

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA FUNDAÇÃO SUPERFICIAL EM RADIÉR PARA UMA EDIFICAÇÃO EM PAREDES DE CONCRETO

Gabriela G. Grass ^{a*}, Cíntia P. Kleinpaul ^b, Sílvio M. Beck ^c

^a *Graduada em Engenharia Civil, Departamento das Engenharias e Ciência da Computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo.*

^b *Graduanda em Engenharia Civil, Departamento das Engenharias e Ciência da Computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo.*

^c *Professor Mestre do Curso de Engenharia Civil, Departamento das Engenharias e Ciência da Computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo.*
e-mails: gabrielagirardigrass@gmail.com, cintiap02@hotmail.com, beck.sm@hotmail.com

Resumo

Com o intuito de utilizar métodos construtivos alternativos no canteiro de obra, o trabalho apresenta uma análise de como se comporta a fundação superficial em *radiér* em relação ao sistema construtivo de paredes de concreto armado moldadas no local. As propriedades do solo para o dimensionamento do *radiér*, foram determinadas através de ensaios pilotos realizados no laboratório de Solos da Universidade. Foi utilizado o software Eberick V8 da AltoQi para o dimensionamento e análise da estrutura e fundação. Já para calcular os recalques admissíveis, foi utilizada a planilha do Método de Schmertmann. Analisando os resultados obtidos, a fundação superficial em *radiér* não apresentou nenhum tipo de recalque em relação ao método de dimensionamento utilizado. Por fim, pode-se afirmar que a fundação superficial, é um sistema viável para as configurações impostas pelo presente caso.

Palavras-Chave – *Análise, Comportamento, Concreto armado, Dimensionamento, Fundação superficial, Método de schmertmann, Radiér, Recalques, Sistema construtivo, Software eberick.*

1. Introdução

Atualmente o campo da construção civil encontra-se em um nível de desenvolvimento nunca antes vivido no Brasil, apesar de vir apresentando, nos últimos anos, oscilações acentuadas em seu crescimento. Obras de infraestrutura e de caráter social continuam sendo executadas, no momento, em menor quantidade, mas por todas as regiões do território nacional, gerando condições dignas de moradia e desenvolvimento para o país. Diante deste cenário, deve-se destacar que diferentes métodos construtivos, antes tidos como alternativos, foram se consolidando em meio aos canteiros de obra brasileiros, devido ao fato de suas inúmeras características atenderem às exigências do mercado. Entre tais métodos, destaca-se o sistema de paredes de concreto armado, o qual é objeto de estudo do presente trabalho.

O sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* tem demonstrado resultados positivos quanto a economia, tempo de obra, qualidade e diminuição de resíduos, este último muito abordado e fiscalizado atualmente (BAPTISTA, 2011) [1].

Tal sistema tornou-se uma alternativa para as empresas que estão ingressando no mercado da construção civil, em função da sua velocidade de execução, da qualidade do acabamento apresentado e por ser um sistema considerado econômico a médio prazo. Ademais, o sistema referido constitui-se em paredes moldadas *in loco*, em concreto armado, com o uso de fôrmas de

aço, alumínio ou plástico. Segundo Ref. [1], um bom sistema de fôrmas é essencial para o resultado esperado, e é definido de acordo com a característica de cada obra.

Braguim (2013) [2] argumenta que o cenário nacional demanda construções de qualidade, em grande quantidade, realizadas no menor tempo possível, corroborando a pertinência de desenvolvimento desse sistema no âmbito nacional.

Geralmente, em uma obra a estrutura é calculada separada da fundação, o que resulta em uma divisão da edificação, em superestrutura (parte à cima do nível do solo) e infraestrutura (parte de solo enterrada). Desta maneira, o projetista estrutural calcula e analisa o edifício considerando-o sobre base indeslocável, à medida que o engenheiro de fundações trata unicamente da estrutura de fundação e do solo, não havendo uma comunicação entre os mesmos (IWAMOTO apud ANTONIAZZI, 2000) [3].

Porém, a consideração da interação solo-estrutura mostra-se como solução mais apropriada, uma vez que o método considera aspectos que simulam a estrutura o mais próximo da realidade. Em síntese, esta interação apresenta resultados mais precisos, especialmente sob o ponto de vista de segurança e na maioria das vezes econômico.

