatas associadas" « A13 » }

{ "3. Sapata em divisa" « A14 » }

{ "4. Viga alavanca" « A15 » }

{ "5. Sapata corrida" «

"SAPATA CORRIDA"

{

{ "1. Com viga de rigidez" « A17 » }

{ "2. Sem viga de rigidez" « A18 » }

}

1

CHOOSE

IF

THEN

EVAL

ELSE

UPDIR 'Lixo001' PGDIR CLEAR 1100.01MENU -40 SF

END

» }

}

1

CHOOSE

IF

THEN

EVAL

ELSE

UPDIR 'Lixo001' PGDIR CLEAR 1100.01MENU -40 SF

END

THEN

UPDIR 'Lixo001' PGDIR CLEAR 1100.01MENU -40 SF

END

»

A12

«

"SAPATAS ISOLADAS"

{

```

{ "P:" "Carga do Pilar (tf)" 0 }
{ "a:" "Menor dimensão do pilar (cm)" 0 }
{ "b:" "Maior dimensão do pilar (cm)" 0 }
{ "fck:" "(MPa)" 0 }
{ "taxa:" "resistência do solo (kgf/cm²)" 0 }
{ "C:" "Cobrimento (cm)" 0 }
}
{ 2 0 }
{ }
{ }
INFORM DROP
IFERR
EVAL { KILL "" "" "" "" CONT } TMENU
'Co' STO 'σS' STO 'fck' STO 'b' STO 'a' STO 'P' STO
P 1000 * σS / 'SSAP' STO
b a - 2 / b a - SQ 4 / SSAP + √ + 'B' STO
B "B(cm)" →TAG HALT
"Adote um valor
para B (cm)"
""
INPUT OBJ→
'B' STO
SSAP B / 'A' STO
A "A(cm)" →TAG HALT
"Adote um valor
para A (cm)"
""
INPUT OBJ→
'A' STO
IF 'A>B'
THEN
A 0.3 * 'h' STO
ELSE
B 0.3 * 'h' STO
END
h "h(cm)" →TAG HALT
"Adote um valor
para h (cm)"
""
INPUT OBJ→
'h' STO
CLEAR
WHILE P 1000 * a b + h + h + 2 * h * / fck 2.5 / >
REPEAT
h 5 + 'h' STO
END
P 1000 * 4 / A 3 / a 2 / - * 'MA' STO
P 1000 * 4 / B 3 / b 2 / - * 'MB' STO
h Co - 'd' STO
WHILE 1.4 fck * MA b d SQ * / <
REPEAT
h 5 + 'h' STO
h Co - 'd' STO
END
WHILE 1.4 fck * MB a d SQ * / <
REPEAT

```

```

h 5 + 'h' STO
h Co - 'd' STO
END
fck 2.5 / 'τLIM' STO
P 1000 * a b + h + h + 2 * d * / 'τ' STO
MA b d SQ * / 'CA' STO
1.4 fck * 'Clim' STO
P 1000 * A a - * 8 d * / 'Ta' STO
1.61 Ta * 5000 / 'AFA' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øA1' STO
3.141592654 øA1 10 / SQ * 4 / 'A10A1' STO
AFA A10A1 / IP 1 ADD 'NBA1' STO
B Co 2 * - øA1 10 / NBA1 * - NBA1 1 -
DUP 1
«IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBA1' STO
"Escolha na tabela um ø para a armadura paralela ao lado A" SCROLL
{ ø } { mm } + øA1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10A1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBA1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBA1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'øA' STO
3.141592654 øA 10 / SQ * 4 / 'A10A' STO
AFA A10A / IP 1 ADD 'NBA' STO
IF NBA 2 <
THEN
2 'NBA' STO
END
B Co 2 * - NBA 1 - / 'ESPBA' STO
MB a d SQ * / 'CB' STO
P 1000 * B b - * 8 d * / 'Tb' STO
1.61 Tb * 5000 / 'AFB' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øB1' STO
3.141592654 øB1 10 / SQ * 4 / 'A10B1' STO
AFB A10B1 / IP 1 ADD 'NBB1' STO
A Co 2 * - øB1 10 / NBB1 * - NBB1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBB1' STO
"Escolha na tabela um ø para a armadura paralela ao lado B" SCROLL
{ ø } { mm } + øB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10B1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY

```

```

{ Num. } { barras } + NBB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'øB' STO
3.141592654 øB 10 / SQ * 4 / 'A10B' STO
AFB A10B / IP 1 ADD 'NBB' STO
IF NBB 2 <
THEN
2 'NBB' STO
END
A Co 2 * - NBB 1 - / 'ESPBB' STO
STD
-.5 B 2 * XRNG
-.5 A 2 * YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
B 2 / A 2 / R→C 'P1' STO
B 2 / A 2 / A + R→C 'P2' STO
B 2 / B + A 2 / A + R→C 'P3' STO
B 2 / B + A 2 / R→C 'P4' STO
P1 P3 BOX
B b 2 / - A a 2 / - R→C 'P5' STO
B b 2 / - A a 2 / + R→C 'P6' STO
B b 2 / + A a 2 / + R→C 'P7' STO
B b 2 / + A a 2 / - R→C 'P8' STO
P5 P7 BOX
P1 P5 LINE
P2 P6 LINE
P3 P7 LINE
P4 P8 LINE
PICT B B .4 * - A 2 * R→C "Em planta" 2 →GROB GXOR
PICT B B .15 * - A A 2 / + A .2 * + R→C "B=" B →STR + 1 →GROB GXOR
PICT B B 2 / + B .05 * + A A .05 * + R→C "A=" A →STR + 1 →GROB GXOR
PICT B B .05 * - A a 2 / + A .2 * + R→C b →STR 1 →GROB GXOR
PICT B b 2 / + B .05 * + A A .05 * + R→C a →STR 1 →GROB GXOR
PICT B B .5 * - A .2 * R→C "Cobrimento = " Co →STR + " cm" + 1 →GROB
B GXOR
0 WAIT DROP
-.5 A A 2 / + XRNG
-.5 h 2 * YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
A 4 / h 12 / R→C 'P9' STO
A 4 / 10 h 12 / + R→C 'P10' STO
A 4 / 3 * a 2 / - h h 12 / + R→C 'P11' STO
A 4 / 3 * a 2 / + h h 12 / + R→C 'P12' STO
A 4 / A + 10 h 12 / + R→C 'P13' STO
A 4 / A + h 12 / R→C 'P14' STO
A 4 / 3 * a 2 / - h h 12 / + h 2 / + R→C 'P15' STO
A 4 / 3 * a 2 / + h h 12 / + h 2 / + R→C 'P16' STO
P9 P10 LINE
P10 P11 LINE
P11 P15 LINE
P16 P12 LINE

```

```

P12 P13 LINE
P13 P14 LINE
P9 P14 LINE
A 4 / A + A 30 / + h 12 / R→C A 4 / A + A 8 / + h 12 / R→C LINE
A 4 / 3 * a 2 / + A 30 / + h h 12 / + R→C A 4 / A + A 8 / + h h 12
/ + R→C LINE
A 4 / A + A 10 / + h 20 / R→C A 4 / A + A 10 / + h h 12 / + h 20 /
+ R→C LINE
A 4 / A 30 / - h 12 / R→C A 4 / A 8 / - h 12 / R→C LINE
A 4 / A 30 / - 10 h 12 / + R→C A 4 / A 8 / - 10 h 12 / + R→C LINE
A 4 / A 10 / - h 20 / R→C A 4 / A 10 / - 10 h 12 / + h 20 / + R→C LI
INE
PICT A 4 / A + A 8 / + h 12 / h 2 / + R→C h →STR 1 →GROB GXOR
PICT A 4 / A 4 / - h 12 / 10 + R→C 10 →STR 1 →GROB GXOR
PICT A A .4 * - h 2 * R→C "Corte" 2 →GROB GXOR
PICT A A .6 * - h 2 * h .25 * - R→C "Cobrimento = " Co →STR + " cm
" + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
-.5 B 2 * XRNG
-.5 A 2 * YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
P1 P3 BOX
B 2 / 3 + A 2 / 3 + R→C B 2 / 3 + A 2 / A + 3 - R→C LINE
1 NBA 1 -
FOR i
B 2 / 3 + ESPBA i * + A 2 / 3 + R→C B 2 / 3 + ESPBA i * + A 2 / A +
3 - R→C LINE
NEXT
PICT B B .9 * - A 2 * R→C "Armadura paralela a A" 2 →GROB GXOR
PICT B B .1 * - A A 2 / + A .2 * + R→C B →STR 1 →GROB GXOR
PICT B B 2 / + B .05 * + A A .05 * + R→C A →STR 1 →GROB GXOR
PICT B B .4 * - A 2 / A .1 * - R→C NBA →STR "ø" + øA →STR + "mm" +
" C/ " + B 6 - øA 10 / NBA * - NBA 1 - / 0 RND →STR + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
-.5 B 2 * XRNG
-.5 A 2 * YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
P1 P3 BOX
B 2 / A 2 / 3 + R→C B 2 / B + A 2 / 3 + R→C LINE
1 NBB 1 -
FOR i
B 2 / A 2 / 3 + ESPBB i * + R→C B 2 / B + A 2 / 3 + ESPBB i * + R→C
LINE
NEXT
PICT B B .9 * - A 2 * R→C "Armadura paralela a B" 2 →GROB GXOR
PICT B B .1 * - A A 2 / + A .2 * + R→C B →STR 1 →GROB GXOR
PICT B B 2 / + B .05 * + A A .05 * + R→C A →STR 1 →GROB GXOR
PICT B B .4 * - A 2 / A .1 * - R→C NBB →STR "ø" + øB →STR + "mm" +
" C/ " + A 6 - øB 10 / NBB * - NBB 1 - / 0 RND →STR + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
B 6 - øA 10 / NBA * - NBA 1 - / 'ESPBA' STO
A 6 - øB 10 / NBB * - NBB 1 - / 'ESPBB' STO
"" "
" + "

```

```

" + SSAP "Área da sapata" →TAG 2 FIX + "
" + "Dimensões da sapata" + "
" + B cm _ "B" →TAG + "
" + A cm _ "A" →TAG + "
" + h cm _ "h" →TAG + "
" + d cm _ "d" →TAG + "
" + "Verificação da punção" + "
" +  $\tau_{LIM}$  kgf cm2 / _ " $\tau_{LIM}$ " →TAG + "
" +  $\tau$  kgf cm2 / _ " $\tau$ " →TAG + "
" + "Momento fletor máximo paralelo a A" + "
" + MA kgf.cm _ "MA" →TAG + "
" + "Cálculo da armação para MA" + "
" + CA kgf cm2 / _ "C" →TAG + "
" + Clim kgf cm2 / _ "Clim" →TAG + "
" + Ta Kgf _ "Ta" →TAG + "
" + AFA cm2 _ "AF" →TAG + "
" +  $\phi A$  mm _ "Adotado  $\phi$ " →TAG + "
" + NBA "N° de barras" →TAG + "
" + ESPBA cm _ "Espaçamento entre barras" →TAG + "
" + NBA →STR "  $\phi$ " +  $\phi A$  →STR + "mm" + " C/ " + ESPBA →STR + + "
" + "Momento fletor máximo paralelo a B" + "
" + MB kgf.cm _ "MB" →TAG + "
" + "Cálculo da armação para MB" + "
" + CB kgf cm2 / _ "C" →TAG + "
" + Clim kgf cm2 / _ "Clim" →TAG + "
" + Tb kgf _ "Tb" →TAG + "
" + AFB cm2 _ "AF" →TAG + "
" +  $\phi B$  mm _ "Adotado  $\phi$ " →TAG + "
" + NBB "N° de barras" →TAG + "
" + ESPBB cm _ "Espaçamento entre barras" →TAG + "
" + NBB →STR "  $\phi$ " +  $\phi B$  →STR + "mm" + " C/ " + ESPBB →STR + +
DUP SCROLL
UPDIR 'Lixo001' PGDIR 1100.01MENU -40 SF
THEN
UPDIR 'Lixo001' PGDIR CLEAR 1100.01MENU -40 SF
END
»

```

A13

```

« -.5 131 XRNG
-.5 64 YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
6 14 R→C 'P1' STO
6 62 R→C 'P2' STO
110 62 R→C 'P3' STO
110 14 R→C 'P4' STO
P1 P3 BOX
25 28 R→C 'P5' STO
25 48 R→C 'P6' STO
90 48 R→C 'P7' STO
90 28 R→C 'P8' STO
P5 P7 BOX
P1 P5 LINE
P2 P6 LINE
P3 P7 LINE

