

INTERAÇÃO ALGORÍTMICA ENTRE OS SOFTWARES AUTOCAD E EXCEL APLICADOS AO DETALHAMENTO DE SAPATAS ISOLADAS ATRAVÉS DO VBA

ALGORITHMIC INTERACTION BETWEEN AUTOCAD AND EXCEL SOFTWARE FOR THE DETAILING OF SHOES ISOLATED THROUGH VBA

RESUMO: Na engenharia civil, fundação é aquele elemento que recebe o peso da estrutura e tem a função de distribuir de forma uniforme através da sua base ao solo. As fundações são divididas em dois grupos: rasas e profundas. É a primeira parte a ser construída e que faz contato direto com o solo. São utilizadas como base para as construções e de diferentes tamanhos, sendo construídas na maioria das vezes em concreto armado e próximas ao nível da superfície do terreno. Na atualidade os programas computacionais estão ligados diretamente ao dia-a-dia dos engenheiros civil, fazendo com que facilite o seu trabalho. Este trabalho pretende fazer o desenvolvimento de software atrelado ao MS Excel para dimensionamento de fundação sapata isolada através do visual Basic for Application VBA. O VBA é uma ferramenta que veio do VB (Visual Basic) linguagem esta que tem por base a linguagem BASIC, que é uma linguagem de alto nível. VBA foi desenvolvido para estar presente em aplicações do Microsoft Office, como: Excel, PowerPoint, Word entre outras. O programa tem como o objetivo fazer o dimensionamento de uma sapata isolada e por fim fazer o detalhamento das armaduras, de modo que os projetistas possam trabalhar com rapidez e eficiência. O programa pode ser usado também não só na criação de projetos de fundações como também na edição de projetos em execução, tornando os projetos mais competitivos, pelo fato de ser necessários apenas dois programas: AutoCAD da Autodesk e Microsoft Excel, duas ferramentas de muita importância no cotidiano do engenheiro civil.

Palavras chave: Fundação. Sapata Isolada. Excel. VBA. Dimensionamento.

ABSTRACT: In civil engineering, foundation is that element that receives the weight of the structure and has the function of evenly distributing through its base to the ground. The foundations are divided into two groups: shallow and deep. It is the first part to be built and that makes direct contact with the ground. They are used as a base for constructions and of different sizes, being constructed mostly of reinforced concrete and close to the surface level of the terrain. Nowadays computer programs are linked directly to the day-to-day of civil engineers, making it easier for them to work. This work intends to make software development coupled to MS Excel for shoe foundation scaling isolated through Visual Basic for VBA application. VBA is a tool that came from the VB (Visual Basic) language which is based on the BASIC language, which is a high level language. VBA was developed to be present in applications of Microsoft Office, like: Excel, PowerPoint, Word and others. The purpose of the program is to design an insulated shoe and, finally, to detail the reinforcement so that designers can work quickly and efficiently. The program can also be used not only to create foundations projects but also to edit projects running, making projects more competitive because only two programs are needed: Autodesk AutoCAD and Microsoft Excel, two very important tools in the daily life of the civil engineer.

Keywords: Foundation. Isolated Shoe. Excel. VBA. Sizing

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil há diferentes maneiras para se obter sucesso em um projeto, tanto no seu modelo estrutural como também financeiramente. Com isso o estudo sobre os projetos de fundações a ser executado torna-se primordial para que com este estudo possa decidir sobre um melhor tipo de fundação para cada projeto específico.

A escolha do elemento de fundação a ser utilizado na construção como suas devidas dimensões deve ser uma das decisões mais importantes a se tomar do projeto. Isto pode não acontecer quando outros

fatores determinarem outra forma para que aconteça, contudo, várias maneiras devem ser estudadas, mesmo que o responsável pelo projeto possa limitar o número de soluções levando em conta inúmeras restrições (DORIA, 2007).

Segundo Azeredo (1997) a fundação é o elemento designado na engenharia, responsável por receber as cargas imposta pela estrutura e transmiti-la para o solo em que ela esteja assentada. É importante destacar que na estrutura de fundação não deve ocorrer recalque diferencial com certa grandeza, pois o mesmo pode fazer com que a estrutura sofra alguns danos (SANTANA, 2011).

