



Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico. ISSN: 2446-6778
Nº 2, volume 3, artigo nº 18, Julho/Dezembro 2017
D.O.I: <http://dx.doi.org/10.20951/2446-6778/v3n2a18>

ANÁLISE COMPARATIVA DE FUNDAÇÃO TIPO SAPATA E BLOCO DE ESTACAS EM UM MESMO PROJETO DE UM TERMINAL RODOVIÁRIO PARA A CIDADE DE ITAPERUNA-RJ

Lima, André da Costa¹
Graduando em Engenharia Civil

Silva, Jordana Martins²
Graduanda em Engenharia Civil

Costa, Liézio Reston³
Graduando em Engenharia Civil

Tannus, Vivianne Rosestolato Daruich Pereira⁴
Mestre em Engenharia e Ciências do Materiais

Resumo: O presente artigo tem por objetivo apresentar uma análise comparativa da melhor viabilidade entre dois diferentes tipos de fundação, a partir de dois projetos estruturais representativos de um Terminal Rodoviário para a cidade de Itaperuna-RJ. Optou-se por fazer um estudo de dois projetos de um mesmo Terminal Rodoviário de dois pavimentos, com cobertura em concreto armado, comparando fundação rasa (sapata, mais usual na região) e fundação profunda (bloco e estacas), a fim de obter a melhor resposta para esse tipo de projeto. A análise foi feita a partir de dois projetos realizados com a ajuda do software Eberick. No primeiro projeto foram geradas sapatas rasas, porém nem todas foram originadas a partir do programa, pois de acordo com a alta carga, provocada pelo projeto, e através de seu dimensionamento as sapatas possuem grande extensão, ocasionando uma sobreposição entre si. A partir desse ponto houve a falta de algumas sapatas no projeto, pois devido ao peso não teria espaço suficiente para a construção de todas que necessitavam e sua localização seria muito próximas umas das outras. Para uma edificação a longo prazo esse cenário não é muito bom para o solo e para a estrutura da obra. Já no segundo projeto a fundação realizada foi profunda (através de blocos) e pode-se observar que todas passaram pelo programa com êxito (foram dimensionados e comprovados que a estrutura resiste à cagar), sem sobreposição de blocos e com resistência suficiente para suportar o projeto. Porém a fundação profunda exige materiais próprio para esse tipo de

¹ Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, andrecoatarec@hotmail.com

² Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, jordana_uff@hotmail.com

³ Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, liezio.reston@hotmail.com

⁴ Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, viviannetannus@hotmail.com

fundação e mão-de-obra especializada para a execução da mesma, aumentando assim o custo dessa parte do projeto.

Palavras-chave: Fundação; Sapata; Estaca.

Abstract: This article aims to present a comparative analysis of the best viability between two different types of Foundation, from two structural projects representing a bus stop for the city of Albuquerque-RJ. We decided to make a study of two projects of the same two-storey Bus Terminal, with cover in reinforced concrete, comparing shallow Foundation (shoe, more usual in the region) and deep Foundation (block and stakes), in order to get the best response to this type of project. The analysis was made from two projects carried out with the help of the Eberick software. In the first project have been generated but not shallow, shoes were all originated from the program, because according to the high load caused by the project, and through your own shoes sizing large expanse, causing an overlap with each other. From that point there was a lack of some shoes in the project, because due to the weight would not have enough space for the construction of all they needed and your location would be very close to each other. For a building in the long term this scenario is not very good for the soil and the structure of the work. In the second project the Foundation accomplished was profound (through blocks) and it can be observed that all went through the program with success (were scaled and the proven structure resists the shit), without overlapping blocks and with sufficient strength to support the project. But the deep Foundation requires materials suitable for this type of Foundation and labour for the execution of same, thus increasing the cost of this part of the project.

Keywords: Foundatin; Hot shoe; Stake.