```



```

P4 P8 LINE
28 31 R→C 'P9' STO
44 45 R→C 'P10' STO
P9 P10 BOX
87 45 R→C 'P11' STO
71 31 R→C 'P12' STO
P11 P12 BOX
3 10.5 R→C 113 10.5 R→C LINE
6 7.5 R→C 6 12.5 R→C LINE
110 7.5 R→C 110 12.5 R→C LINE
116 65 R→C 116 11 R→C LINE
113 62 R→C 119 62 R→C LINE
113 14 R→C 119 14 R→C LINE
PICT 52 8 R→C "A" 2 →GROB GXOR
PICT 118.5 42 R→C "B" 2 →GROB GXOR
PICT 31.5 40.5 R→C "P1" 2 →GROB GXOR
PICT 74.5 40.5 R→C "P2" 2 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
P1 P3 BOX
P9 P10 BOX
P11 P12 BOX
3 10.5 R→C 113 10.5 R→C LINE
6 7.5 R→C 6 12.5 R→C LINE
110 7.5 R→C 110 12.5 R→C LINE
116 65 R→C 116 11 R→C LINE
113 62 R→C 119 62 R→C LINE
113 14 R→C 119 14 R→C LINE
PICT 52 8 R→C "A" 2 →GROB GXOR
PICT 118.5 42 R→C "B" 2 →GROB GXOR
PICT 31.5 40.5 R→C "P1" 2 →GROB GXOR
PICT 74.5 40.5 R→C "P2" 2 →GROB GXOR
PICT 31.5 57 R→C "a1" 2 →GROB GXOR
PICT 74.5 57 R→C "a2" 2 →GROB GXOR
PICT 50 41.5 R→C "b1" 2 →GROB GXOR
PICT 94 41.5 R→C "b2" 2 →GROB GXOR
PICT 57 24 R→C "L" 2 →GROB GXOR
26 49 R→C 46 49 R→C LINE
28 47 R→C 28 51 R→C LINE
44 47 R→C 44 51 R→C LINE
69 49 R→C 89 49 R→C LINE
71 47 R→C 71 51 R→C LINE
87 47 R→C 87 51 R→C LINE
48 30 R→C 48 47 R→C LINE
46 31 R→C 50 31 R→C LINE
46 45 R→C 50 45 R→C LINE
92 30 R→C 92 47 R→C LINE
90 31 R→C 94 31 R→C LINE
90 45 R→C 94 45 R→C LINE
34 26 R→C 81 26 R→C LINE
36 24 R→C 36 28 R→C LINE
79 24 R→C 79 28 R→C LINE
0 WAIT DROP
CLEAR
"SAPATAS ASSOCIADAS"
{

```

```

{ "P1:" "Maior carga (tf)" 0 }
{ "p2:" "Menor carga (tf)" 0 }
{ "b1:" "(cm)" 0 }
{ "a1:" "(cm)" 0 }
{ "b2:" "(cm)" 0 }
{ "a2:" "(cm)" 0 }
{ "L:" "Distância entre pilares (cm)" 0 }
{ "fck:" "(MPa)" 0 }
{ "taxa:" "Resistência do solo (kgf/cm²)" 0 }
}
{ 3 0 }
{ }
{ }
INFORM DROP
IFERR
EVAL
'σS' STO 'fck' STO 'L' STO 'a2' STO 'b2' STO 'a1' STO 'b1' STO 'P2'
STO 'P1' STO
"SAPATAS ASSOCIADAS"
{
{ "C:" "Cobrimento (cm)" 0 }
}
{ 1 0 }
{ }
{ }
INFORM DROP EVAL
'C' STO
{ KILL "" "" "" "" CONT } TMENU
P1 L * P1 P2 + / IP 'X1' STO
P1 1000 * P2 1000 * + σS / 'ASAP' STO
X1 a2 + 2 * 'A' STO
A cm _ "A" →TAG HALT
"Adote um valor
para A (cm)"
""
INPUT OBJ→
'A1' STO
CLEAR
IF A1 A 5 - <
THEN
WHILE A1 A 5 - <
REPEAT
A1 5 + 'A1' STO
END
END
A1 'A' STO
0 'X0' STO
WHILE A X0 2 / + a2 - L - a1 2 / - 50 <
REPEAT
X0 10 + 'X0' STO
END
A X0 + 'A' STO
a2 X0 2 / + 'X3' STO
A L - X3 - 'X2' STO
ASAP A / 'B' STO
B cm _ "B" →TAG HALT

```

```

"Adote um valor
para B (cm) "
""

INPUT OBJ→
'B' STO
CLEAR
IF b1 b2 ≥
THEN
b1 'b' STO
ELSE
b2 'b' STO
END
σS 100 * 'q' STO
q B b - SQ 8 / * 'Mmax' STO
1.4 fck * 'Clim' STO
B .2 * 'h' STO
h cm _ "h" →TAG HALT
"Adote um valor
para h (cm) "
""

INPUT OBJ→
'h' STO
CLEAR
WHILE Mmax 100 h C - SQ * / Clim >
REPEAT
h 5 + 'h' STO
END
h C - 'd' STO
Mmax 100 d SQ * / 'CL' STO
Mmax 2500 d * / 'AFL' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øL1' STO
3.141592654 øL1 10 / SQ * 4 / 'A10L1' STO
AFL A10L1 / IP 1 ADD 'NBL1' STO
100 øL1 10 / NBL1 * - NBL1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBL1' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A LAJE DA SAPATA" SCROLL
{ ø } { mm } + øL1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10L1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBL1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBL1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""

INPUT OBJ→
'øL' STO
3.141592654 øL 10 / SQ * 4 / 'A10L' STO
AFL A10L / IP 1 ADD 'NBL' STO
IF NBL 2 <
THEN

```

```

2 'NBL' STO
END
100 ØL 10 / NBL * - NBL 1 - / 'ESPBL' STO
σS B * 'P' STO
IF X2 X3 >
THEN
X2 'xb' STO
ELSE
X3 'xb' STO
END
P L X3 + * L X3 + 2 / * P X2 * X2 * 2 / - L / 'R2' STO
P A * R2 - 'R1' STO
R1 P X2 * - 'T1' STO
R2 P X3 * - 'T2' STO
T1 L * T1 T2 + / 'XT' STO
R1 XT * P XT SQ * 2 / - P X2 * X2 2 / XT + * - 'MP' STO
P xb SQ * 2 / 'MB' STO
30 'H' STO
WHILE MB b H C - SQ * / Clim >
REPEAT
H 10 + 'H' STO
END
WHILE MP b H C - SQ * / Clim >
REPEAT
H 10 + 'H' STO
END
H cm _ "H" →TAG HALT
"Adote um valor
para H (cm) "
""
INPUT OBJ→
'H' STO
CLEAR
H C - 'd2' STO
MB b d2 SQ * / 'CB' STO
MB 2500 d2 * / 'AFB' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'ØB1' STO
3.141592654 ØB1 10 / SQ * 4 / 'A10B1' STO
AFB A10B1 / IP 1 ADD 'NBB1' STO
b C 2 * - ØB1 10 / NBB1 * - NBB1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBB1' STO
"ESCOLHA UM Ø PARA A PARTE INFERIOR DA VIGA DE RIGIDEZ" SCROLL
{ Ø } { mm } + ØB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10B1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um Ø (mm) "
""

```

```

INPUT OBJ→
'ØB' STO
3.141592654 ØB 10 / SQ * 4 / 'A10B' STO
AFB A10B / IP 1 ADD 'NBB' STO
IF NBB 2 <
THEN
2 'NBB' STO
END
b 2 C * - ØB 10 / NBB * - NBB 1 - / 'ESPBB' STO
MP b d2 SQ * / 'CP' STO
MP 2500 d2 * / 'AFP' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'ØP1' STO
3.141592654 ØP1 10 / SQ * 4 / 'A10P1' STO
AFP A10P1 / IP 1 ADD 'NBP1' STO
b C 2 * - ØP1 10 / NBP1 * - NBP1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBP1' STO
"ESCOLHA UM Ø PARA A PARTE SUPERIOR DA VIGA DE RIGIDEZ" SCROLL
{ Ø } { mm } + ØP1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10P1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBP1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBP1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um Ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'ØP' STO
3.141592654 ØP 10 / SQ * 4 / 'A10P' STO
AFP A10P / IP 1 ADD 'NBP' STO
IF NBP 2 <
THEN
2 'NBP' STO
END
b C 2 * - ØP 10 / NBP * - NBP 1 - / 'ESPBP' STO
P xb * 'QB' STO
P L * 2 / 'QP' STO
IF QB QP >
THEN
QB 'QM' STO
ELSE
QP 'QM' STO
END
QM 20 d2 * / 'AFQ' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 } 'ØBQ' STO
3.141592654 ØBQ 10 / SQ * 4 / 2 * 'A10BQ' STO
AFQ A10BQ / IP 1 ADD 'NBBQ' STO
100 ØBQ 10 / NBBQ * - NBBQ 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1

```

```

ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBBQ' STO
"ESCOLHA UM Ø PARA OS ESTRIBOS" SCROLL
{ Ø } { mm } + ØBQ + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ A } { cm² } + A10BQ + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ Num. } { barras } + NBBQ + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ Espç } { cm } + ESPBBQ + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
4 COL→ SCROLL
"Adote um Ø (mm) para
os estribos"
"""
INPUT OBJ→
'ØQ' STO
3.141592654 ØQ 10 / SQ * 4 / 2 * 'A10Q' STO
AFQ A10Q / IP 1 ADD 'NE' STO
100 ØQ 10 / NE * - NE 1 - / 'ESPE' STO
STD
-.5 A 2.2 * XRNG
-.5 H 3 * YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT A .15 * H 1.5 * R→C "Resumo das armações" 3 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
A .1 * H R→C 'P1' STO
A 2.1 * H 2 * R→C 'P2' STO
P1 P2 BOX
A .15 * H 1.3 * R→C A 2.05 * H 1.3 * R→C LINE
A .15 * H 1.15 * R→C A 2.05 * H 1.9 * R→C BOX
A .9 * H 1.1 * R→C A .95 * H 1.2 * R→C LINE
A .95 * H 1.1 * R→C A H 1.2 * R→C LINE
A H 1.1 * R→C A 1.05 * H 1.2 * R→C LINE
A 1.05 * H 1.1 * R→C A 1.1 * H 1.2 * R→C LINE
A .9 * H 1.85 * R→C A .95 * H 1.95 * R→C LINE
A .95 * H 1.85 * R→C A H 1.95 * R→C LINE
A H 1.85 * R→C A 1.05 * H 1.95 * R→C LINE
A 1.05 * H 1.85 * R→C A 1.1 * H 1.95 * R→C LINE
A .05 * H 2 / R→C A 2.15 * H 2 / R→C LINE
A .1 * H .31 * R→C A .1 * H .8 * R→C LINE
X2 2 * A .1 * + H .33 * R→C X2 2 * A .1 * + H .8 * R→C LINE
X2 2 * A .1 * + L 2 * + H .33 * R→C X2 2 * A .1 * + L 2 * + H .8 *
R→C LINE
A 2.1 * H .33 * R→C A 2.1 * H .8 * R→C LINE
X2 2 * A .1 * + a1 - H 2 * R→C X2 2 * A .1 * + a1 - H 2.4 * R→C LINE
E
X2 2 * A .1 * + a1 + H 2 * R→C X2 2 * A .1 * + a1 + H 2.4 * R→C LINE
E
X2 2 * A .1 * + a1 - L 2 * + H 2 * R→C X2 2 * A .1 * + a1 - L 2 * +
H 2.4 * R→C LINE
X2 2 * A .1 * + a1 + L 2 * + H 2 * R→C X2 2 * A .1 * + a1 + L 2 * +
H 2.4 * R→C LINE
PICT A .5 * H 3 * R→C "Cobrimento = " C →STR + "cm" + 1 →GROB GXOR
PICT A .1 * X2 .6 * + H 4 / R→C X2 →STR 1 →GROB GXOR
PICT A .1 * X2 2 * + L .8 * + H 4 / R→C L →STR 1 →GROB GXOR

```

```

PICT A .1 * X2 2 * + L 2 * + X3 .6 * + H 4 / R→C X3 →STR 1 →GROB GX
XOR
PICT A .1 * X2 2 * + L .5 * + H 1.1 / R→C NBB →STR " ø " + øB →STR
+ →STR 1 →GROB GXOR
PICT A .1 * X2 2 * + L .5 * + H 2.3 * R→C NBP →STR " ø " + øP →STR
+ →STR 1 →GROB GXOR
PICT A .1 * X2 2 * + a1 - H 2.7 * R→C "P1" 1 →GROB GXOR
PICT A .1 * X2 2 * + L 2 * + a2 - H 2.7 * R→C "P2" 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
2 FIX
-.5 B 1.5 * XRNG
-.5 H 1.5 * YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1
NBB
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ESPBB i * ESPBB - øB 10 / + + H .3 * 8 + øB
20 / + R→C PIXON
NEXT
PICT B .3 * H .35 * R→C NBB →STR " ø " + øB →STR + "mm" + 1 →GROB GX
XOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1
NBB
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ESPBB i * ESPBB - øB 10 / + + H .3 * 8 + øB
20 / + R→C PIXON
NEXT
1
NBP
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ESPBP i * ESPBP - øP 10 / + + H .3 * H + 6 -
øP 20 / + R→C PIXON
NEXT
PICT B .35 * H 1.1 * R→C NBP →STR " ø " + øP →STR + "mm" + 1 →GROB
GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1
NBB
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ESPBB i * ESPBB - øB 10 / + + H .3 * 8 + øB
20 / + R→C PIXON
NEXT
1
NBP
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ESPBP i * ESPBP - øP 10 / + + H .3 * H + 6 -
øP 20 / + R→C PIXON
NEXT
B .1 * B b - 2 / + 3 + H .3 * 6 + R→C B .1 * B b - 2 / + 3 + H .3 *
H + 3 - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + 3 + H .3 * H + 3 - R→C B .1 * B b - 2 / + b + 3
- H .3 * H + 3 - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + 3 - H .3 * H + 3 - R→C B .1 * B b - 2 / + b
+ 3 - H .3 * 6 + R→C LINE