Velloso e Lopes (2010) dizem que quando o projeto de fundações superficiais do tipo sapata isolada tiverem área total superior que a metade da área construída, o uso deste tipo de fundação torna-se inviável e que os elementos de fundação devem ser dimensionados em placa única, isto é, radier

Com o grande avanço da tecnologia da computação, os cálculos iterativos para fazer o dimensionamento de elementos estruturais passaram a ser automatizados. Segundo Leon, Przasnyski e Seal (1996) ressaltam que as planilhas eletrônicas se tornaram amplamente importantes para que se possa modelar problemas gerenciais e realizar pesquisas operacionais. Ainda citam que o Excel tornou uma ferramenta essencial por conta do seu custo e facilidade para o usuário.

Muitos destes problemas podem ser feitos por meio de planilhas eletrônicas, como as do Microsoft Excel, que por meio de uma linguagem de programação permite ao usuário mais opções de controle e edição denominada VBA.

O VBA é uma ferramenta que veio do VB (Visual Basic) linguagem esta que tem por base a linguagem BASIC, que é uma linguagem de alto nível. VBA foi desenvolvido para estar presente em aplicações do Microsoft Office, como: Excel, PowerPoint, Word entre outras (DREUX e AZEVEDO, 2009).

Para os profissionais da engenharia é de grande importância o uso de planilhas eletrônicas, para organização e manipulação dos dados do projeto. A capacidade do engenheiro pode ser incentivada pela aplicação de conceitos e práticas que envolvam programação, capacidade está relacionada aos conhecimentos matemáticos. Com o uso de planilhas traz ao profissional certos conceitos e práticas que contribuem para a melhoria de competências a ele encarregadas.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa e atingir o objetivo geral do trabalho, será criado um programa através de macros do Excel, que farão o dimensionamento e exportação do projeto de uma sapata isolada para o AutoCAD.

Para determinar as dimensões da sapata, utiliza-se a tensão admissível do solo e também os esforços dos pilares. A tensão admissível do solo necessita ser maior do que a tensão máxima solicitante, isto para que não ocorra a ruptura do solo.

A tensão máxima é determinada de acordo com a força solicitante aplicada pelo pilar em função da área da sapata, de acordo com a Equação 1.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{F}{A} \leq \sigma_{adm} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

- $\sigma_{m\acute{a}x}$ – Tensão máxima;
- F – Carregamento do pilar;
- A – Área da sapata;
- σ_{adm} – Tensão admissível.

De acordo com Bastos (2012) é recomendado que as dimensões sejam determinadas em múltiplos de 5 centímetros, para que tenha uma melhor execução. A NBR 6122 (2010) cita que a dimensão mínima para a sapata isolada é de 60 centímetros para ambos os lados.

Há diversas correlações para determina a tensão admissível do solo, Cintra et al. (2011) cita resultados de ensaios de SPT ($5 \leq N_{SPT} \leq 20$) para essa determinação em fundações por sapatas, de acordo com a Equação 2.

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{SPT}}{50} (MPa) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

- σ_{adm} – Tensão admissível;
- N_{SPT} – Valor médio do N_{SPT} dentro do bulbo de tensões, com $5 \leq N_{SPT} \leq 20$.

Por se tratar de um resultado baseado em ensaios de laboratório, o usuário deverá fornecer o valor da tensão admissível ao programa.

Para determinar altura da sapata deve-se seguir a NBR 6118 (2014) que é determinada de acordo com a rigidez da sapata e as dimensões do pilar e sapata, em que a altura deve ser o valor maior entre as equações a seguir (Equação 3), nas duas direções.

$$h \geq \begin{cases} \frac{L - a}{3} \\ \frac{B - b}{3} \end{cases} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

- h – Altura da sapata;
- L – Maior lado da sapata;
- B – Menor lado da sapata;
- a – Maior lado do pilar;
- b – Menor lado do pilar.

Importante destacar que a altura da sapata deve ser suficiente para cobrir a ancoragem da armadura longitudinal do pilar e o cobrimento das armaduras das sapatas, sendo necessário fazer a verificação como mostra a Equação 4 abaixo.

$$h > lb + c \quad \text{Equação 4}$$

De acordo com Bastos (2012) a altura da base da sapata (h_o) deve ser superior ou igual a 20 centímetros e do que a altura da sapata dividido por 3.