INTRODUÇÃO

De acordo com MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID (2015) uma fundação se define como sendo a necessidade da transferência de cargas ao solo para que seja possível a construção de uma estrutura. Em sua forma prática, ela abrange diversas atividades que são executadas por profissionais com distintas formações e experiências. Sendo assim, vários fatores interferem em sua execução, resultando no êxito ou fracasso de uma fundação, tais como o surgimento de problemas no decorrer de sua execução.

Alguns fatores, segundo MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID (2015), influenciam negativamente na hora de construir uma fundação, como: profissionais não especializados responsáveis pela obra, a falta do acompanhamento total de todas as etapas de uma fundação, condições especiais que aparecem durante o processo de construção ou uso de materiais inapropriados, a falta de informação ao projetista de alguma ocorrência inesperada, falta de detalhamento ao executante ou informação preliminar ao início da obra, a degradação de elementos utilizados comprometendo o desempenho a longo prazo e a escolha certa da fundação a ser construída de acordo com a obra projetada.

1. Fundações

A Engenharia Civil é uma área da engenharia que se destina a construções, seja ela estrutural, hidráulica, estradas, dentre outras, a fim de acatar as necessidades do homem. Essas construções devem atender também aos aspectos de funcionalidade, estética e de durabilidade.

Segundo Aoki, Cintra e Menegotto (2002) quando se insere uma obra no meio físico esta passa a provocar reações de carga no solo, que também fica sujeito a sofrer cargas aleatórias como o vento, ondas, tremores, etc, ou mesmo a ação de cargas funcionais. Assim os autores denominam como carga toda força ou ação que age sobre a superfície (solo) sendo ela externa, ambiental ou funcional.

Os autores também conceituam estruturas como sendo o esqueleto sólido ou como a parte da edificação que recebe efetivamente todos os tipos de cargas atuantes. Para eles a estrutura se divide em dois tipos:

- Superestrutura: onde os elementos estruturais ficam localizados acima da superfície do terreno (vigas, pilares, paredes, escadas, lajes, etc);
- Subestrutura: onde as peças estruturais ficam em contato com o solo ou enterradas (sapatas, tubulões, blocos, estacas, etc).

O presente artigo tem por objetivo forçar seu estudo na subestrutura, destacando dois tipos de fundações: fundação rasa com sapata e fundação profunda com estacas.

De acordo com Azeredo (1988) o que transmite as cargas das estruturas ao terreno onde dela se apoia é a fundação. Partindo desse ponto de vista a escolha da fundação deve ser adequada de acordo com o tipo de construção a ser realizado para que ela tenha a resistência apropriada para tolerar as tensões originadas pelos esforços solicitantes. Além das fundações, o solo também necessita estar resistente e rígido o suficiente para suportar e não romper ou apresentar deformações exageradas.

Segundo Wolle (1993) é de extrema importância analisar as possibilidades de utilizar diferentes tipos de fundação em um projeto, levando em conta o grau de complexidade de execução e o menor custo. O autor enfatiza que fundações bem projetadas e bem executadas correspondem de 3 a 10% do custo total de um edifício, mas caso aconteça o contrário esse custo pode atingir de 5 a 10 vezes o custo total de um edificação ideal para o caso.

Abaixo segue um estudo mais específico de dois tipos de fundações, afim de demonstrar como uma escolha inadequada pode interferir em um projeto.

2. Fundação rasa com Sapata

Também conhecida como fundação superficial ou direta, transmite as cargas da edificação ao terreno por meio das pressões distribuídas na base da fundação. As fundações rasas são assentadas em uma profundidade de até duas vezes a sua menor dimensão em planta.

Joppert (2007), afirma que, desde que seja teoricamente viável, a fundação direta é uma possibilidade interessante, dado que para a sua execução, não se faz necessário o emprego de aparelhos de mão-de-obra especializada, bastando apenas uma equipe composta por serventes, carpinteiros e armadores. Tornando, a fundação direta um atrativo no que diz respeito ao aspecto econômico.

Entre os tipos de fundação rasa, estão as sapatas, que são elementos de fundação constituídos de concreto armado, geralmente com base em planta quadrada, retangular ou trapezoidal, com altura menor que o bloco, que fazem uso de armadura para resistir aos esforços de tração.