```

```

B .1 * B b - 2 / + b + 3 - H .3 * 6 + R→C B .1 * B b - 2 / + 3 + H
.3 * 6 + R→C LINE
PICT B .2 * H .3 * R→C "estr. ø" øQ →STR + " C/ " + ESPE →STR + 1 →G
GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1
NBB
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ESPBB i * ESPBB - øB 10 / + + H .3 * 8 + øB
20 / + R→C PIXON
NEXT
1
NBP
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ESPBP i * ESPBP - øP 10 / + + H .3 * H + 6 -
øP 20 / + R→C PIXON
NEXT
B .1 * B b - 2 / + 3 + H .3 * 6 + R→C B .1 * B b - 2 / + 3 + H .3 *
H + 3 - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + 3 + H .3 * H + 3 - R→C B .1 * B b - 2 / + b + 3
- H .3 * H + 3 - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + 3 - H .3 * H + 3 - R→C B .1 * B b - 2 / + b
+ 3 - H .3 * 6 + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + 3 - H .3 * 6 + R→C B .1 * B b - 2 / + 3 + H
.3 * 6 + R→C LINE
B .1 * 3 + H .3 * 3 + R→C B 1.1 * 3 - H .3 * 3 + R→C LINE
B .1 * 3 + H .3 * 3 + R→C B .1 * 3 + H .3 * h + 3 - R→C LINE
B .1 * B + 3 - H .3 * h + 3 - R→C B 1.1 * 3 - H .3 * 3 + R→C LINE
PICT B .3 * H .3 * R→C "ø" øL →STR + " C/ " + ESPBL →STR + 1 →GROB
GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
B .1 * H .3 * R→C B 1.1 * H .3 * R→C LINE
B .1 * H .3 * R→C B .1 * H .3 * h + R→C LINE
B .1 * H .3 * h + R→C B .1 * B b - 2 / + H .3 * h + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + H .3 * h + R→C B .1 * B b - 2 / + H .3 * H + R→C
LINE
B .1 * B b - 2 / + H .3 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + b + H .3 * H +
R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + H .3 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + b + H .3 *
h + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + H .3 * h + R→C B .1 * B + H .3 * h + R→C LINE
E
B .1 * B + H .3 * h + R→C B 1.1 * H .3 * R→C LINE
B .1 * 3 + H .3 * 3 + R→C B 1.1 * 3 - H .3 * 3 + R→C LINE
B .1 * 3 + H .3 * 3 + R→C B .1 * 3 + H .3 * h + 3 - R→C LINE
B .1 * B + 3 - H .3 * h + 3 - R→C B 1.1 * 3 - H .3 * 3 + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + 3 + H .3 * 6 + R→C B .1 * B b - 2 / + 3 + H .3 *
H + 3 - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + 3 + H .3 * H + 3 - R→C B .1 * B b - 2 / + b + 3
- H .3 * H + 3 - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + 3 - H .3 * H + 3 - R→C B .1 * B b - 2 / + b
+ 3 - H .3 * 6 + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + 3 - H .3 * 6 + R→C B .1 * B b - 2 / + 3 + H
.3 * 6 + R→C LINE

```



```

B .05 * H .2 * R→C B 1.15 * H .2 * R→C LINE
B .1 * H .15 * R→C B .1 * H .25 * R→C LINE
B .1 * B + H .15 * R→C B .1 * B + H .25 * R→C LINE
B .2 * B + H .25 * R→C B .2 * B + H .35 * H + R→C LINE
B .15 * B + H .3 * R→C B .25 * B + H .3 * R→C LINE
B .15 * B + H .3 * h + R→C B .25 * B + H .3 * h + R→C LINE
B .15 * B + B b - 2 / - H .3 * H + R→C B .25 * B + H .3 * H + R→C LI
INE
B .05 * B b - 2 / + H .38 * H + R→C B .15 * B b - 2 / + b + H .38 *
H + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + H .35 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + H .45 * H + R→
→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + H .35 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + b + H .45
* H + R→C LINE
1
NBB
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ESPBB i * ESPBB - ØB 10 / + + H .3 * 8 + ØB
20 / + R→C PIXON
NEXT
1
NBP
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ESPBP i * ESPBP - ØP 10 / + + H .3 * H + 6 -
ØP 20 / + R→C PIXON
NEXT
PICT B .5 * H .15 * R→C B →STR 1 →GROB GXOR
PICT B 1.25 * H .34 * h 2 / + R→C h →STR 1 →GROB GXOR
PICT B 1.25 * H 0.3 * h + H h - 0.5 * + R→C H h - →STR 1 →GROB GXOR
PICT B .5 * H 1.5 * R→C b →STR 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
"" " MEMORIAL" + "
" + "
" + X1 cm _ "X1:" →TAG + "
" + ASAP cm² _ "Área da sapata:" →TAG + "
" + A cm _ "A:" →TAG + "
" + B cm _ "B:" →TAG + "
" + b cm _ "b:" →TAG + "
" + "Momento máximo na laje da sapata" + "
" + q kgf cm / _ "q:" →TAG + "
" + Mmax kgf.cm _ "Mmax:" →TAG + "
" + "Armação da laje da sapata" + "
" + Clim kgf cm² / _ "Clim:" →TAG + "
" + CL kgf cm² / _ "C:" →TAG + "
" + h cm _ "h:" →TAG + "
" + d cm _ "d:" →TAG + "
" + AFL cm² _ "AF:" →TAG + "
" + ØL mm _ "Ø:" →TAG + "
" + NBL "N° de barras / metro de sapata:" →TAG + "
" + ESPBL cm _ "Espaçamento:" →TAG + "
" + "Ø" ØL →STR + " C/
" + ESPBL →STR + + "
" + "Momento máximo na viga de rigidez" + "
" + P kgf cm / _ "P:" →TAG + "
" + R1 kgf _ "R1:" →TAG + "

```

```

" + R2 kgf _ "R2:" →TAG + "
" + T1 kgf _ "V1:" →TAG + "
" + T2 kgf _ "V2:" →TAG + "
" + XT X2 + cm _ "XMnóx:" →TAG + "
" + xb cm _ "x balanço:" →TAG + "
" + MB kgf.cm _ "M balanço:" →TAG + "
" + MP kgf.cm _ "M entre Pilares:" →TAG + "
" + "Armação para momentos fletores na viga de rigides" + "
" + H cm _ "H:" →TAG + "
" + d2 cm _ "d:" →TAG + "
" + "Armação no balanço" + "
" + CB kgf cm² / _ "C:" →TAG + "
" + AFB cm² _ "AF:" →TAG + "
" + øB mm _ "ø:" →TAG + "
" + NBB "N° de barras:" →TAG + "
" + ESPBB cm _ "Espaçamento:" →TAG + "
" + NBB →STR " ø" + øB →STR + " C/" + ESPBB →STR + + "
" + "Armação no vão entre pilares" + "
" + CP kgf cm² / _ "C:" →TAG + "
" + AFP cm² _ "AF:" →TAG + "
" + øP mm _ "ø:" →TAG + "
" + NBP "N° de barras:" →TAG + "
" + ESPBP cm _ "Espaçamento:" →TAG + "
" + NBP →STR " ø" + øP →STR + " C/" + ESPBP →STR + + "
" + "Cálculo da força cortante máxima" + "
" + QB kgf _ "Qmax balanço:" →TAG + "
" + QP kgf _ "Qmax vão:" →TAG + "
" + QM kgf _ "Qmax:" →TAG + "
" + "Cálculo dos estribos" + "
" + AFQ cm² _ "AF:" →TAG + "
" + øQ mm _ "ø:" →TAG + "
" + NE "N° de estribos / metro de sapata:" →TAG + "
" + ESPE cm _ "Espaçamento:" →TAG + "
" + "ø" øQ →STR + " C/" + ESPE →STR + +
DUP SCROLL
UPDIR 'Lixo001' PGDIR 1100.01MENU -40 SF
THEN
UPDIR 'Lixo001' PGDIR CLEAR 1100.01MENU -40 SF
END
»

```

A14

```

«
2 FIX
-.5 210 XRNG
-.5 175 YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
10 30 R→C 10 150 R→C LINE
10 150 R→C 175 150 R→C LINE
175 150 R→C 175 30 R→C LINE
175 30 R→C 10 30 R→C LINE
10 75 R→C 40 75 R→C LINE
40 75 R→C 40 105 R→C LINE
40 105 R→C 10 105 R→C LINE
40 75 R→C 175 30 R→C LINE

```

```

40 105 R→C 175 150 R→C LINE
PICT 45 98 R→C "b" 2 →GROB GXOR
PICT 20 73 R→C "a" 2 →GROB GXOR
180 20 R→C 5 20 R→C LINE
175 15 R→C 175 25 R→C LINE
10 15 R→C 10 25 R→C LINE
PICT 85 13 R→C "A" 2 →GROB GXOR
185 155 R→C 185 25 R→C LINE
180 150 R→C 190 150 R→C LINE
180 30 R→C 190 30 R→C LINE
PICT 190 98 R→C "B" 2 →GROB GXOR
PICT 35 175 R→C "Sapata em divisa" 2 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
CLEAR
"SAPATA EM DIVISA"
{
{ "P:" "Carga no pilar (tf)" 0 }
{ "a:" "Dimensão do pilar (cm)" 0 }
{ "b:" "Dimensão do pilar (cm)" 0 }
{ "fck:" "(MPa)" 0 }
{ "taxa:" "Resistência do solo (kgf/cm²)" 0 }
{ "C:" "Cobrimento (cm)" 0 }
}
{ 2 0 }
{ }
{ }
INFORM DROP
IFERR
EVAL { KILL "" "" "" "" CONT } TMENU
'CB' STO 'σS' STO 'fck' STO 'b' STO 'a' STO 'P' STO
a 2 * 'A' STO
A 2 / 'B' STO
P 1000 * A B * / 'σ0' STO
A 2 / a 2 / - 'e1' STO
P 1000 * e1 * B A SQ * 6 / / 'σ1' STO
σ0 σ1 + 'σmax' STO
σ0 σ1 - 'σmin' STO
WHILE σmax σS >
REPEAT
A 10 + 'A' STO
A 2 / 'B' STO
P 1000 * A B * / 'σ0' STO
A 2 / a 2 / - 'e1' STO
P 1000 * e1 * B A SQ * 6 / / 'σ1' STO
σ0 σ1 + 'σmax' STO
σ0 σ1 - 'σmin' STO
END
A σmax * σmax σmin - / 'X' STO
WHILE X A 2 3 / * <
REPEAT
A B * 'A1' STO
A 10 - 'A' STO
A1 A / 10 / IP 10 * 10 + 'B' STO
WHILE A B * A1 <
REPEAT
B 10 + 'B' STO

```

```

END
P 1000 * A B * / 'σ0' STO
A 2 / a 2 / - 'e1' STO
P 1000 * e1 * B A SQ * 6 / / 'σ1' STO
σ0 σ1 + 'σmax' STO
σ0 σ1 - 'σmin' STO
END
σmax 2 / 'σmedio' STO
IF σmin 0 ≥
THEN
A B * σmax σmin + 2 / * 4 / B 3 / b 2 / - * 'B' STO
A B * σmax σmin + 2 / * 2 / 2 3 / A * a - * 'A' STO
ELSE
X SQ B * 4 A * / σmedio * 2 X * 3 / a - * 'MA' STO
2 A * B * X B * - 32 A * / X * σmedio * B b - * 'MB' STO
END
A .3 * 10 / IP 10 * 5 + 'H' STO
fck 1.4 * 'Clim' STO
H CB - 'd' STO
MA b d SQ * / 'C' STO
WHILE C Clim >
REPEAT
H 5 + 'H' STO
H CB - 'd' STO
MA b d SQ * / 'C' STO
END
fck 2.5 / 'τlim' STO
P 1000 * 2 a H + * b + H * / 'τpunção' STO
WHILE τpunção τlim >
REPEAT
H 5 + 'H' STO
H CB - 'd' STO
P 1000 * 2 a H + * b + H * / 'τpunção' STO
END
MA b d SQ * / 'C' STO
MA 2500 d * / 'AFA' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øA1' STO
3.141592654 øA1 10 / SQ * 4 / 'A10A1' STO
AFA A10A1 / IP 1 ADD 'NBA1' STO
B CB 2 * - øA1 10 / NBA1 * - NBA1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBA1' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A SAPATA" SCROLL
{ ø } { mm } + øA1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10A1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBA1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBA1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""