De acordo com Velloso e Lopes (2010) [4] tanto no caso em que as fundações são isoladas como no caso em que a fundação é combinada, o cálculo de recalques, levando em consideração o efeito da superestrutura (análise da interação solo-estrutura), é importante. Em uma análise desse tipo, além de recalques mais uniformes, serão obtidas cargas nos pilares, diferentes daquelas cargas encontradas pelo projetista da estrutura, com a hipótese de apoios indeformáveis e momentos fletores com certa magnitude nas cintas e vigas dos primeiros pavimentos.

Portanto, o presente trabalho trata dessa interação entre as paredes de concreto armado (superestrutura) e a fundação (infraestrutura), onde será utilizado o software Eberick para o dimensionamento e análise da estrutura e fundação. O mesmo tem por objetivo, analisar o comportamento da fundação relacionada a rigidez de uma edificação em paredes de concreto armado moldadas *in loco*.

2. Metodologia

Para a execução deste trabalho, foi realizado um estudo de caso para o dimensionamento de fundação superficial (tipo *radier*) de uma edificação de cinco pavimentos em paredes de concreto armado, sendo que o dimensionamento foi realizado no software Eberick. As propriedades do solo foram determinadas através de estudos pilotos desenvolvidos no Laboratório de Solos do Curso de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Santo Ângelo.

2.1. Fundação Superficial em Radier

Campos (2015) [5] apresenta que “fundações rasas são estruturas que se situam logo abaixo da superestrutura (ou mesoestrutura) e se caracterizam pela transmissão da carga ao solo através de pressões distribuídas em sua base”.

Segundo Ref. [4], a fundação em *radier* é utilizada quando:

- Ocorrer uma aproximação entre as áreas das sapatas ou até mesmo quando se interpenetram (em consequência de elevadas cargas nos pilares e/ou de tensões de trabalho baixas);

- Deseja-se uniformizar os recalques (através de uma fundação associada).

A Fig. 1 apresenta a execução de uma fundação em *radier*.



Fig. 1. Fundação superficial em *radier*.

2.2. *Software Eberick*

O Eberick V8 da AltoQi é um software para projeto estrutural em concreto armado, englobando as etapas de lançamento e análise da estrutura, dimensionamento e detalhamento dos elementos, de acordo com a NBR 6118 (2007). Sendo que, a norma atual é a NBR 6118 (2014) [6], porém como o software é mais antigo está atualizado de acordo com a norma de 2007.

Possui um sistema gráfico de entrada de dados voltado à forma, facilitando o lançamento, associado à análise da estrutura em um modelo de pórtico espacial, e a diversos recursos de dimensionamento e detalhamento dos elementos, além de visualização tridimensional da estrutura modelada.

2.3. *Apresentação do Projeto da Edificação*

Foi realizado um estudo de caso para uma edificação na cidade de Santo Ângelo/RS. Trata-se de uma edificação residencial de 5 pavimentos, com 4 apartamentos tipo por andar, com 44,30 m². Cada apartamento é composto por 2 dormitórios, banheiro, sala, cozinha e lavanderia conjugada, com piso do tipo cerâmico. O hall principal e a escadaria do prédio também possuem piso cerâmico. A cobertura é composta com telhas do tipo fibrocimento. O pé direito é de 2,70 m e as paredes em concreto armado moldadas *in loco*, com espessura de 10 cm. A resistência característica à compressão do concreto (F_{ck}) que foi utilizado é de 25 MPa, foi empregado aço CA-60 que é recomendado pela norma ABNT NBR 16055 (2012) [7], sendo o mais utilizado em telas soldadas.

Em relação aos carregamentos inseridos na estrutura, seguiu-se o disposto na ABNT NBR 6120 (1980) [8]. O peso específico aparente do concreto armado foi adotado como sendo 25 kN/m³ para o cálculo do peso próprio da estrutura. A Fig. 2 apresenta a planta baixa do pavimento tipo da edificação.