O lastro de deverá ter espessura de no mínimo 5 centímetros de acordo com a NBR 6122 (2010), ressalta ainda que todas as fundações superficiais devem ser concretas sobre um lastro de concreto não estrutural, desde que esteja em contato com o solo, e em caso de contato direto com a rocha o lastro tem a função de fazer a regularização da superfície obedecendo o mesmo critério de espessura mínima de 5 centímetros.

As armaduras longitudinais da sapata serão definidas de acordo com as equações 5 e 6.

$$A_{Sa} = \frac{M_{Sda}}{0,8 \cdot d \cdot f_{yd}} \quad \text{Equação 5}$$

$$A_{Sb} = \frac{M_{Sdb}}{0,8 \cdot d \cdot f_{yd}} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

- A_{Sa} e A_{Sb} – Área de aço nas duas direções;
- M_{Sda} e M_{Sdb} – Momento fletor nas duas direções;
- d – Altura útil;
- f_{yd} – Tensão de escoamento do aço.

O programa irá considerar a altura útil, d , o valor maior entre o comprimento de ancoragem e a altura da sapata subtraído do cobrimento. Com relação a área de aço, deve-se respeitar a área mínima de 0,15% com relação a área bruta da sapata como mostra a expressão seguir.

$$A_{Sa} \text{ e } A_{Sb} \geq A_{Smin}$$

De acordo com a Equação 7, é possível determinar a quantidade de barras de aço necessário para suprir os carregamentos impostos na sapata, dividindo a área de aço encontrada pela área da seção da barra que será utilizada.

$$n^{\circ}barras = \frac{A_{Sa;b}}{A_{\phi}} \quad \text{Equação 7}$$

3 RESULTADOS

O programa conta com uma interface bastante simples para que o usuário não tenha nenhum tipo de empecilho para operá-lo. Nesta interface há quatro abas para que no fim o usuário tenha um projeto completo exportado ao AutoCad. São elas: entrada, dimensionamento, locação dos pilares e projeto. O programa será chamado de SPI-23

3.1 ENTRADA

Na página entrada, como ilustrado na imagem 1, o usuário deve fornecer os dados necessários para que possa ser feito o dimensionamento da sapata. É necessário que seja inserido um arquivo com formato que o Excel aceite, formato xls., e seguir um padrão já estabelecido para que o programa consiga fazer a leitura dos dados sem nenhum erro.

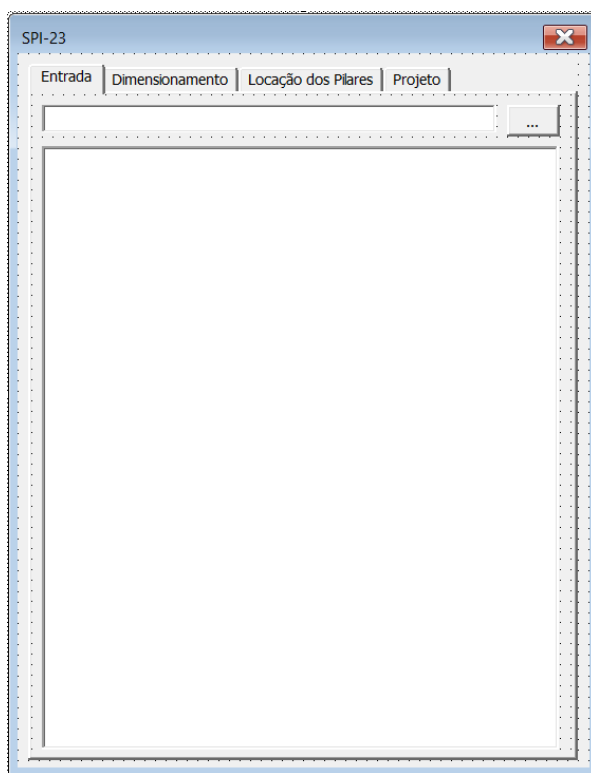


Figura 1 – Janela de Entrada

O arquivo com os dados de entrada, contém informações como: dimensões do pilar, carregamento, momentos, número de barras, seção transversal do aço e a quantidade de barras nas duas direções. De acordo com a imagem a seguir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Pilar	b (cm)	a (cm)	N (kN)	Mx (kN.m)	My (kN.m)	N° de barras	Bitola (mm)	Nba	Nbb
2	P1									
3	P2									
4	...									