As sapatas são um tipo de fundação que possuem capacidade de carga baixa a média, com utilização indicada nos casos em que as sondagens de reconhecimento do solo apontarem a existência de argila rija, entre outros.

Aspectos construtivos

Para execução das sapatas rasas, devem ser tomados alguns cuidados, dentre eles, destacamos: (VELLOSO & LOPES, 2004).

- 1) O fundo escavado deverá ser nivelado e seco. Depois de pronto, o fundo deve receber uma camada de concreto magro com espessura mínima de 5 cm.
- 2) Se a escavação atingir algum lençol d'água, o fluxo para a parte interna da cava deverá ser controlado. O controle é ser realizado pelo sistema de rebaixamento do lençol d'água ou então, por um sistema com drenagem a céu aberto, nas situações onde o solo tenha baixa permeabilidade.



Figura 1: Construção de sapata rasa.
Fonte: Escola Engenharia, *online*.

Métodos para a determinação da capacidade de carga de fundações superficiais

De acordo com a NBR 6122/1996, a capacidade de carga das fundações rasas pode ser definida por um dos seguintes critérios:

- 1) Pelo método teórico: depois de conhecidas as características de compressão, resistência ao cisalhamento do solo e outros dados necessários, poderá ser determinada a tensão admissível através da teoria estudada pela Mecânica dos Solos. É realizado o cálculo da capacidade de carga à ruptura; em posse desse valor, a pressão admissível é calculada por meio da introdução de um coeficiente de segurança idêntico ao indicado pelo autor da teoria. É necessário que o coeficiente de segurança seja compatível com o grau de conhecimento das características do solo e não deve ser menor que 3. Após, é realizada a verificação de recalques para essa tensão, que, estando em valores aceitáveis, será confirmada como admissível.
- 2) Através da prova de carga sobre placa: o ensaio deve ser executado conforme a NBR 6489, que reproduz em campo a reação da fundação perante as ações impostas pelas cargas da estrutura.
- 3) Pelo método semi-empírico: é considerado método semi-empírico aquele onde as propriedades dos materiais serão determinados baseando-se em correlações e são

utilizadas em teorias de Mecânica dos Solos, ajustadas para incorporar a natureza semi-empírica do método. Quando for optado por este método, deverão ser apresentadas justificativas, informando a origem das correlações.

- 4) Pelo método empírico: é considerado método empírico aquele onde se obtém uma tensão admissível com fundamento na descrição do terreno. Este métodos encontram-se geralmente na forma de tabelas de tensões básicas.

3. Fundação profunda com Estacas

Os blocos de fundação tem como função receber todas as cargas vindas dos pilares e transmiti-las diretamente ao solo, através de tubulões ou estacas (BASTOS, 2006).

O dimensionamento desse bloco, na maioria das vezes, é parecido com o dimensionamento de sapata, porém, o que os diferenciam é que o bloco de fundação tem cargas centradas devido à reação das estacas (ALVA, 2001).

Segundo Bastos (2006), estacas são um elemento construtivo que tem como função transmitir todas as cargas para o solo. Isso pode se dar por atrito lateral, pois estacas apresentam uma altura considerável para esse tipo de atrito, ou por apoio de ponta, que se encontra na parte mais profunda.

Bastos (2006) também afirma que, o bloco de fundação não tem limite de estacas, dependendo apenas de qual será a finalidade desse bloco e a quais cargas tende a resistir, sendo então critério de escolha o tipo e a quantidade de estacas.

Alva (2001) diz que as dimensões de um bloco de fundação dependem da quantia de estacas que nele devem conter. Essa quantia é obtida através de cálculos de dimensionamento que resulta na quantidade de estacas necessárias. A geometria do bloco também depende da quantidade de estacas e da área no solo disponível para loca-los. Em geral, adota-se o menor espaçamento possível entre elas. Para estacas pré-moldadas adota-se o espaçamento de 2,5 vezes o seu diâmetro e para estacas moldadas “in loco” adota-se o espaçamento de 3 vezes o seu diâmetro. Em todos os dois casos, esse valor nunca pode ser menor que 60 cm e ainda deve-se obedecer uma distância livre mínima entre as faces das estacas e as extremidades do bloco. A figura 2 demonstra um modelo de um bloco de fundação.