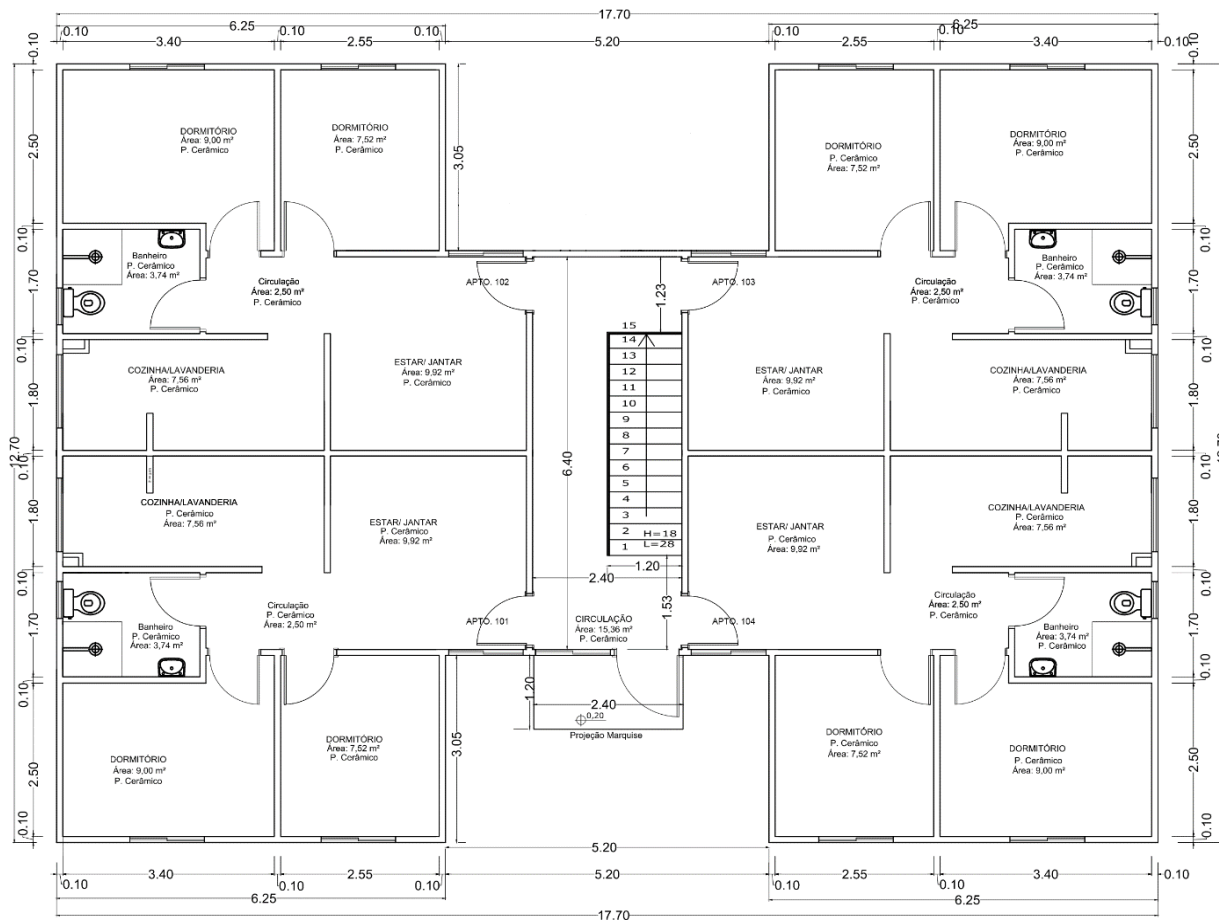


Fig. 2. Planta baixa do pavimento tipo.

3. Resultados e Discussões

3.1. Apresentação do Software

A Fig. 3 apresenta o pórtico espacial 3D da estrutura em concreto armado moldadas *in loco* com fundação em *radier*, onde é possível verificar a espessura da laje de fundação que, devido a punção ocasionada pelos pilares da estrutura de concreto armado, necessitou de 40 centímetros de altura para suportar os devidos esforços. Os esforços atuantes na estrutura apresentaram valores pequenos, devido a forma como foram distribuídos os elementos estruturais ou, ainda, devido ao fato de a edificação ser composta por pavimentos idênticos.