Figura 2 – Dados de entrada em Excel

Onde:

- Pilar – Numeração do pilar no projeto;
- b – Dimensão do pilar, de acordo com eixo horizontal;
- a – Dimensão do pilar, de acordo com eixo vertical;
- N – Valor do carregamento do pilar;
- M_x – Momento fletor em torno do eixo x ;
- M_y – Momento fletor em torno do eixo y ;
- N° de barras – Quantidade de barras de aço na seção do pilar;
- Bitola – Seção transversal do aço utilizado no pilar;
- N_{ba} – Numero de barras de aço na direção a ;
- N_{bb} – Numero de barras de aço na direção b .

3.2 DIMENSIONAMENTO

Nesta pagina do programa, o usuário fornece os parâmetros estruturais e geotécnicos para o dimensionamento da sapata. Os parâmetros estruturais estão relacionados ao f_{ck} do concreto que será utilizado, em MPa, e o diâmetro da armadura utilizada, em mm. Os parâmetros geotécnicos serão os valores do embutimento, que deve ser fornecido em metros e da tensão admissível do solo em KPa, como mostra a figura 3.

SPI-23

Entrada | Dimensionamento | Locação dos Pilares | Projeto

Diagrama de uma sapata com carga vertical e momentos fletores.

Campos de entrada:

- f_{ck} (MPa):
- Armadura:
- Embutimento (D): m
- Tensão Admissível: kPa

Botão: CALCULAR

Figura 3 – Janela de Dimensionamento

Após o preenchimento de todos os dados necessários, e clicar no botão calcular as dimensões da sapata aparecerá nessa janela branca, juntamente com a altura mínima necessária da sapata, quantidade de barras e espaçamento nas duas direções.

3.3 LOCAÇÃO DOS PILARES

A janela de Locação dos Pilares (Figura 4) tem como função fazer com que as sapatas fiquem ordenadas de acordo com o que prevê a NBR 6118 (2014), os pilares podem ser lançados de forma aleatório, escolhendo o pilar e a sua posição, após todos os pilares lançados deve-se clicar no botão alinhar para que ordenar de acordo com a norma.