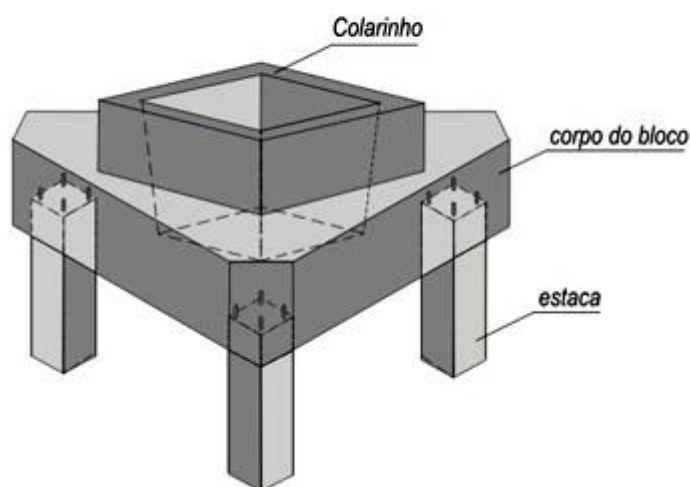


Figura 2: Bloco de Fundação.
Fonte: Alva, 2001.

Estacas tipo hélice contínua

As estacas de concreto armado tem sua execução iniciada pela perfuração do solo, no qual é usada uma hélice, que por aplicação de torque vence todas as resistências do solo e perfura as dimensões desejadas em projeto. Em seguida é retirada a hélice e imediatamente é injetado o concreto de um tubo, ocupando todo o espaço livre na fundação. Posteriormente a concretagem, é colocado as armaduras já armadas em formato de gaiolas, que com auxílio da gravidade e de vibradores são inseridas na fundação. Esse método é de rápida execução, aplicável em diferentes tipos de solo e produzir pouca vibração. O terreno escolhido é amplo, e de fácil trabalhabilidade, portanto esse método foi escolhido pois os equipamentos são de tamanhos consideráveis que demandam uma grande área de movimentação e plana (BASTOS, 2006).

4. Materiais e Métodos

Para desenvolvimento desse artigo utilizou-se como base um projeto estrutural em concreto armado de um Terminal Rodoviário para a cidade de Itaperuna, foi feito a partir do projeto de engenharia civil do mesmo. O projeto contou com 8.116,70 m² de área construída, dividida em dois pavimentos e contendo 120 m de testada. A partir desses dados é possível obter uma melhor ideia para a escolha do tipo de fundação.

Como base de resultados para esse artigo foram realizados dois projetos estruturais,

com o auxílio do software Eberick. A nível de resultado serão considerados apenas o comparativo dos dois projetos, entendendo que o solo para ambos são é o mesmo, utilizando todos os dados referentes a resistências já lançados no Eberick.

O ponto de partida desse estudo deu-se após o lançamento de todos os elementos estruturais da edificação, pois, é a partir de todos esses elementos lançados que o programa consegue dimensionar tais estruturas e obter o resultante das cargas a serem passadas às fundações, ainda não escolhidas.

Após todo esse lançamento, foi escolhido o primeiro tipo de fundação que seria utilizada: sapatas. O primeiro lançamento realizado para a fundação foi do tipo rasa (sapata).

O software foi programado para calcular toda a estrutura como uma só estrutura e obtivemos o resultado conforme podemos observar na figura 3.