```

```

INPUT OBJ→
'øA' STO
3.141592654 øA 10 / SQ * 4 / 'A10A' STO
AFA A10A / IP 1 ADD 'NBA' STO
IF NBA 2 <
THEN
2 'NBA' STO
END
B CB 2 * - øA 10 / NBA * - NBA 1 - / 'ESPBA' STO
MB 2500 d * / 'AFB' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øB1' STO
3.141592654 øB1 10 / SQ * 4 / 'A10B1' STO
AFB A10B1 / IP 1 ADD 'NBB1' STO
A CB 2 * - øB1 10 / NBB1 * - NBB1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBB1' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A SAPATA" SCROLL
{ ø } { mm } + øB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10B1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'øB' STO
3.141592654 øB 10 / SQ * 4 / 'A10B' STO
AFB A10B / IP 1 ADD 'NBB' STO
IF NBB 2 <
THEN
2 'NBB' STO
END
A CB 2 * - øB 10 / NBB * - NBB 1 - / 'ESPBB' STO
-.5 310 XRNG
-.5 100 YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
10 20 R→C 260 20 R→C LINE
260 30 R→C 260 20 R→C LINE
260 30 R→C 40 70 R→C LINE
40 100 R→C 40 70 R→C LINE
10 20 R→C 10 100 R→C LINE
10 30 R→C 260 30 R→C LINE
270 15 R→C 270 75 R→C LINE
265 20 R→C 275 20 R→C LINE
265 30 R→C 275 30 R→C LINE
60 70 R→C 275 70 R→C LINE
PICT 273 27 R→C 10 1 →GROB GXOR
PICT 273 50 R→C H 10 - 1 →GROB GXOR
5 10 R→C 265 10 R→C LINE
10 5 R→C 10 15 R→C LINE

```

```

260 5 R→C 260 15 R→C LINE
PICT 120 5 R→C A 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
CLEAR
-.5 220 XRNG
-.5 175 YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
10 30 R→C 10 150 R→C LINE
10 150 R→C 175 150 R→C LINE
175 150 R→C 175 30 R→C LINE
175 30 R→C 10 30 R→C LINE
10 75 R→C 40 75 R→C LINE
40 75 R→C 40 105 R→C LINE
40 105 R→C 10 105 R→C LINE
40 75 R→C 175 30 R→C LINE
40 105 R→C 175 150 R→C LINE
PICT 45 98 R→C b 2 →GROB GXOR
PICT 18 71 R→C a 2 →GROB GXOR
180 20 R→C 5 20 R→C LINE
175 15 R→C 175 25 R→C LINE
10 15 R→C 10 25 R→C LINE
PICT 80 13 R→C A 2 →GROB GXOR
185 155 R→C 185 25 R→C LINE
180 150 R→C 190 150 R→C LINE
180 30 R→C 190 30 R→C LINE
PICT 190 98 R→C B 2 →GROB GXOR
PICT 60 175 R→C "Em planta" 2 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
CLEAR
-.5 210 XRNG
-.5 175 YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
20 17 R→C 165 17 R→C LINE
20 17 R→C 20 27 R→C LINE
165 17 R→C 165 27 R→C LINE
PICT 30 13 R→C "ø" øA →STR + " C/" + ESPBA →STR + 2 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
190 140 R→C 190 40 R→C LINE
180 140 R→C 190 140 R→C LINE
180 40 R→C 190 40 R→C LINE
PICT 50 98 R→C "ø" øB →STR + " C/" + ESPBB →STR + 2 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
10 30 R→C 10 150 R→C LINE
10 150 R→C 175 150 R→C LINE
175 150 R→C 175 30 R→C LINE
175 30 R→C 10 30 R→C LINE
10 75 R→C 40 75 R→C LINE
40 75 R→C 40 105 R→C LINE
40 105 R→C 10 105 R→C LINE
40 75 R→C 175 30 R→C LINE
40 105 R→C 175 150 R→C LINE
20 60 R→C 165 60 R→C LINE
20 60 R→C 20 70 R→C LINE
165 60 R→C 165 70 R→C LINE

```

```

145 140 R→C 145 40 R→C LINE
135 140 R→C 145 140 R→C LINE
135 40 R→C 145 40 R→C LINE
0 WAIT DROP
CLEAR
"" "          MEMORIAL" + "
" + "
" + A cm _ "A" →TAG + "
" + B cm _ "B" →TAG + "
" +  $\sigma_0$  kgf cm2 / _ " $\sigma_0$ " →TAG + "
" + e1 cm _ "e" →TAG + "
" +  $\sigma_1$  kgf cm2 / _ " $\sigma_1=\sigma_2$ " →TAG + "
" +  $\sigma_{max}$  kgf cm2 / _ " $\sigma_{max}$ " →TAG + "
" +  $\sigma_{min}$  kgf cm2 / _ " $\sigma_{min}$ " →TAG + "
" + X cm _ "X" →TAG + "
" + "Cálculo dos Momentos fletores máximos" + "
" +  $\sigma_{medio}$  kgf cm2 / _ " $\sigma_{medio}$ " →TAG + "
" + MA kgf.cm _ "MA" →TAG + "
" + MB kgf.cm _ "MB" →TAG + "
" + "Cálculo da armação" + "
" + H cm _ "H" →TAG + "
" + d cm _ "d" →TAG + "
" + C kgf cm2 / _ "C" →TAG + "
" + Clim kgf cm2 / _ "Clim" →TAG + "
" + "Armação para o lado A" + "
" + AFA cm2 _ "AF" →TAG + "
" +  $\varnothing A$  mm _ " $\varnothing$ " →TAG + "
" + NBA "N° de barras" →TAG + "
" + ESPBA cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + " $\varnothing$ "  $\varnothing A$  →STR + " C/" + ESPBA →STR + + "
" + "Armação para o lado B" + "
" + AFB cm2 _ "AF" →TAG + "
" +  $\varnothing B$  mm _ " $\varnothing$ " →TAG + "
" + NBB "N° de barras" →TAG + "
" + ESPBB cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + " $\varnothing$ "  $\varnothing B$  →STR + " C/" + ESPBB →STR + + "
" + "Verificação da punção" + "
" +  $\tau_{punção}$  kgf cm2 / _ " $\tau_{punção}$ " →TAG + "
" +  $\tau_{lim}$  kgf cm2 / _ " $\tau_{lim}$ " →TAG +
DUP SCROLL
UPDIR 'Lixo001' PGDIR 1100.01MENU -40 SF
THEN
UPDIR 'Lixo001' PGDIR CLEAR 1100.01MENU -40 SF
END
»

```

A15

```

«
2 FIX DEG
-.5 200 XRNG
-.5 100 YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
(20 40) (40 60) BOX
(160 40) (180 60) BOX
PICT (24 53) "P1" 1 →GROB GXOR

```

```

PICT (24 70) "b1" 1 →GROB GXOR
PICT (5 53) "a1" 1 →GROB GXOR
PICT (164 53) "P2" 1 →GROB GXOR
PICT (164 70) "b2" 1 →GROB GXOR
PICT (185 53) "a2" 1 →GROB GXOR
(25 30) (175 30) LINE
(30 25) (30 35) LINE
(170 25) (170 35) LINE
PICT (98 25) "L" 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
"VIGA ALAVANCA"
{
{ "P1" "Carga do pilar P1 (t)" 0 }
{ "b1" "Base do pilar P1 (cm)" 0 }
{ "a1" "Altura do pilar P1 (cm)" 0 }
{ "P2" "Carga do pilar P2 (t)" 0 }
{ "b2" "Base do pilar P2 (cm)" 0 }
{ "a2" "Altura do pilar P1 (cm)" 0 }
{ "L" "Distancia entre pilares (cm)" 0 }
}
3
{ }
{ }
INFORM DROP
IFERR
EVAL
'L' STO 'a2' STO 'b2' STO 1000 * 'P2' STO 'a1' STO 'b1' STO 1000 *
'P1' STO
"VIGA ALAVANCA"
{
{ "fck" "(MPa)" 0 }
{ "C" "Cobrimento (cm)" 0 }
{ "taxa:" "resistência do solo (kgf/cm²)" }
}
1
{ }
{ }
INFORM DROP
EVAL 1 MENU
'σS' STO 'C' STO 'fck' STO
P1 2 σS * / √ 5 / IP 5 * 'B1' STO
B1 3 * 'A1' STO
WHILE A1 B1 / 2.5 >
REPEAT
B1 5 + 'B1' STO
B1 b1 - 2 / 'e1' STO
L e1 - 'Z' STO
P1 e1 * Z / 'ΔP1' STO
P1 ΔP1 + 'R1' STO
R1 σS / 'ASAP1' STO
ASAP1 B1 / 5 / IP 5 * 5 + 'A1' STO
END
"Escolha uma altura
para h0, lembrando:
mínimo 10 cm."
"
```



```

"
INPUT OBJ→ 'h1' STO
h1 A1 a1 - 2 / 30 TAN * + 5 / IP 5 * 5 + 'H1' STO
H1 C - 'd1' STO
R1 A1 B1 * / 'σS1' STO
σS1 A1 a1 - 2 / * 100 * 'VL1' STO
1.4 VL1 * 100 d1 * / 'τSD1' STO
1 fck 250 / - 'αV' STO
fck 10 * 1.4 / 'fcd' STO
0.27 αV * fcd * 'τRD1' STO
WHILE τSD1 τRD1 >
REPEAT
H1 5 + 'H1' STO
H1 C - 'd1' STO
R1 A1 B1 * / 'σS1' STO
σS1 A1 a1 - 2 / * 100 * 'VL1' STO
1.4 VL1 * 100 d * / 'τSD1' STO
0.27 αV * fcd * 'τRD1' STO
END
100 σS1 * A1 a1 - SQ 8 / * 'MA1' STO
R1 A1 a1 - 8 d1 * / * 'T1' STO
1.61 T1 * 5000 / 'AS1' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'ø1' STO
3.141592654 ø1 10 / SQ * 4 / 'A101' STO
AS1 A101 / IP 1 ADD 'NB1' STO
B1 C 2 * - ø1 10 / NB1 * - NB1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPB1' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A ARMADURA
PARALELA AO LADO A" SCROLL
{ ø } { mm } + ø1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A101 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'ø1' STO
3.141592654 ø1 10 / SQ * 4 / 'A101' STO
AS1 A101 / IP 1 ADD 'NB1' STO
IF NB1 2 <
THEN
2 'NB1' STO
END
B1 C 2 * - ø1 10 / NB1 * - NB1 1 - / 'ESPB1' STO
IF ESPB1 20 >
THEN
20 'ESPB1' STO
END

```

```

AS1 1 5 / * 'ASD1' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'ØD1' STO
3.141592654 ØD1 10 / SQ * 4 / 'A10D1' STO
ASD1 A10D1 / IP 1 ADD 'NBD1' STO
A1 a1 - C 2 * - ØD1 10 / NBD1 * - NBD1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBD1' STO
"ESCOLHA UM Ø PARA A ARMADURA DE
DITRIBUIÇÃO PARALELA AO LADO B" SCROLL
{ Ø } { mm } + ØD1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10D1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBD1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBD1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um Ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'ØD1' STO
3.141592654 ØD1 10 / SQ * 4 / 'A10D1' STO
ASD1 A10D1 / IP 1 ADD 'NBD1' STO
IF NBD1 2 MOD 0 ≠
THEN
NBD1 1 + 2 / 'NBD1' STO
ELSE
NBD1 2 / 'NBD1' STO
END
IF NBD1 2 <
THEN
2 'NBD1' STO
END
A1 a1 - C 2 * - 2 / ØD1 10 / NBD1 * - NBD1 1 - / 'ESPBD1' STO
P2 ΔP1 2 / - 'P22' STO
P22 σS / 'SSAP2' STO
IF a2 b2 >
THEN
a2 b2 - 2 / a2 b2 - SQ 4 / SSAP2 + √ + 5 / IP 5 * 5 + 'A2' STO
SSAP2 A2 / 5 / IP 5 * 5 + 'B2' STO
END
IF a2 b2 <
THEN
b2 a2 - 2 / b2 a2 - SQ 4 / SSAP2 + √ + 5 / IP 5 * 5 + 'B2' STO
SSAP2 B2 / 5 / IP 5 * 5 + 'A2' STO
END
IF a2 b2 ==
THEN
SSAP2 √ 5 / IP 5 * 5 + 'A2' STO
A2 'B2' STO
END
"Escolha uma altura
para h0, lembrando:

```

```

mínimo 10 cm."
"
"
INPUT OBJ→ 'h2' STO
h2 A2 a2 - 2 / 30 TAN * + 5 / IP 5 * 5 + 'H2' STO
H2 C - 'd2' STO
2 a2 b2 + * 'u' STO
1.4 P22 * u d2 * / 'τSD2' STO
WHILE τSD2 τRD1 >
REPEAT
H2 5 + 'H2' STO
H2 C - 'd2' STO
2 a2 b2 + * 'u' STO
1.4 P22 * u d2 * / 'τSD2' STO
END
A2 σS * A2 a2 - SQ 8 / * 'MSA2' STO
B2 σS * B2 b2 - SQ 8 / * 'MSB2' STO
P22 A2 a2 - 8 d2 * / * 'TA2' STO
1.61 TA2 * 5000 / 'ASA2' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øA2' STO
3.141592654 øA2 10 / SQ * 4 / 'A10A2' STO
ASA2 A10A2 / IP 1 ADD 'NBA2' STO
B2 C 2 * - øA2 10 / NBA2 * - NBA2 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBA2' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A ARMADURA
PARALELA AO LADO A" SCROLL
{ ø } { mm } + øA2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10A2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBA2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBA2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'øA2' STO
3.141592654 øA2 10 / SQ * 4 / 'A10A2' STO
ASA2 A10A2 / IP 1 ADD 'NBA2' STO
IF NBA2 2 <
THEN
2 'NBA2' STO
END
B2 C 2 * - øA2 10 / NBA2 * - NBA2 1 - / 'ESPBA2' STO
P22 B2 b2 - 8 d2 * / * 'TB2' STO
1.61 TB2 * 5000 / 'ASB2' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øB2' STO
3.141592654 øB2 10 / SQ * 4 / 'A10B2' STO
ASB2 A10B2 / IP 1 ADD 'NBB2' STO
A2 C 2 * - øB2 10 / NBB2 * - NBB2 1 -
DUP 1