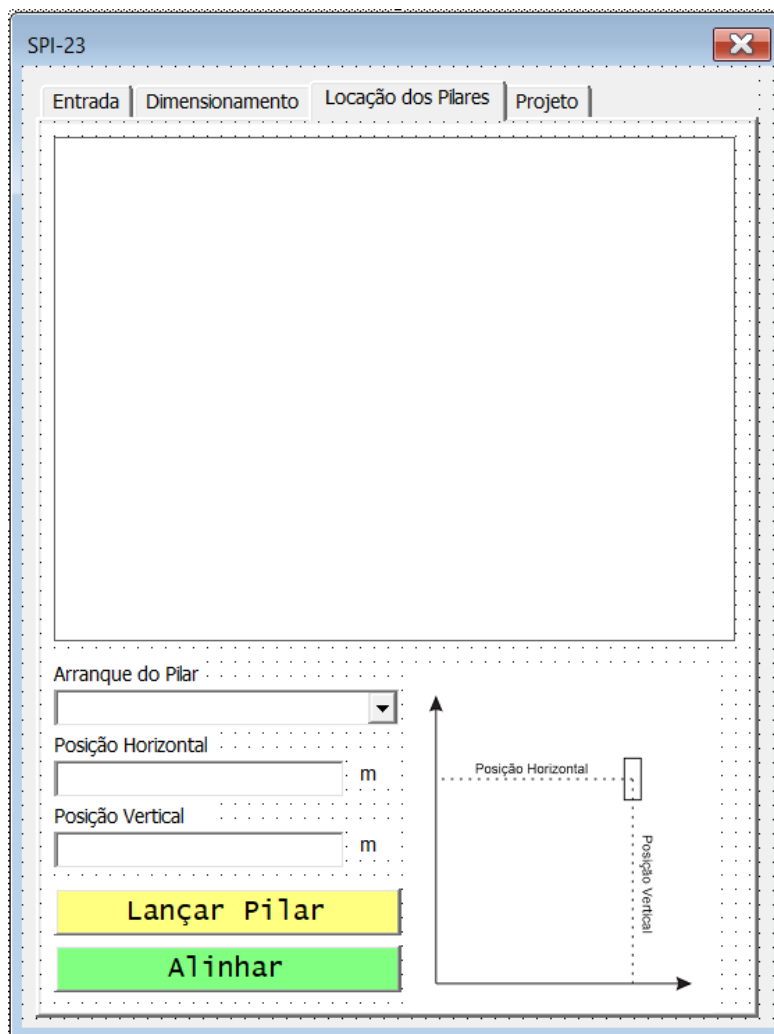


Figura 4 – Janela de Locação dos Pilares

3.4 PROJETO

Na ultima parte do programa, na janela Projeto, que o usuário pode fazer algumas alterações para melhorar o projeto construtivo antes de fazer a exportação para o AutoCAD, como mostra a figura 5.

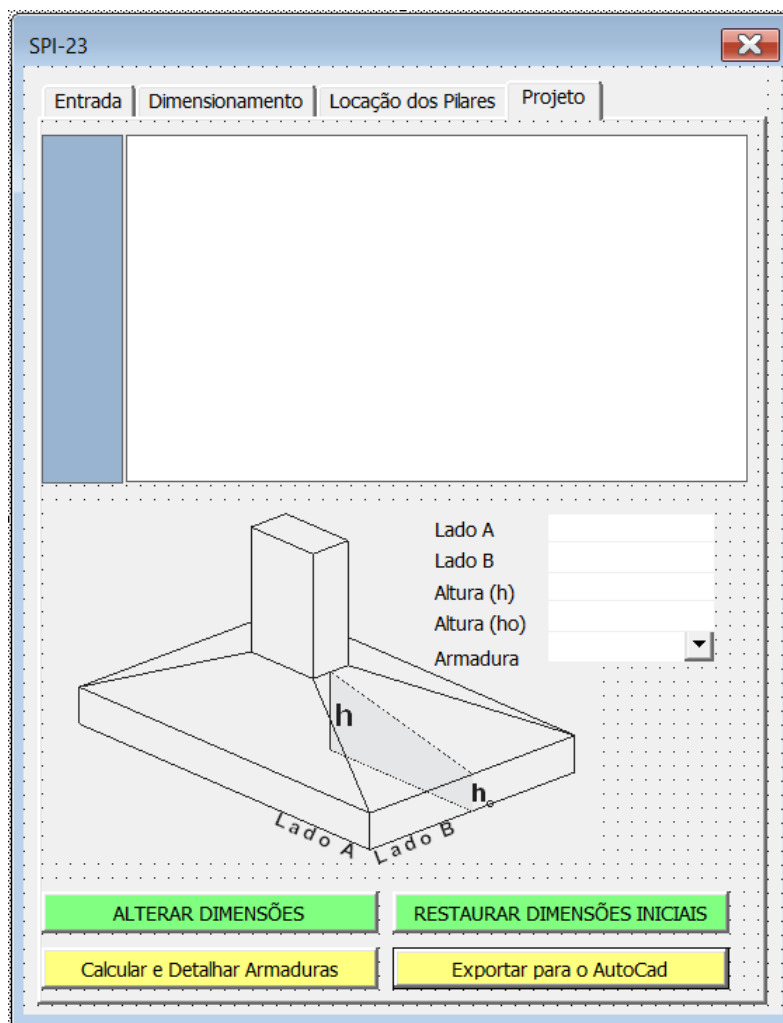


Figura 5 – Janela de Projeto

Nesta etapa o usuário pode fazer alterações como as dimensões da sapata, as alturas e a armadura estabelecida pelo programa, ou manter os dados já predefinidos. Essas alterações possibilitam ao usuário uma uniformização das sapatas, no que facilitara sua construção. Para que seja feita a alteração, basta clicar sobre o objeto a ser alterado e automaticamente o quadro abaixo será preenchido com os valores obtidos pelo programa. Caso haja necessidade de alteração, logo após deve-se clicar no botão Alterar Dimensões. Por fim, depois das alterações finalizadas clica-se em Calcular e Detalhar Armaduras para que seja feito a verificação com os novos valores. Se o usuário necessite voltar para os valores iniciais basta clicar em Restaurar Dimensões Iniciais.