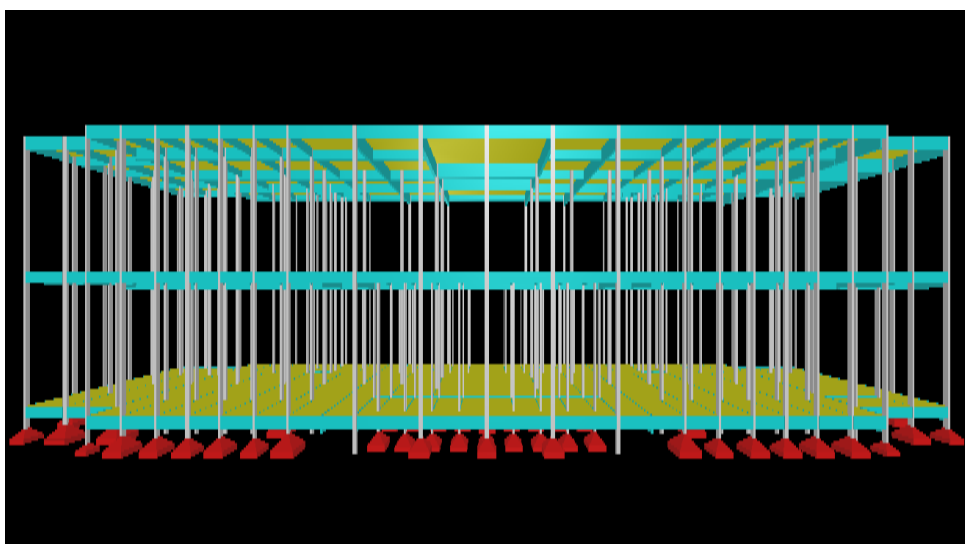


Figura 3: Estrutural de Sapatas extraída do software Eberick.
Fonte: Arquivo dos autores.

Após esse dimensionamento percebeu-se que muitas sapatas ficaram bem próximas umas das outras e que muitas não puderam ser calculadas por causa dessa proximidade pois iam se sobrepor. Podemos notar esse resultado na figura 4 abaixo:

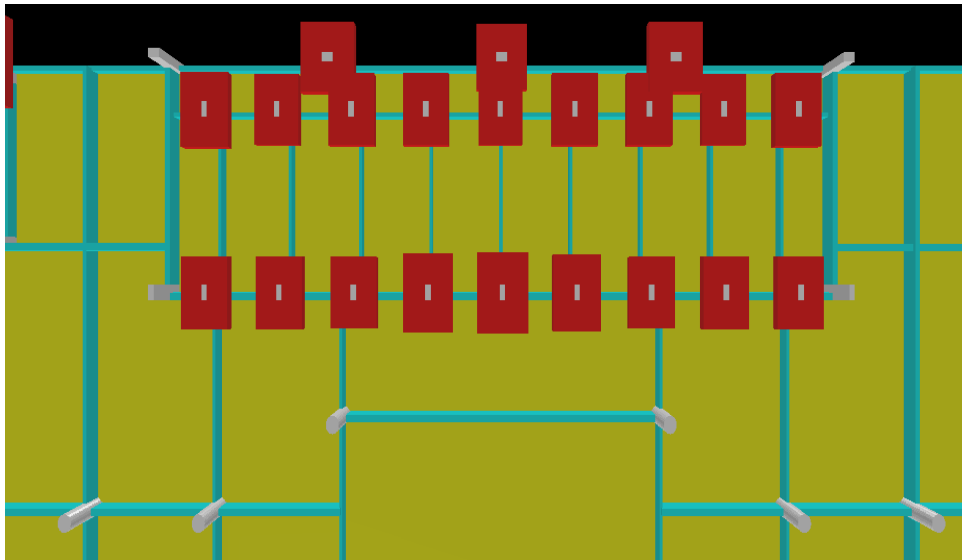


Figura 4: Estrutural de Sapatas extraída do software Eberick.
Fonte: Arquivo dos autores.

A partir desse resultado buscou-se o motivo pelo qual esses erros apareceram e observou-se que a carga que era transferida para cada fundação era muito alta e que alguns pilares foram locados muito próximos uns aos outros, sem a possibilidade de serem realocados devido ao porte do projeto que não possibilitava essa mudança.