```

```

« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBB2' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A ARMADURA
PARALELA AO LADO B" SCROLL
{ ø } { mm } + øB2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10B2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBB2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBB2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'øB2' STO
3.141592654 øB2 10 / SQ * 4 / 'A10B2' STO
ASB2 A10B2 / IP 1 ADD 'NBB2' STO
IF NBB2 2 <
THEN
2 'NBB2' STO
END
A2 C 2 * - øB2 10 / NBB2 * - NBB2 1 - / 'ESPBB2' STO
P1 b1 / 'qx' STO
R1 B1 / 'q' STO
qx q - 2 / b1 SQ * 'M1' STO
qx q - b1 * 'V1' STO
ΔP1 L b1 2 / + B1 - * 'M2' STO
P1 q / 'X0' STO
q X0 SQ * 2 / P1 X0 b1 2 / - * - NEG 'M0' STO
M0 a1 fcd * 0.68 0.5 * 0.272 0.5 SQ * - * / √ 5 / IP 5 * 5 + 'dv11'
STO
1.4 V1 * a1 τRD1 * / 5 / IP 5 * 5 + 'dv12' STO
IF dv11 dv12 >
THEN
dv11 'dv1' STO
ELSE
dv12 'dv1' STO
END
dv1 C + 'hv1' STO
V1 1.4 * a1 dv1 * / 'τSDV1' STO
RAD
M0 0.68 X11 * dv1 * 0.272 X11 SQ * - a1 * fcd * =
X11 SOLVE
DEG
EVAL
EQ→ 'X11' STO DROP
EQ→ 'X12' STO DROP
IF 'X11<0 OR X11>dv1'
THEN
X12 'X1' STO
ELSE
IF 'X12<0 OR X12>dv1'
THEN

```

```

X11 'X1' STO
ELSE
X11 cm _ "X11" →TAG
X12 cm _ "X12" →TAG
{ {X11 « X11 CONT » } "" "" "" "" {X12 « X12 CONT » } } TMENU
"Escolha um valor
para X1" PROMPT
'X1' STO
1 MENU
END
END
dv1 0.4 X1 * - 'Z1' STO
M0 Z1 5000 1.15 / * / 'ASLV1' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øLV1' STO
3.141592654 øLV1 10 / SQ * 4 / 'A10LV1' STO
ASLV1 A10LV1 / IP 1 ADD 'NBLV1' STO
a1 C 2 * - 2 - øLV1 10 / NBLV1 * - NBLV1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBLV1' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A ARMADURA
PRINCIPAL DA VIGA.
O ESPAÇAMENTO É APENAS PRÉ-
DIMENSIONADO PARA UM ESTRIBO
COM ø10mm" SCROLL
{ ø } { mm } + øLV1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10LV1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBLV1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBLV1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'øLV1' STO
3.141592654 øLV1 10 / SQ * 4 / 'A10LV1' STO
ASLV1 A10LV1 / IP 1 ADD 'NBLV1' STO
IF NBLV1 2 <
THEN
2 'NBLV1' STO
END
a1 C 2 * - øLV1 10 / NBLV1 * - NBLV1 1 - / 'ESPBLV1' STO
0.15 fck 2 3 / ^ * 10 * 'fctd' STO
0.6 fctd * a1 * dv1 * 'VC' STO
dv1 V1 2 V1 VC - * / * 'a1' STO
IF a1 0.5 dv1 * <
THEN
0.5 dv1 * 'a1' STO
END
2.25 0.7 * 1 * fctd * 'fbd' STO
øLV1 40 / 5000 1.15 / fbd / * 'lb' STO
a1 dv1 / V1 1.4 * * 'F1' STO

```

```

F1 5000 1.15 / / 'ASCALC1' STO
b1 C - 'LBDISP1' STO
IF LBDISP1 b1 3 ØLV1 10 / * - >
THEN
b1 3 ØLV1 10 / * - 'LBDISP1' STO
END
1b 0.7 * ASCALC1 A10LV1 NBLV1 * / * 'LBN1' STO
0.7 1b * ASCALC1 LBDISP1 / * 'ASAN1' STO
IF ASCALC1 ASAN1 >
THEN
ASCALC1 'ASAN1' STO
END
IF ASAN1 NBLV1 A10LV1 * >
THEN
ASAN1 NBLV1 A10LV1 * - 'ASC' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'ØC' STO
3.141592654 ØC 10 / SQ * 4 / 'A10C' STO
ASC A10C 2 * / IP 1 ADD 'NBC' STO
"ESCOLHA UM Ø PARA A ARMADURA
COMPLEMENTAR DE ANCORAGEM" SCROLL
{ Ø } { mm } + ØC + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10C + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBC + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
3 COL→ SCROLL
"Adote um Ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'ØC' STO
3.141592654 ØC 10 / SQ * 4 / 'A10C' STO
ASC A10C / IP 1 ADD 'NBC' STO
END
0.09 fck 2 3 / ^ * 10 * 'τCV1' STO
τSDV1 τCV1 - 'τSW1' STO
τSW1 5000 1.15 / / 'ρWS1' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'ØE1' STO
3.141592654 ØE1 10 / SQ * 4 / 'A10E1' STO
A10E1 2 * a1 ρWS1 * / 'ESPBE1' STO
"ESCOLHA UM Ø PARA OS ESTRIBOS" SCROLL
{ Ø } { mm } + ØE1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10E1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBE1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
3 COL→ SCROLL
"Adote um Ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'ØE1' STO
3.141592654 ØE1 10 / SQ * 4 / 'A10E1' STO
A10E1 2 * a1 ρWS1 * / 'ESPBE1' STO
a1 C 2 * - ØE1 10 / 2 * - ØLV1 10 / NBLV1 * - NBLV1 1 - / 'ESPBLV1'
STO
M0 2 / 'M02' STO
M02 a2 fcd * 0.68 0.5 * 0.272 0.5 SQ * - * / √ 2 * dv1 - 'dv21' STO
1.4 ΔP1 * a2 τRD1 * / 'dv22' STO
IF dv21 dv22 >
THEN

```

```

dv21 5 / IP 5 * 5 + 'dv2' STO
ELSE
dv22 5 / IP 5 * 5 + 'dv2' STO
END
dv2 dv1 + 2 / 'dvm' STO
dv2 C + 'hv2' STO
ΔP1 1.4 * a2 dv2 * / 'τSDV2' STO
RAD
M02 0.68 X21 * dvm * 0.272 X21 SQ * - a2 * fcd * =
X21 SOLVE
DEG
EVAL
EQ→ 'X21' STO DROP
EQ→ 'X22' STO DROP
IF 'X21<0 OR X21>dv2'
THEN
X22 'X2' STO
ELSE
IF 'X22<0 OR X22>dv1'
THEN
X21 'X2' STO
ELSE
X21 cm _ "X21" →TAG
X22 cm _ "X22" →TAG
{ {X21 « X21 CONT » } "" "" "" "" {X22 « X22 CONT » } } TMENU
"Escolha um valor
para X2" PROMPT
'X2' STO
1 MENU
END
END
dvm 0.4 X2 * - 'Z2' STO
M02 Z2 5000 1.15 / * / 'ASLV2' STO
ASLV2 A10LV1 / IP 1 ADD 'NBLV2' STO
IF NBLV2 2 <
THEN
2 'NBLV2' STO
END
a2 C 2 * - øLV1 10 / NBLV2 * - NBLV2 1 - / 'ESPBLV2' STO
0.6 fctd * a2 * dv2 * 'VC2' STO
dv2 ΔP1 2 ΔP1 VC2 - * / * 'a12' STO
IF a12 0.5 dv2 * <
THEN
0.5 dv2 * 'a12' STO
END
a12 dv2 / ΔP1 1.4 * * 'F2' STO
F2 5000 1.15 / / 'ASCALC2' STO
b2 C - 'LBDISP2' STO
IF LBDISP2 b2 3 øLV1 10 / * - >
THEN
b2 3 øLV1 10 / * - 'LBDISP2' STO
END
1b 0.7 * ASCALC2 A10LV1 NBLV1 * / * 'LBN2' STO
0.7 1b * ASCALC2 LBDISP2 / * 'ASAN2' STO
IF ASCALC2 ASAN2 >
THEN

```

```

ASCALC2 'ASAN2' STO
END
ASAN2 A10LV1 / IP 1 + 'NBLV22' STO
IF NBLV22 NBLV1 >
THEN
ASAN2 NBLV1 A10LV1 * - 'ASC2' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øC2' STO
3.141592654 øC2 10 / SQ * 4 / 'A10C2' STO
ASC2 A10C2 2 * / IP 1 ADD 'NBC2' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A ARMADURA
COMPLEMENTAR DE ANCORAGEM" SCROLL
{ ø } { mm } + øC2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ A } { cm² } + A10C2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ Num. } { barras } + NBC2 + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
3 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'øC2' STO
3.141592654 øC2 10 / SQ * 4 / 'A10C2' STO
ASC2 A10C2 2 * / IP 1 ADD 'NBC2' STO
END
τSDV2 τCV1 - 'τSW2' STO
τSW2 5000 1.15 / / 'ρWS2' STO
A10E1 2 * a2 ρWS2 * / 'ESPBE2' STO
IF hv1 60 >
THEN
0.001 a1 * hv1 * 'ASP' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øP' STO
3.141592654 øP 10 / SQ * 4 / 'A10P' STO
ASP A10P / IP 1 ADD 'NBP' STO
hv1 C 2 * - øP 10 / NBP * - NBP 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBP' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A ARMADURA
DE PELE" SCROLL
{ ø } { mm } + øP + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ A } { cm² } + A10P + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ Num. } { barras } + NBP + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ Espç } { cm } + ESPBP + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'øP' STO
3.141592654 øP 10 / SQ * 4 / 'A10P' STO
ASP A10P / IP 1 ADD 'NBP' STO
IF NBP 2 <
THEN
2 'NBP' STO

```



```

END
hv1 C 2 * - ØP 10 / NBP * - NBP 1 - / 'ESPBP' STO
END
STD
-.5 100 XRNG
-.5 200 YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (1 200) "Corte sapata sobre P1" 2 →GROB GXOR
(5 50) (60 50) LINE
(5 50) (5 80) LINE
(5 80) (22.5 140) LINE
(22.5 140) (22.5 160) LINE
(22.5 160) (42.5 160) LINE
(42.5 160) (42.5 140) LINE
(42.5 140) (60 80) LINE
(60 80) (60 50) LINE
(65 145) (65 45) LINE
(63 80) (67 80) LINE
(63 50) (67 50) LINE
(45 140) (67 140) LINE
PICT (67 70) h1 →STR 2 →GROB GXOR
PICT (67 115) H1 h1 - →STR 2 →GROB GXOR
(3 35) (62 35) LINE
(60 30) (60 40) LINE
(5 30) (5 40) LINE
PICT (25 25) A1 →STR 2 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
STD
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
(25 50) (75 150) BOX
(25 87.5) (75 112.5) BOX
PICT (3 200) "Planta sap. sobre P1" 2 →GROB GXOR
PICT (45 165) "B=" B1 →STR + 1 →GROB GXOR
PICT (80 105) "A=" A1 →STR + 1 →GROB GXOR
PICT (25 20) "Cobrimento = " C →STR + " cm" + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
2 FIX
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (20 200) "Sapata sobre P1" 2 →GROB GXOR
PICT (35 20) "Armadura" 1 →GROB GXOR
(25 50) (75 150) BOX
(35 55) (35 145) LINE
(35 55) (37 55) LINE
(35 145) (37 145) LINE
PICT (28 35) "Ø" Ø1 →STR + "C/" + ESPB1 →STR + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (20 200) "Sapata sobre P1" 2 →GROB GXOR
PICT (35 20) "Armadura" 1 →GROB GXOR
(25 50) (75 150) BOX
(30 65) (70 65) LINE
(30 65) (30 70) LINE
(70 65) (70 70) LINE
PICT (28 35) " Ø" ØD1 →STR + " C/" + ESPBD1 →STR + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW

```

```

PICT (20 200) "Sapata sobre P1" 2 →GROB GXOR
PICT (35 20) "Armadura" 1 →GROB GXOR
(25 50) (75 150) BOX
(30 135) (70 135) LINE
(30 135) (30 130) LINE
(70 135) (70 130) LINE
PICT (28 35) " ø" øD1 →STR + " C/" + ESPBD1 →STR + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (20 200) "Sapata sobre P1" 2 →GROB GXOR
PICT (35 20) "Armadura" 1 →GROB GXOR
(25 50) (75 150) BOX
(25 87.5) (75 112.5) BOX
(30 65) (70 65) LINE
(30 65) (30 70) LINE
(70 65) (70 70) LINE
(30 135) (70 135) LINE
(30 135) (30 130) LINE
(70 135) (70 130) LINE
(35 55) (35 145) LINE
(35 55) (37 55) LINE
(35 145) (37 145) LINE
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (1 200) "Corte sapata sobre P2" 2 →GROB GXOR
(5 50) (60 50) LINE
(5 50) (5 80) LINE
(5 80) (22.5 140) LINE
(22.5 140) (22.5 160) LINE
(22.5 160) (42.5 160) LINE
(42.5 160) (42.5 140) LINE
(42.5 140) (60 80) LINE
(60 80) (60 50) LINE
(65 145) (65 45) LINE
(63 80) (67 80) LINE
(63 50) (67 50) LINE
(45 140) (67 140) LINE
PICT (67 70) h2 →STR 2 →GROB GXOR
PICT (67 115) H2 h2 - →STR 2 →GROB GXOR
(3 35) (62 35) LINE
(60 30) (60 40) LINE
(5 30) (5 40) LINE
PICT (25 25) A2 →STR 2 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
STD
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
(25 50) (75 150) BOX
PICT (3 200) "Planta sap. sobre P2" 2 →GROB GXOR
PICT (45 165) "B=" B2 →STR + 1 →GROB GXOR
PICT (80 105) "A=" A2 →STR + 1 →GROB GXOR
PICT (25 20) "Cobrimento = " C →STR + " cm" + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
2 FIX
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (20 200) "Sapata sobre P2" 2 →GROB GXOR
PICT (35 20) "Armadura" 1 →GROB GXOR