O ultimo passo para finalizar o projeto é fazer a exportação do detalhamento das armaduras, após todas as sapatas já dimensionadas basta clicar no botão Exportar para o AutoCAD que em apenas alguns segundo uma janela do AutoCAD será aberta já com o detalhamento inserido. O usuário então poderá fazer a alteração que ver necessidade para por fim, fazer a plotagem do seu projeto.

4 DISCUSSÃO

O programa apresentou um ótimo resultado, com um fácil manuseio e rápido processo de dimensionamento. Para ver a funcionalidade do programa foi inserido um projeto contendo 4 pilares, com os dados conforme a figura 9 abaixo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Pilar	b (cm)	a (cm)	N (kN)	Mx (kN.m)	My (kN.m)	N° de barras	Bitola (mm)	Nba	Nbb
2	P1	12	40	456,8	9,55	7,12	4	10	2	2
3	P2	12	40	558,43	4,73	18,9	10	10	5	2
4	P3	12	35	372,99	11	9	8	10	4	2
5	P4	15	25	199,9	8	10,5	4	10	2	2

Figura 6 – Tabela a ser exportada ao programa

Após inseridos os dados dos pilares, e ajustado o programa com f_{ck} do concreto de 20 MPa, armadura com bitola de 10,00 mm, embutimento 1 metro e tensão admissível do solo de 300 KPa, obteve-se o dimensionamento das sapatas de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 1 – Dimensões da sapata e armaduras

Sapata	B (m)	L (m)	h (cm)	Nº barras em B	Espaçamento B (cm)	Nº barras em L	Espaçamento L (cm)
SP1	1,4	1,7	45	11 $\varnothing$ 10,0 mm	13	13 $\varnothing$ 10,0 mm	13
SP2	1,6	1,8	50	14 $\varnothing$ 10,0 mm	11	16 $\varnothing$ 10,0 mm	11
SP3	1,3	1,5	40	9 $\varnothing$ 10,0 mm	14	11 $\varnothing$ 10,0 mm	15
SP4	1,1	1,2	35	7 $\varnothing$ 10,0 mm	18	7 $\varnothing$ 10,0 mm	16

Por fim, logo depois todas as dimensões calculadas o detalhamento das armaduras foi exportado para o AutoCAD, para que o usuário pudesse finalizar o seu projeto e executa-lo. Cada um dos elementos cálculos foram detalhados separadamente. Como exemplo foi escolhido a sapata de numero 1 (SP1) com dimensões de 1,4 x 1,7 metros, o detalhamento da sapata é exportado de acordo com as figuras 7, 8 e 9.