Haviam outras alternativas pensadas para solucionar tal empecilho, porém tornariam o projeto descontinuo e inseguro. Dessa forma, comparou-se o comportamento de dois tipos de fundação: a rasa (por meio de sapatas) e a profunda (por meio de estacas).

Na fundação rasa a transmissão de cargas ao solo se dá por contato de superfície (sapata- solo), sendo que o valor da carga a ser resistida é muito elevado. Isso faz com que essa superfície seja cada vez maior para que possa resistir todo o peso da estrutura. Devido a proximidade dos pilares, o espaçamento entre as sapatas eram mínimos, fazendo com que o solo não se comportasse da maneira desejada, tornando inviável esse tipo de fundação para o projeto em questão.

Já na fundação profunda, sua transmissão de carga ao solo se dá por meio de resistência de fuste, que nada mais é que a resistência lateral das estacas com o solo, isso se dá verticalmente, e também por resistência de ponta, onde já se encontra um solo em profundidade muito elevada e com uma resistência muito superior que o solo da superfície. Devido a essas observações, percebeu-se que esse tipo de fundação nos permitiria trabalhar melhor na situação desejada, tornando o projeto seguro e viável.

Em seguida foi iniciado o lançamento dos blocos de fundação com estacas em um segundo projeto no software Eberick. As sapatas rasas foram trocadas por blocos de estacas, afim de verificar e confirmar se o resultado esperado foi atingido. A reação do segundo projeto atendeu as expectativas propostas, conforme podemos observar nas

figuras 5 e 6 abaixo:

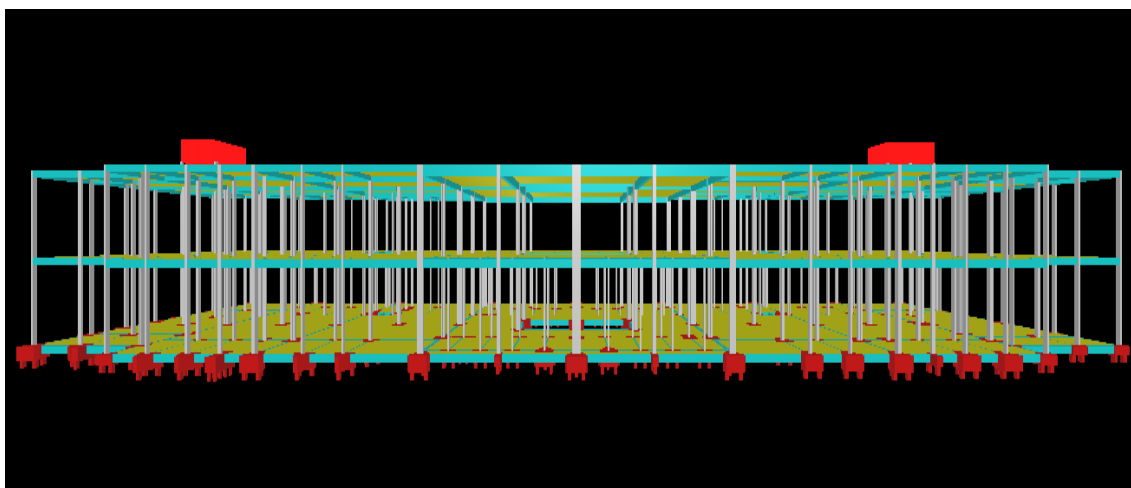


Figura 5: Estrutural com Estacas extraída do software Eberick.

Fonte: Arquivo dos autores.