Como o objetivo geral do trabalho foi analisar a Interação Solo-Estrutura de uma edificação de 5 pavimentos em paredes de concreto armado, foram simuladas duas situações. Na primeira, foram lançados pilares com vigas-parede simulando a parede de concreto armado, para se ter uma aproximação da rigidez do sistema proposto. Nesta situação os pilares transferiram as cargas para o *radier* gerando esforços de punção no mesmo. Na segunda situação, para uma análise mais realista do *radier*, foi realizado o somatório do carregamento de todas as vigas dos 5 pavimentos e transferidas para o *radier* como cargas linearmente distribuídas, o que acontece na realidade, sendo que neste caso não ocorreram esforços de punção.

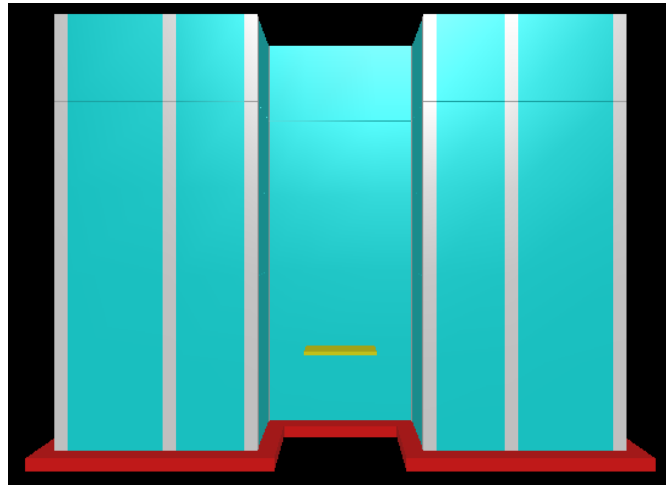


Fig. 3. Pórtico 3D da estrutura em concreto armado com *radier*.

As Figuras 4 e 5 apresentam os deslocamentos e esforços na grelha da laje. Pode-se observar que, apesar da punção ocasionada pelos pilares, o *radier* apresentou baixos valores de esforços e ainda, que os maiores deslocamentos ocorrem junto aos pilares, devido as cargas pontuais dos mesmos.

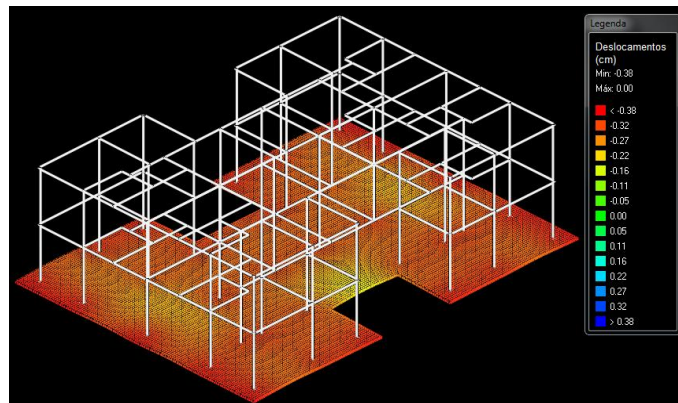


Fig. 4. Deslocamentos na grelha.

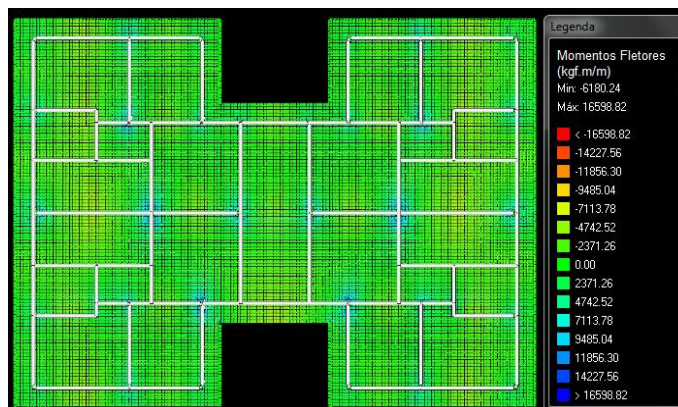


Fig. 5. Momentos fletores na grelha.