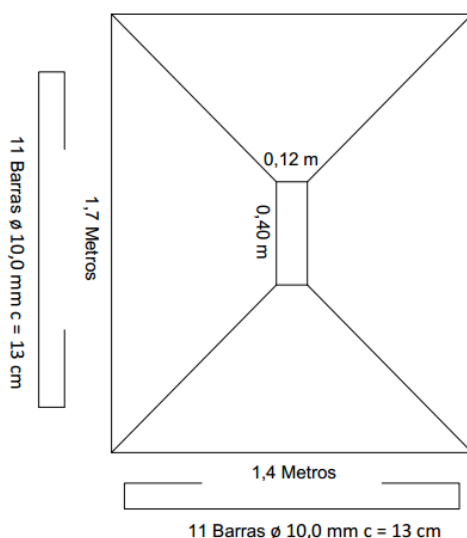


Figura 7 – Detalhamento armaduras principais

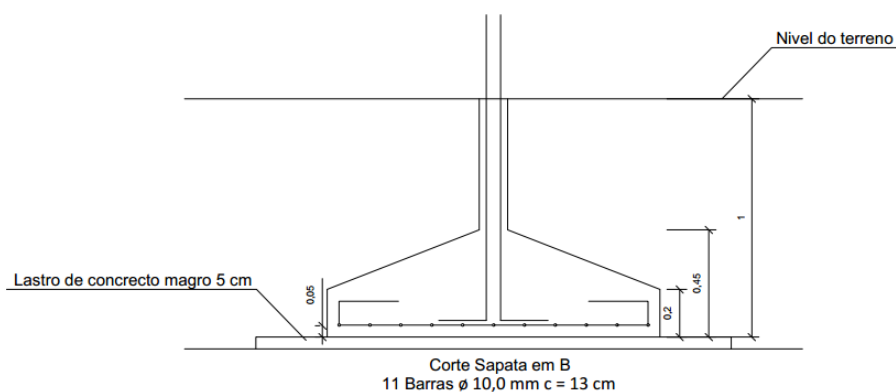


Figura 8 – Corte da sapata em B

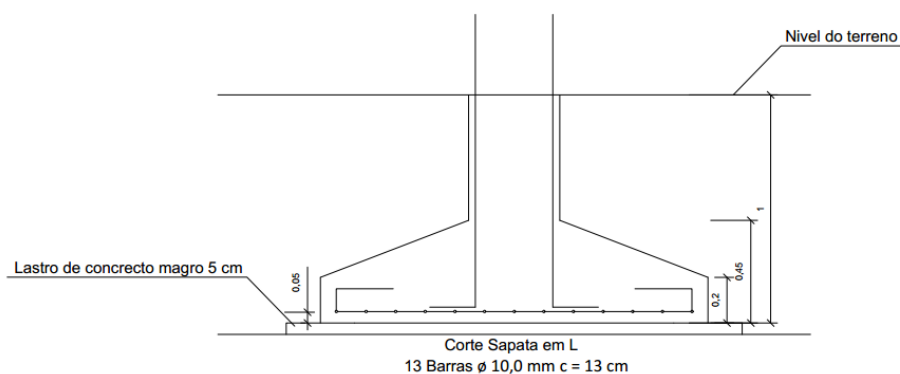


Figura 9 – Corte da sapata em L

5 CONCLUSÃO

É importante lembrar que o uso do programa SPI-23 deve ser manuseado por um profissional habilitado, sendo ele Engenheiro ou Arquiteto, tanto no seu processo de execução como também de execução, para evitar possíveis danos no projeto.

O programa mostrou bastante eficiência nos aspectos de dimensionamento estrutural e geotécnico de uma sapata isolada, em que em poucos segundos é possível gerar um projeto executivo de fundação. Tornou-se uma boa opção para projetos de fundações que utilizam sapata isolada, pelo fato do seu manuseio ser bastante simplificado e pelo uso dos programas MS Excel e AutoCAD, hoje uma das ferramentas mais utilizadas no cotidiano do engenheiro civil.

No atual mercado há outros programas relacionados ao projeto de fundações rasas que fornecem resultados parecidos ao do SPI-23, com isso após o resultado positivo fica claro a importância da linguagem de programação para o futuro profissional dos alunos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 238 p. 2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e execução de Fundações**. Rio de Janeiro, 2010.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura - Prática da construção civil**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

Bastos, P. S. D. S. (1987). **Estruturas de concreto III: notas de aula sapatas de fundação**. Bauru, 2012.

Cintra, J. C. A., Aoki, N. & Albiero, J.H.. **"Fundações Diretas: Projeto Geotécnico"**. São Paulo/SP: OFICINA DE TEXTOS, 2011. 140p.

DÓRIA, L. E. S.; **Projeto de estrutura de fundação em concreto tipo radier**.

Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2007.

DREUX, M. A.; AZEVEDO, F. U. B. **Macros para Excel na prática**. Elsevier editora. 1ª Edição, 2009.

LEON, L; PRZASNYSKI, Z.; SEAL, K. C. **Spreadsheets and OR/MS models: an enduser perspective**. Interfaces. P. 92-104, 1996.

SANTANA, Osvaldo Soares de. **Fundações rasas para residências populares**. 2011. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2011.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R.; **Fundações: Critérios de Projeto – Investigação de subsolo – Fundações superficiais – Fundações Profundas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.