```

```

(25 50) (75 150) BOX
(35 55) (35 145) LINE
(35 55) (37 55) LINE
(35 145) (37 145) LINE
PICT (28 35) "ø" øA2 →STR + " C/" + ESPBA2 →STR + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (20 200) "Sapata sobre P2" 2 →GROB GXOR
PICT (35 20) "Armadura" 1 →GROB GXOR
(25 50) (75 150) BOX
(30 65) (70 65) LINE
(30 65) (30 70) LINE
(70 65) (70 70) LINE
PICT (28 35) "ø" øB2 →STR + " C/" + ESPBB2 →STR + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (20 200) "Sapata sobre P2" 2 →GROB GXOR
PICT (35 20) "Armadura" 1 →GROB GXOR
(25 50) (75 150) BOX
(30 65) (70 65) LINE
(30 65) (30 70) LINE
(70 65) (70 70) LINE
(35 55) (35 145) LINE
(35 55) (37 55) LINE
(35 145) (37 145) LINE
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (40 100) "Viga" 3 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (1 200) "Corte seção constante" 2 →GROB GXOR
(39.5 160) PIXON
(46.5 160) PIXON
(53.5 160) PIXON
(60.5 160) PIXON
PICT (22 150) NBLV1 →STR " ø" + øLV1 →STR + " C/" + ESPBLV1 →STR +
1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (1 200) "Corte seção constante" 2 →GROB GXOR
(39.5 160) PIXON
(46.5 160) PIXON
(53.5 160) PIXON
(60.5 160) PIXON
(39.5 40) PIXON
(46.5 40) PIXON
(53.5 40) PIXON
(60.5 40) PIXON
PICT (13 25) "Armadura de distribuição" 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
IF hv1 60 >
THEN
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (1 200) "Corte seção constante" 2 →GROB GXOR
PICT (20 170) NBP →STR " ø" + øP →STR + " C/" + ESPBP →STR + 1 →GRO
OB GXOR

```

```

(39.5 140) PIXON
(39.5 110) PIXON
(39.5 80) PIXON
(39.5 50) PIXON
(60.5 140) PIXON
(60.5 110) PIXON
(60.5 80) PIXON
(60.5 50) PIXON
PICT (15 25) "Armadura de pele por face" 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
END
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (1 200) "Corte seção constante" 2 →GROB GXOR
(39.5 160) PIXON
(46.5 160) PIXON
(53.5 160) PIXON
(60.5 160) PIXON
(39.5 40) PIXON
(46.5 40) PIXON
(53.5 40) PIXON
(60.5 40) PIXON
IF hv1 60 >
THEN
(39.5 140) PIXON
(39.5 110) PIXON
(39.5 80) PIXON
(39.5 50) PIXON
(60.5 140) PIXON
(60.5 110) PIXON
(60.5 80) PIXON
(60.5 50) PIXON
END
(37 35) (63 165) BOX
PICT (18 20) "Estribos " "Ø" ØE1 →STR + " C/" + ESPBE1 →STR + + 1 →G
GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
PICT (1 200) "Corte seção constante" 2 →GROB GXOR
(39.5 160) PIXON
(46.5 160) PIXON
(53.5 160) PIXON
(60.5 160) PIXON
(39.5 40) PIXON
(46.5 40) PIXON
(53.5 40) PIXON
(60.5 40) PIXON
IF hv1 60 >
THEN
(39.5 140) PIXON
(39.5 110) PIXON
(39.5 80) PIXON
(39.5 50) PIXON
(60.5 140) PIXON
(60.5 110) PIXON
(60.5 80) PIXON
(60.5 50) PIXON

```

```

END
(37 35) (63 165) BOX
(35 30) (65 170) BOX
(33 20) (67 20) LINE
(35 15) (35 26) LINE
(65 15) (65 26) LINE
PICT (43 13) a1 →STR 1 →GROB GXOR
(69 25) (69 175) LINE
(67 30) (71 30) LINE
(67 170) (71 170) LINE
PICT (71 105) hv1 →STR 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
STD
-.5 200 XRNG
-.5 100 YRNG
IF ASAN1 NBLV1 A10LV1 * >
THEN
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
(15 43) (45 43) LINE
(15 57) (45 57) LINE
(15 43) (15 57) LINE
PICT (4 40) "Armadura complem. de ancoragem" 1 →GROB GXOR
PICT (55 30) NBC →STR " ø" + øC →STR + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
END
IF NBLV22 NBLV1 >
THEN
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
(170 45) (145 45) LINE
(170 55) (145 55) LINE
(170 45) (170 55) LINE
PICT (4 40) "Armadura complem. de ancoragem" 1 →GROB GXOR
PICT (55 30) NBC2 →STR " ø" + øC2 →STR + 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
END
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
IF ASAN1 NBLV1 A10LV1 * >
THEN
(15 43) (45 43) LINE
(15 57) (45 57) LINE
(15 43) (15 57) LINE
END
IF NBLV22 NBLV1 >
THEN
(170 45) (145 45) LINE
(170 55) (145 55) LINE
(170 45) (170 55) LINE
END
(10 10) (10 90) LINE
(10 90) (50 90) LINE
(50 90) (50 10) LINE
(50 10) (10 10) LINE
(150 30) (190 30) LINE
(190 30) (190 70) LINE
(190 70) (150 70) LINE
(150 70) (150 30) LINE

```

```

(162.5 42.5) (177.5 57.5) BOX
(162.5 42.5) (150 30) LINE
(190 30) (177.5 42.5) LINE
(150 70) (162.5 57.5) LINE
(190 70) (177.5 57.5) LINE
(10 40) (50 40) LINE
(10 60) (50 60) LINE
(50 40) (162.5 42.5) LINE
(50 60) (162.5 57.5) LINE
PICT (22 5) B1 →STR 1 →GROB GXOR
PICT (15 53) A1 →STR 1 →GROB GXOR
PICT (160 25) A2 →STR 1 →GROB GXOR
PICT (125 53) B2 →STR 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
2 FIX
"" "          MEMORIAL" + "
" + "
" + "Dados:" + "
" + P1 kgf _ "P1" →TAG + "
" + b1 cm _ "b1" →TAG + "
" + a1 cm _ "a1" →TAG + "
" + P2 kgf _ "P2" →TAG + "
" + b2 cm _ "b2" →TAG + "
" + a2 cm _ "a2" →TAG + "
" + L cm _ "L" →TAG + "
" + fck MPa _ "fck" →TAG + "
" +  $\sigma S$  kgf cm2 / _ " $\sigma_s$ " →TAG + "
" + "Dimensionamento da sapata sobre P1" + "
" + B1 cm _ "B1" →TAG + "
" + A1 cm _ "A1" →TAG + "
" + e1 cm _ "e1" →TAG + "
" + Z cm _ "Z1" →TAG + "
" +  $\Delta P1$  kgf _ " $\Delta P1$ " →TAG + "
" + R1 kgf _ "R1" →TAG + "
" +  $ASAP1$  cm2 _ " $ASAP1$ " →TAG + "
" +  $A1 B1$  / " $A1/B1$ " →TAG + "
" + h1 cm _ "h" →TAG + "
" + H1 cm _ "H" →TAG + "
" + d1 cm _ "d" →TAG + "
" + "Verificação da compressão diagonal" + "
" +  $\sigma S1$  kgf cm2 / _ " $\sigma_{satuante}$ " →TAG + "
" +  $VL1$  kgf m / _ "VL" →TAG + "
" +  $\tau SD1$  kgf cm2 / _ " $\tau SD$ " →TAG + "
" +  $\alpha V$  " $\alpha v$ " →TAG + "
" +  $fcd$  kgf cm2 / _ "fcd" →TAG + "
" +  $\tau RD1$  kgf cm2 / _ " $\tau RD$ " →TAG + "
" + "Como  $\tau SD=$ "  $\tau SD1$  →STR + " <  $\tau RD=$ " +  $\tau RD1$  →STR + " OK" + + "
" +  $MA1$  kgf.cm _ "M" →TAG + "
" + "Armadura paralela ao lado A" + "
" +  $T1$  kgf _ " $T_x$ " →TAG + "
" +  $AS1$  kgf _ "As" →TAG + "
" +  $\phi 1$  mm _ " $\phi T$ " →TAG + "
" + NB1 "N° de barras" →TAG + "
" + ESPB1 cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + NB1 →STR "  $\phi$ " +  $\phi 1$  →STR + " C/" + ESPB1 →STR + + "
" + "Armadura paralela ao lado B, apenas de distribuição" + "

```

```

" + ASD1 kgf _ "As" →TAG + "
" + ØD1 mm _ "ØT" →TAG + "
" + NBD1 "N° de barras" →TAG + "
" + ESPBD1 cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + NBD1 →STR _ " Ø" + ØD1 →STR + " C/" + ESPBD1 →STR + " para cada
lado da viga" + + "
" + "Dimensionamento da sapata sobre P2" + "
" + P22 kgf _ "P22" →TAG + "
" + SSAP2 cm² _ "SSAP2" →TAG + "
" + B2 cm _ "B2" →TAG + "
" + A2 cm _ "A2" →TAG + "
" + h2 cm _ "h" →TAG + "
" + H2 cm _ "H" →TAG + "
" + d2 cm _ "d" →TAG + "
" + u cm _ "u" →TAG + "
" + τSD2 kgf cm² / _ "τSD" →TAG + "
" + "Como τSD=" τSD2 →STR + " < τRD=" + τRD1 →STR + " OK" + + "
" + "Momento paralela ao lado A" + "
" + MSA2 kgf.cm _ "M" →TAG + "
" + "Momento paralela ao lado B" + "
" + MSB2 kgf.cm _ "M" →TAG + "
" + "Armadura paralela ao lado A" + "
" + TA2 kgf _ "Tx" →TAG + "
" + ASA2 cm² _ "As" →TAG + "
" + ØA2 mm _ "Ø" →TAG + "
" + NBA2 "N° de barras" →TAG + "
" + ESPBA2 cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + NBA2 →STR _ " Ø" + ØA2 →STR + " C/" + ESPBA2 →STR + + "
" + "Armadura paralela ao lado B" + "
" + TB2 kgf _ "Tx" →TAG + "
" + ASB2 kgf _ "As" →TAG + "
" + ØB2 mm _ "Ø" →TAG + "
" + NBB2 "N° de barras" →TAG + "
" + ESPBB2 cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + NBB2 →STR _ " Ø" + ØB2 →STR + " C/" + ESPBB2 →STR + + "
" + "Dimensionamento da viga" + "
" + "Calculo dos momentos e da cortante" + "
" + qx kgf cm / _ "qx" →TAG + "
" + q kgf cm / _ "q" →TAG + "
" + "Seção 1" + "
" + M1 NEG kgf.cm _ "M1" →TAG + "
" + V1 NEG kgf _ "V1" →TAG + "
" + "Seção 2" + "
" + M2 NEG kgf.cm _ "M2" →TAG + "
" + ΔP1 kgf _ "V2" →TAG + "
" + "Seção de momento máximo" + "
" + X0 cm _ "X0" →TAG + "
" + M0 NEG kgf.cm _ "M0" →TAG + "
" + "Dimensionamento das dimensões da viga" + "
" + dv11 cm _ "dv11" →TAG + "
" + dv12 cm _ "dv12" →TAG + "
" + dv1 cm _ "dv1" →TAG + "
" + hv1 cm _ "hv1" →TAG + "
" + τSDV1 kgf cm² / _ "τSD" →TAG + "
" + "Como τSD=" τSDV1 →STR + " < τRD=" + τRD1 →STR + " OK" + + "
" + "Dimensionamento da armadura de flexão" + "