3.2. Recalque do Radier

Após o dimensionamento do *radier*, foram calculados os recalques admissíveis para uma profundidade de 4 metros, usando a Planilha de Recalque Admissível pelo Método de Schmertmann. Considerou-se o *radier* como uma sapata com dimensões equivalentes à sua área e uma carga total igual a soma das cargas de todos os pilares juntos a fundação. Apesar da grandeza da carga atuante na fundação, o *radier* distribuiu o carregamento por toda sua área, não apresentando recalques, conforme mostra a Fig. 6.

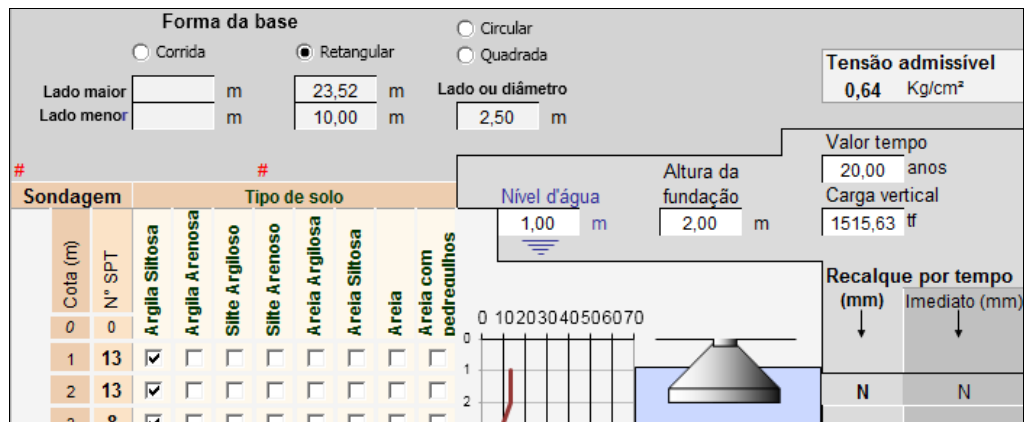


Figura 6. Recalques admissíveis no radier.

3.3. Dimensionamento do Radier com Cargas Distribuídas

Pode-se observar que, para o dimensionamento do *radier* com as cargas linearmente distribuídas, a grelha apresentou uma espessura menor, com isso, não obteve-se punção. Também, o *radier* apresentou valores baixos de esforços. A Fig. 7 apresenta as cargas linearmente distribuídas na laje do *radier*.

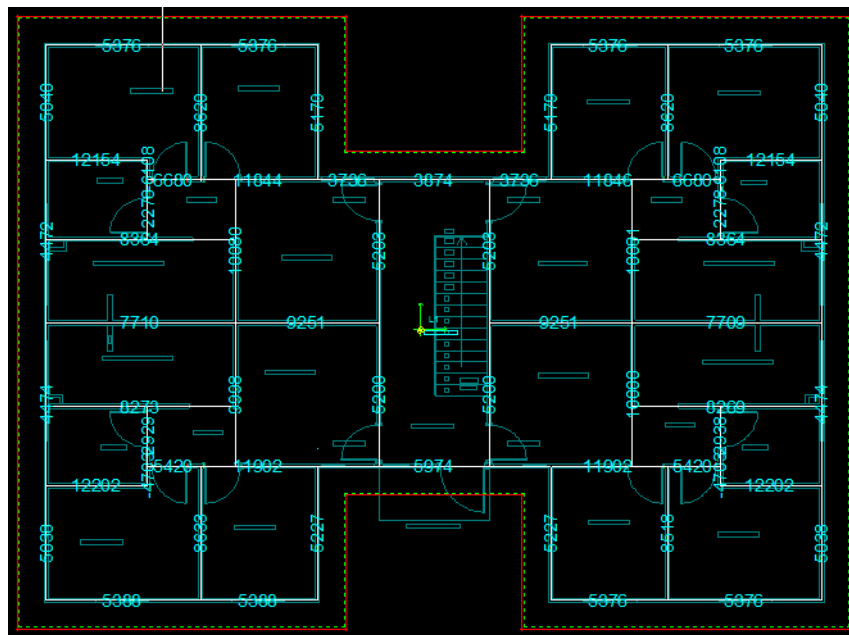


Fig. 7. Cargas distribuídas na laje do radier.