```

```

" + X11 cm _ "X11" →TAG + "
" + X12 cm _ "X12" →TAG + "
" + X1 cm _ "X1" →TAG + "
" + Z1 cm _ "Z1" →TAG + "
" + ASLV1 cm2 _ "AS" →TAG + "
" + øLV1 mm _ "ø" →TAG + "
" + NBLV1 "No de barras" →TAG + "
" + ESPBLV1 cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + NBLV1 →STR _ "ø" + øLV1 →STR + " C/" + ESPBLV1 →STR + + "
" + "Deslocamento do diagrama de momentos fletores" + "
" + fctd kgf cm2 / _ "fctd" →TAG + "
" + VC kgf _ "VC" →TAG + "
" + al cm _ "al" →TAG + "
" + "Comprimento de ancoragem" + "
" + fbd kgf cm2 / _ "fbd" →TAG + "
" + lb cm _ "lb" →TAG + "
" + F1 kgf _ "F" →TAG + "
" + ASCALC1 cm2 _ "AS" →TAG + "
" + LBDISP1 cm _ "lb,disp" →TAG + "
" + LBN1 cm _ "lb,nec" →TAG + "
" + ASAN1 cm2 _ "AS,nec" →TAG + "
" +
IF ASAN1 NBLV1 A10LV1 * >
THEN
"Todas as " NBLV1 →STR + " devem ser ancoradas" + + "
" + "Armadura complementar de ancoragem (ganchos)" + "
" + øC mm _ "ø" →TAG + "
" + NBC "No de barras" →TAG +
ELSE
"É necessari ancorar " ASAN1 A10LV1 / IP 1 + →STR + " barras" + +
"
" + A10LV1 ASAN1 A10LV1 / IP 1 + * cm2 _ "AS,ef" →TAG +
END
"
" + "Armadura de cisalhamento para o trecho de seção constante" + "
" + τCV1 kgf cm2 / _ "τc" →TAG + "
" + τSW1 kgf cm2 / _ "τsw" →TAG + "
" + ρWS1 "ρws" →TAG + "
" + øE1 mm _ "ø" →TAG + "
" + ESPBE1 cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + "ø" øE1 →STR + " C/" + ESPBE1 →STR + + "" + "
" + "Dimensionamento da seção variavel da viga" + "
" + M02 kgf.cm _ "M02" →TAG + "
" + "Dimensionamento das dimensões da viga" + "
" + dv21 cm _ "dv21" →TAG + "
" + dv22 cm _ "dv22" →TAG + "
" + dv2 cm _ "dv2" →TAG + "
" + hv2 cm _ "hv2" →TAG + "
" + dvm cm _ "dvm" →TAG + "
" + τSDV2 kgf cm2 / _ "τSD" →TAG + "
" + "Como τSD=" τSDV2 →STR + " < τRD=" + τRD1 →STR + " OK" + + "
" + "Dimensionamento da armadura de flexão" + "
" + X21 cm _ "X21" →TAG + "
" + X22 cm _ "X22" →TAG + "
" + X2 cm _ "X2" →TAG + "

```



```

" + Z2 cm _ "Z2" →TAG + "
" + ASLV2 cm² _ "AS" →TAG + "
" + ØLV1 mm _ "Ø" →TAG + "
" + NBLV2 cm _ "N° de barras" →TAG + "
" + ESPBLV2 cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + NBLV2 →STR _ "Ø" + ØLV1 →STR + " C/" + ESPBLV2 →STR + + "
" + "Deslocamento do diagrama de momentos fletores" + "
" + fctd kgf cm² / _ "fctd" →TAG + "
" + VC2 kgf _ "VC" →TAG + "
" + al2 cm _ "al" →TAG + "
" + "Comprimento de ancoragem" + "
" + fbd kgf cm² / _ "fbd" →TAG + "
" + lb cm _ "lb" →TAG + "
" + F2 kgf _ "F" →TAG + "
" + ASCALC2 cm² _ "AS" →TAG + "
" + LBDISP2 cm _ "lb,disp" →TAG + "
" + LBN2 cm _ "lb,nec" →TAG + "
" + ASAN2 cm² _ "AS,nec" →TAG + "
" +
IF NBLV22 NBLV1 >
THEN
NBLV1 →STR " barras devem ser ancoradas" + + "
" + "Armadura complementar de ancoragem (ganchos)" + "
" + ØC2 mm _ "Ø" →TAG + "
" + NBC2 "N° de barras" →TAG +
ELSE
IF ASAN2 A10LV1 / IP 1 + NBLV2 <
THEN
"É necessari ancorar " NBLV2 →STR + " barras" + +
ELSE
"É necessari ancorar " ASAN2 A10LV1 / IP 1 + →STR + " barras" + +
END
END
IF NBLV1 NBLV22 >
THEN
"
" + "As barras que não forem se prolongar até P2 devem ter um compri
imento de ancoragem de "
al lb + →STR + " cm" + +
END
"
" + "Armadura de cisalhamento para o trecho de seção variavel" + ""
+ "
" + τCV1 kgf cm² / _ "τc" →TAG + "
" + τSW2 kgf cm² / _ "τsw" →TAG + "
" + ρWS2 "ρws" →TAG + "
" + ØE1 mm _ "Ø" →TAG + "
" + ESPBE2 cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + "Ø" ØE1 →STR + " C/" + ESPBE2 →STR + +
IF hv1 60 >
THEN
"
" +
"Dimensionamento da armadura de pele por face" + "
" + ASP cm² _ "AS" →TAG + "
" + ØP mm _ "Ø" →TAG + "

```

```

" + NBP "N° de barras" →TAG + "
" + ESPBP cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + NBP →STR " Ø" + ØP →STR + " C/" + ESPBP →STR + +
END
DUP SCROLL
UPDIR 'Lixo001' PGDIR 1100.01MENU -40 SF
THEN
UPDIR 'Lixo001' PGDIR CLEAR 1100.01MENU -40 SF
END
»

```

A17

```

«
"SAPATA CORRIDA"
{
{ "p:" "Carga distribuida (t/m)" 0 }
{ "LP:" "Largura da parede (cm)" 0 }
{ "fck:" "(MPa)" 0 }
{ "taxa:" "resistência do solo (kgf/cm²)" 0 }
{ "C:" "Cobrimento (cm)" 0 }
}
{ 2 0 }
{ }
{ }
INFORM DROP
IFERR
EVAL { KILL "" "" "" "" CONT } TMENU
'C' STO 'σS' STO 'fck' STO 'b' STO 1000 * 'P' STO
P 100 σS * / 'B' STO
B cm _ "B" →TAG HALT
"Adote um valor
para B (cm) "
""
INPUT OBJ→
'B' STO
CLEAR
B .2 * 'h' STO
h cm _ "h" →TAG HALT
"Adote um valor
para h (cm) "
""
INPUT OBJ→
'h' STO
CLEAR
IF h 10 <
THEN
10 'h' STO
END
σS 100 * 'q' STO
q B b - SQ 8 / * 'Mmax' STO
1.4 fck * 'Clim' STO
WHILE Mmax 100 h 3 - SQ * / Clim >
REPEAT
h 5 + 'h' STO
END

```

```

h C - 'd' STO
Mmax 100 d SQ * / 'C' STO
h 3 * 'H' STO
H cm _ "H" →TAG HALT
"Adote um valor
para H (cm) "
""
INPUT OBJ→
'H' STO
CLEAR
Mmax 2500 d * / 'AFL' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øL1' STO
3.141592654 øL1 10 / SQ * 4 / 'A10L1' STO
AFL A10L1 / IP 1 ADD 'NBL1' STO
100 øL1 10 / NBL1 * - NBL1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBL1' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A LAJE DA SAPATA" SCROLL
{ ø } { mm } + øL1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A10L1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NBL1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPBL1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'øL' STO
3.141592654 øL 10 / SQ * 4 / 'A10L' STO
AFL A10L / IP 1 ADD 'NBL' STO
IF NBL 2 <
THEN
2 'NBL' STO
END
100 øL 10 / NBL * - NBL 1 - / 'ESPBL' STO
IF ESPBL 20 >
THEN
20 'ESPBL' STO
END
0.0015 b * H * 'AFV' STO
IF 3.141592654 4 / 2 * AFV <
THEN
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'øV1' STO
3.141592654 øV1 10 / SQ * 4 / 'A10V1' STO
AFV A10V1 / IP 1 ADD 'NBV1' STO
b C - NBV1 øV1 * 10 / - NBV1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END

```

```

»
DOSUBS ADD
/ 'ESPBV1' STO
"ESCOLHA UM Ø PARA A VIGA DE RIGIDEZ" SCROLL
{ Ø } { mm } + ØV1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ A } { cm² } + A10V1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ Num. } { barras } + NBV1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
{ Espç } { cm } + ESPBV1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRAY
4 COL→ SCROLL
"Adote um Ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'ØV' STO
3.141592654 ØV 10 / SQ * 4 / 'A10V' STO
AFV A10V / IP 1 ADD 'NBV' STO
IF NBV 2 <
THEN
2 'NBV' STO
END
b C - NBV ØV * 10 / - NBV 1 - / 'ESPBV' STO
ELSE
10 'ØV' STO
2 'NBV' STO
b 6 - NBV ØV * 10 / - NBV 1 - / 'ESPBV' STO
END
2 FIX
-.5 B 1.5 * XRNG
-.5 H 1.5 * YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1
NBV
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ØV 20 / + ESPBV i * ESPBV - + H .3 * 8 + ØV
20 / + R→C PIXON
NEXT
PICT B .3 * H .35 * R→C NBV →STR " Ø " + ØV →STR + "mm" + 1 →GROB GX
XOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1
NBV
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ØV 20 / + ESPBV i * ESPBV - + H .3 * 8 + ØV
20 / + R→C PIXON
NEXT
1
NBV
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ØV 20 / + ESPBV i * ESPBV - + H .3 * H + 6 -
ØV 20 / + R→C PIXON
NEXT
PICT B .35 * H 1 * R→C NBV →STR " Ø " + ØV →STR + "mm" + 1 →GROB GXO
OR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1

```

```

NBV
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ØV 20 / + ESPBV i * ESPBV - + H .3 * 8 + ØV
20 / + R→C PIXON
NEXT
1
NBV
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ØV 20 / + ESPBV i * ESPBV - + H .3 * H + 6 -
ØV 20 / + R→C PIXON
NEXT
B .1 * B b - 2 / + C 2 / + H .3 * C 2 * + R→C B .1 * B b - 2 / + C
2 / + H .3 * H + C - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + C 2 / + H .3 * H + C - R→C B .1 * B b - 2 / + b
+ C 2 / - H .3 * H + C - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + C 2 / - H .3 * H + C - R→C B .1 * B b - 2 /
+ b + C 2 / - H .3 * C 2 * + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + C 2 / - H .3 * C 2 * + R→C B .1 * B b - 2 /
+ C 2 / + H .3 * C 2 * + R→C LINE
PICT B .2 * H .3 * R→C "estr. Ø" ØL →STR + " C/ " + ESPBL →STR + 1
→GROB GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1
NBV
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ØV 20 / + ESPBV i * ESPBV - + H .3 * 8 + ØV
20 / + R→C PIXON
NEXT
1
NBV
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + ØV 20 / + ESPBV i * ESPBV - + H .3 * H + 6 -
ØV 20 / + R→C PIXON
NEXT
B .1 * B b - 2 / + C 2 / + H .3 * C 2 * + R→C B .1 * B b - 2 / + C
2 / + H .3 * H + C - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + C 2 / + H .3 * H + C - R→C B .1 * B b - 2 / + b
+ C 2 / - H .3 * H + C - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + C 2 / - H .3 * H + C - R→C B .1 * B b - 2 /
+ b + C 2 / - H .3 * C 2 * + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + C 2 / - H .3 * C 2 * + R→C B .1 * B b - 2 /
+ C 2 / + H .3 * C 2 * + R→C LINE
B .1 * C + H .3 * C + R→C B 1.1 * C - H .3 * C + R→C LINE
B .1 * C + H .3 * C + R→C B .1 * C + H .3 * h + C - R→C LINE
B .1 * B + C - H .3 * h + C - R→C B 1.1 * C - H .3 * C + R→C LINE
PICT B .3 * H .3 * R→C "Ø" ØL →STR + " C/ " + ESPBL →STR + 1 →GROB
GXOR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
B .1 * H .3 * R→C B 1.1 * H .3 * R→C LINE
B .1 * H .3 * R→C B .1 * H .3 * h + R→C LINE
B .1 * H .3 * h + R→C B .1 * B b - 2 / + H .3 * h + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + H .3 * h + R→C B .1 * B b - 2 / + H .3 * H + R→C
LINE
B .1 * B b - 2 / + H .3 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + b + H .3 * H +
R→C LINE

```

```

B .1 * B b - 2 / + b + H .3 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + b + H .3 *
h + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + H .3 * h + R→C B .1 * B + H .3 * h + R→C LINE
E
B .1 * B + H .3 * h + R→C B 1.1 * H .3 * R→C LINE
B .1 * C + H .3 * C + R→C B 1.1 * C - H .3 * C + R→C LINE
B .1 * C + H .3 * C + R→C B .1 * C + H .3 * h + C - R→C LINE
B .1 * B + C - H .3 * h + C - R→C B 1.1 * C - H .3 * C + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + C 2 / + H .3 * C 2 * + R→C B .1 * B b - 2 / + C
2 / + H .3 * H + C - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + C 2 / + H .3 * H + C - R→C B .1 * B b - 2 / + b
+ C 2 / - H .3 * H + C - R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + C 2 / - H .3 * H + C - R→C B .1 * B b - 2 /
+ b + C 2 / - H .3 * C 2 * + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + C 2 / - H .3 * C 2 * + R→C B .1 * B b - 2 /
+ C 2 / + H .3 * C 2 * + R→C LINE
B .05 * H .2 * R→C B 1.15 * H .2 * R→C LINE
B .1 * H .15 * R→C B .1 * H .25 * R→C LINE
B .1 * B + H .15 * R→C B .1 * B + H .25 * R→C LINE
B .2 * B + H .25 * R→C B .2 * B + H .35 * H + R→C LINE
B .15 * B + H .3 * R→C B .25 * B + H .3 * R→C LINE
B .15 * B + H .3 * h + R→C B .25 * B + H .3 * h + R→C LINE
B .15 * B + B b - 2 / - H .3 * H + R→C B .25 * B + H .3 * H + R→C LI
INE
B .05 * B b - 2 / + H .38 * H + R→C B .15 * B b - 2 / + b + H .38 *
H + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + H .35 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + H .45 * H + R→
→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + H .35 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + b + H .45
* H + R→C LINE
1
NBV
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + øV 20 / + ESPBV i * ESPBV - + H .3 * 8 + øV
20 / + R→C PIXON
NEXT
1
NBV
FOR i
B .1 * B b - 2 / + C + øV 20 / + ESPBV i * ESPBV - + H .3 * H + 6 -
øV 20 / + R→C PIXON
NEXT
PICT B .5 * H .15 * R→C B →STR 1 →GROB GXOR
PICT B 1.25 * H .3 * h 2 / + R→C h →STR 1 →GROB GXOR
PICT B 1.25 * H .3 * h + H h - 2 / + R→C H h - →STR 1 →GROB GXOR
PICT B .5 * H 1.5 * R→C b →STR 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
"" " MEMORIAL" + "
" + "
" + P kgf _ "P" →TAG + "
" + B cm _ "B" →TAG + "
" + h cm _ "h" →TAG + "
" + H cm _ "H" →TAG + "
" + "Cálculo do momento fletor da laje da sapata" + "
" + q kgf cm / _ "q" →TAG + "
" + Mmax kgf.cm _ "Mmax" →TAG + "

```

```

" + "Dimensionamento da armação da laje da sapata" + "
" + d cm _ "d" →TAG + "
" + C kgf cm² / _ "C" →TAG + "
" + Clim kgf cm² / _ "Clim" →TAG + "
" + AFL cm² _ "AF" →TAG + "
" + øL mm _ "ø" →TAG + "
" + NBL "N° de barras / metro de sapata" →TAG + "
" + ESPBL cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + "ø" øL →STR + " C/" + ESPBL →STR + + "
" + "Especificação da armação da viga de rigidez" + "
" + AFV cm² _ "AF" →TAG + "
" + øV mm _ "ø" →TAG + "
" + NBV "N° de barras / metro de sapata" →TAG + "
" + ESPBV cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + NBV →STR _ "ø" + øV →STR + " C/" + ESPBV →STR + + "
" + "O ESTRIBO SERA IGUAL A LAJE DA SAPATA" + "
" + øL mm _ "ø" →TAG + "
" + NBL "N° de barras / metro de sapata" →TAG + "
" + ESPBL cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + "ø" øL →STR + " C/" + ESPBL →STR + +
DUP SCROLL
UPDIR 'Lixo001' PGDIR 1100.01MENU -40 SF
THEN
UPDIR 'Lixo001' PGDIR CLEAR 1100.01MENU -40 SF
END
»

```

A18

```

«
"SAPATA CORRIDA"
{
{ "p:" "Carga distribuida (t/m)" 0 }
{ "LP:" "Largura da parede (cm)" 0 }
{ "fck:" "(MPa)" 0 }
{ "taxa:" "resistência do solo (kgf/cm²)" 0 }
{ "C:" "Cobrimento (cm)" 0 }
}
{ 2 0 }
{ }
{ }
INFORM DROP
IFERR
EVAL { KILL "" "" "" "" CONT } TMENU
'C' STO 'σS' STO 'fck' STO 'b' STO 1000 * 'P' STO
P 100 σS * / 'B' STO
B cm _ "B" →TAG HALT
"Adote um valor
para B (cm)"
""
INPUT OBJ→
'B' STO
CLEAR
10 B b - 2 / 30 TAN * + 'H' STO
H C - 'd' STO
WHILE

```

```

100 B b - 2 / * 1.4 * 100 d * / 1 fck 250 / - 0.27 * fck 0.14 / * >
REPEAT
H 5 + 'H' STO
H 5 - 'd' STO
END
H cm _ "H" →TAG HALT
"Adote um valor
para H (cm) "
""
INPUT OBJ→
'H' STO
CLEAR
H C - 'd' STO
100 B b - 2 / * 'VL' STO
VL 1.4 * 100 d * / 'τsd' STO
1 fck 250 / - 'αv' STO
0.27 αv * fck 0.14 / * 'τrd2' STO
100 σS * B b - 2 / SQ 2 / * 'MS' STO
P B b - * 8 d * / 'T' STO
1.61 T * 5000 / 'As' STO
{ 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 } 'ø1' STO
3.141592654 ø1 10 / SQ * 4 / 'A101' STO
As A101 / IP 1 ADD 'NB1' STO
100 ø1 10 / NB1 * - NB1 1 -
DUP 1
« IF 0 ==
THEN 1
ELSE 0
END
»
DOSUBS ADD
/ 'ESPB1' STO
"ESCOLHA UM ø PARA A ARMADURA
TRANSVESSAL DA SAPATA" SCROLL
{ ø } { mm } + ø1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ A } { cm² } + A101 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Num. } { barras } + NB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
{ Espç } { cm } + ESPB1 + OBJ→ 1 →LIST →ARRY
4 COL→ SCROLL
"Adote um ø (mm) "
""
INPUT OBJ→
'ø' STO
3.141592654 ø 10 / SQ * 4 / 'A10' STO
As A10 / IP 1 ADD 'NB' STO
IF NB 2 <
THEN
2 'NB' STO
END
100 ø 10 / NB * - NB 1 - / 'ESPB' STO
IF ESPB 20 >
THEN
20 'ESPB' STO
END
-.5 B 1.5 * XRNG

```



```

-.5 H 1.5 * YRNG
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1
5
FOR i
B .1 * C + Ø 10 / + B Ø 10 / 5 * - C 2 * - 4 / i * B Ø 10 / 5 * - C
2 * - 4 / - + H .3 * C 2 * + R→C PIXON
NEXT
PICT B .3 * H .4 * R→C "Ø" Ø →STR + " C/ " + ESPB →STR + 1 →GROB GXO
OR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1
5
FOR i
B .1 * C + Ø 10 / + B Ø 10 / 5 * - C 2 * - 4 / i * B Ø 10 / 5 * - C
2 * - 4 / - + H .3 * C 2 * + R→C PIXON
NEXT
B .1 * C 2 / + H .3 * C + R→C B 1.1 * C 2 / - H .3 * C + R→C LINE
B .1 * C 2 / + H .3 * C + R→C B .1 * C 2 / + H .3 * 10 + C - R→C LIN
NE
B .1 * B + C 2 / - H .3 * 10 + C - R→C B 1.1 * C 2 / - H .3 * C + R→
→C LINE
PICT B .3 * H .3 * R→C "Ø" Ø →STR + " C/ " + ESPB →STR + 1 →GROB GXO
OR
0 WAIT DROP
ERASE { # 0d # 0d } PVIEW
1
5
FOR i
B .1 * C + Ø 10 / + B Ø 10 / 5 * - C 2 * - 4 / i * B Ø 10 / 5 * - C
2 * - 4 / - + H .3 * C 2 * + R→C PIXON
NEXT
B .1 * C 2 / + H .3 * C + R→C B 1.1 * C 2 / - H .3 * C + R→C LINE
B .1 * C 2 / + H .3 * C + R→C B .1 * C 2 / + H .3 * 10 + C - R→C LIN
NE
B .1 * B + C 2 / - H .3 * 10 + C - R→C B 1.1 * C 2 / - H .3 * C + R→
→C LINE
B .1 * H .3 * R→C B 1.1 * H .3 * R→C LINE
B .1 * H .3 * R→C B .1 * H .3 * 10 + R→C LINE
B .1 * H .3 * 10 + R→C B .1 * B b - 2 / + H .3 * H + R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + H .3 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + b + H .3 * H +
R→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + H .3 * H + R→C B .1 * B + H .3 * 10 + R→C LIN
NE
B .1 * B + H .3 * 10 + R→C B 1.1 * H .3 * R→C LINE
B .05 * H .2 * R→C B 1.15 * H .2 * R→C LINE
B .1 * H .15 * R→C B .1 * H .25 * R→C LINE
B .1 * B + H .15 * R→C B .1 * B + H .25 * R→C LINE
B .2 * B + H .25 * R→C B .2 * B + H .35 * H + R→C LINE
B .15 * B + H .3 * R→C B .25 * B + H .3 * R→C LINE
B .15 * B + H .3 * 10 + R→C B .25 * B + H .3 * 10 + R→C LINE
B .15 * B + B b - 2 / - H .3 * H + R→C B .25 * B + H .3 * H + R→C LI
INE
B .05 * B b - 2 / + H .38 * H + R→C B .15 * B b - 2 / + b + H .38 *
H + R→C LINE

```

```

B .1 * B b - 2 / + H .35 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + H .45 * H + R→
→C LINE
B .1 * B b - 2 / + b + H .35 * H + R→C B .1 * B b - 2 / + b + H .45
* H + R→C LINE
PICT B .5 * H .15 * R→C B →STR 1 →GROB GXOR
PICT B 1.25 * H .3 * 10 2 / + R→C 10 →STR 1 →GROB GXOR
PICT B 1.25 * H .3 * 10 + H 10 - 2 / + R→C H 10 - →STR 1 →GROB GXOR
PICT B .5 * H 1.5 * R→C b →STR 1 →GROB GXOR
0 WAIT DROP
"" "          MEMORIAL" + "
" + "
" + P kgf _ "P" →TAG + "
" + B cm _ "B" →TAG + "
" + H cm _ "H" →TAG + "
" + d cm _ "d" →TAG + "
" + "Verificação da compressão diagonal do concreto" + "
" + VL kgf _ "VL" →TAG + "
" + τsd kgf cm² / _ "τsd" →TAG + "
" + αv "αv" →TAG + "
" + τrd2 kgf cm² / _ "τrd2" →TAG + "
" + "Cálculo do momento fletor solicitante" + "
" + MS kgf.cm m / _ "MS" →TAG + "
" + T kgf _ "T" →TAG + "
" + As cm² _ "As" →TAG + "
" + "Dimensionamento da armação transversal da laje da sapata" +
"
" + ø mm _ "øT" →TAG + "
" + ESPB cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + "ø" ø →STR + " C/" + ESPB →STR + + "
" + "Dimensionamento da armação longitudinal da laje da sapata" + "
" + ø mm _ "øL" →TAG + "
" + ESPB cm _ "Espaçamento" →TAG + "
" + "ø" ø →STR + " C/" + ESPB →STR + +
DUP SCROLL
UPDIR 'Lixo001' PGDIR 1100.01MENU -40 SF
THEN
UPDIR 'Lixo001' PGDIR CLEAR 1100.01MENU -40 SF
END
»

INFO

«
IFERR
IFERR
-40 CF
ERASE {#0 #0 }
PVIEW
(-5,3.3)
'X' STO
(5,3.3)
'Y' STO
1 12
FOR i

```

```
X
DUP (0,-0.1) +
'X' STO
Y DUP (0,-0.1) +
'Y' STO
LINE
NEXT
PICT (-4.3,3.1)
"FUNDAÇÕES RASAS"
3
→GROB
GXOR
PICT
(-3.9,1.8)
"Por: David A. Novaes"
1
→GROB
GXOR
PICT
(-3.5,0)
"Sob orientação de:"
1
→GROB
GXOR
PICT
(-5.8,-1)
"Prof°. Ítalo A. Gatica Rispoli"
1
→GROB
GXOR
PICT
(-5,-2)
"Prof°. Artur Lenz Sartorti"
1
→GROB
GXOR
PICT
(-1,1)
"2011"
1
→GROB
GXOR
0 WAIT DROP
{ X Y PPAR }
PURGE
ERASE
PICT
(-6.5,1.5)
"O autor não se responsabiliza por"
1
→GROB
GXOR
PICT
(-6.5,0.5)
"danos causados pelo uso INDEVIDO"
1
```

```

→GROB
GXOR
PICT
(-6.5,-0.5)
"do programa"
1
→GROB
GXOR
0 WAIT DROP
{ X Y PPAR }
PURGE
THEN
{ X Y PPAR }
PURGE
ERASE
PICT
(-6.5,1.5)
"O autor não se responsabiliza por"
1
→GROB
GXOR
PICT
(-6.5,0.5)
"danos causados pelo uso INDEVIDO"
1
→GROB
GXOR
PICT
(-6.5,-0.5)
"do programa."
1
→GROB
GXOR
0 WAIT DROP
{ X Y PPAR }
PURGE
END
-40 SF CLEAR
THEN
-40 SF CLEAR
END
»

$CONFIG
« 1100 ATTACH » @ « #integer ATTACH » @

$HIDDEN
{ A11 A12 A13 A14 A15 A17 A18 } @ { hidden identifiers ..
. } @

$VISIBLE
{ INICIA, INFO } @ { visible identifiers ... } @

$ROMID
1100 @ #integer

```

```
$TITLE
  "Fundações"
END
@ "Library Title"
@

HOME 'Lixo001' PGDIR
'Lixo001' STO
Lixo001 CRLIB
```