Conforme os carregamentos ilustrados na figura 7, verificou-se que os maiores esforços estão concentrados no núcleo de cada “bloco” fato este que ocorreu em função dos maiores carregamentos estarem neste trecho. Esse comportamento é similar para os deslocamentos e momentos fletores. As Figuras 8 e 9 apresentam os deslocamentos e esforços na grelha da laje.

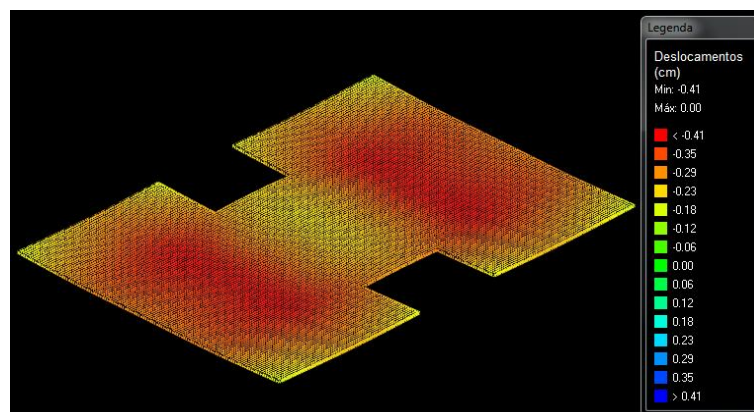


Fig. 8. Deslocamentos na grelha.

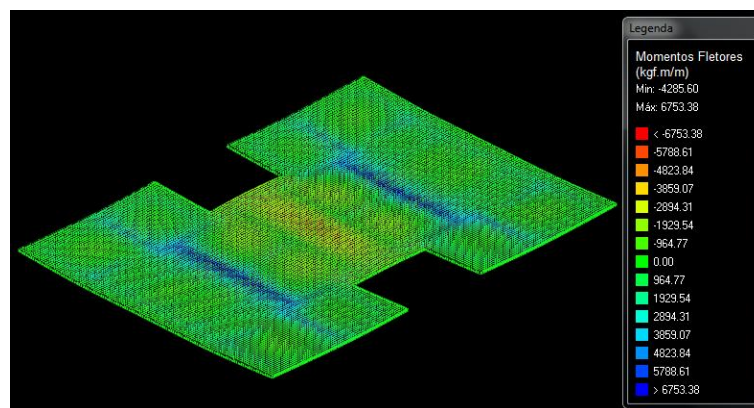


Fig. 9. Momentos fletores na grelha.

4. Conclusões

Após a realização deste trabalho, analisou-se o comportamento da fundação superficial em *radier*, em relação ao sistema construtivo da edificação em paredes de concreto armado. Sabe-se que, analisar o sistema construtivo compatível com o tipo de fundação é de extrema importância, pois, são as fundações que suportam e absorvem os esforços atuantes na estrutura.

Para o dimensionamento e recalque da fundação superficial em *radier*, a mesma não apresentou recalque em relação ao método de dimensionamento utilizado. Os esforços atuantes na estrutura apresentaram valores pequenos devido a forma como foram distribuídos os elementos estruturais ou, ainda, devido ao fato de a edificação ser composta por pavimentos idênticos.

Conclui-se, por fim, que o *radier*, quando dimensionado com as cargas linearmente distribuídas na laje, apresentou uma análise mais realista, como realmente se comporta na prática e com um menor consumo de armadura se comparado ao *radier* dimensionado com cargas pontuais. Por fim, pode-se afirmar que este tipo de fundação superficial, apresentou-se viável para as configurações impostas pelo presente caso.

Referências

- [1] R. H. M. BAPTISTA, "Análise do processo de execução de edificações compostas por paredes de concreto executadas "in loco"", Projeto integrado II. Guaratinguetá. 2011.
- [2] T. C. BRAGUIM, "Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local", Universidade de São Paulo. 227 páginas. 2013.
- [3] J. P. ANTONIAZZI, "Interação Solo–Estrutura de Edifícios com Fundações Superficiais", Dissertação (Mestrado em Engenharia), Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental Área de Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2011.
- [4] D. A. VELLOSO, F. R. LOPES, Fundações. Oficina de Textos. São Paulo. 2010.
- [5] J. C. CAMPOS, Elementos de Fundações em Concreto. Oficina de Textos. São Paulo. 2015.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: 2014.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: 2012.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: 1980.