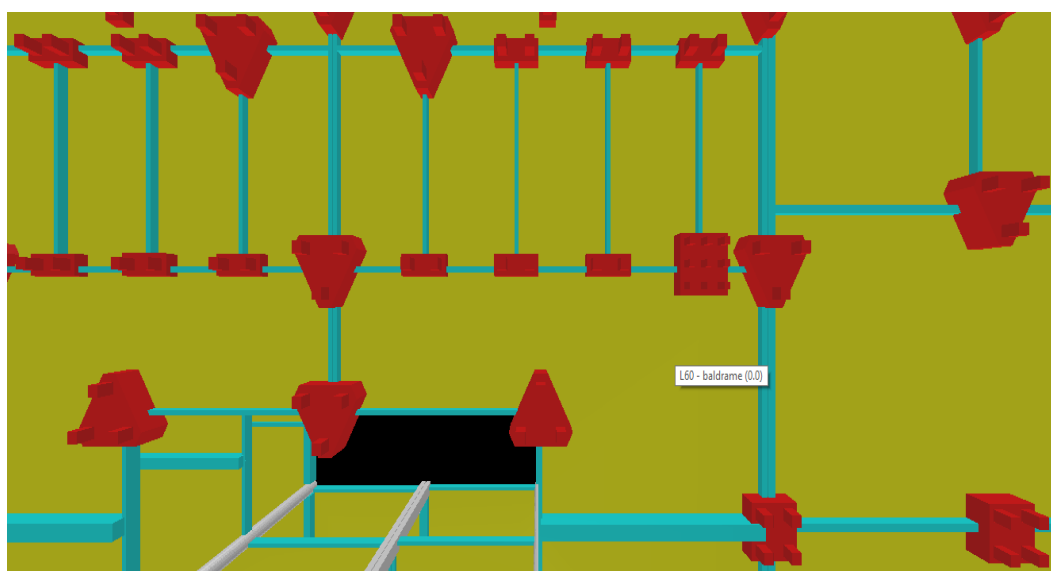


Figura 6: Estrutural com Estacas extraída do software Eberick.

Fonte: Arquivo dos autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, após todo o processo de dimensionamento das estruturas da edificação, concluiu-se que todos os blocos com estacas foram gerados e aceitos pelo software. Mesmo com alguns pilares ficando bem próximos não houveram problemas para serem gerados.

A escolha então foi feita de acordo com os resultados apresentados nos dois testes e optou-se pela utilização do bloco com estacas.

REFERÊNCIAS

ALVA, G. M. S.. **Projeto estrutural de blocos sobre estaca**. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia/ Departamento de Estruturas e Construção Civil, 2001. 23p. Apostila.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O Edifício Até sua Cobertura**. São Paulo. Ed. Edgar Blucher Ltda., 1977.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos de Concreto Armado**. UNESP: Apostila de Concreto Armado I. Baurú- SP, 2006.

CINTRA, José Carlos A.; AOKI, Nelson. **Fundações por estacas: projeto geotécnico**. Oficina de Textos, 2011.

ESCOLA ENGENHARIA. **Sapata de Fundação**. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/sapatas-de-fundacao/>> Acesso em: nov. 2017.
MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. Oficina de Textos, 2015.

Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica - SETEC. **Fundação**. Disponível em: <http://redefederal.mec.gov.br/images/pdf/setec_orientacoes_sobre_escolha_de_fundacoes.pdf> Acesso em: nov. 2017.

SOUZA, F. **Análise comparativa entre fundação rasa e estaca raiz para um mesmo perfil geotécnico**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC. Santa Catarina. 133p.

WOLLE, C.M.; SILVA, L.C.R., **Capítulo 11 – Taludes. Solo da Cidade de São Paulo**. São Paulo: ABMS/ABEF, 1993

Sobre os Autores

André da Costa Lima: Aluno graduando do curso de Engenharia Civil da IES Centro Universitário Redentor. Atua na área de Engenharia Civil. E-mail: andrecostarec@hotmail.com.

Jordana Martins Silva: Aluno graduando do curso de Engenharia Civil da IES Centro Universitário Redentor. Atua na área de Engenharia Civil. E-mail: jordana_uff@hotmail.com.

Liézio Reston Costa: Aluno graduando do curso de Engenharia Civil da IES Centro Universitário Redentor. Atua na área de Engenharia Civil. E-mail: liezio.reston@hotmail.com.

Vivianne Rosestolato Daruich Pereira Tannus: Professor do curso de Engenharia Civil da IES Centro Universitário Redentor. Mestre em Engenharia e Ciências do Materiais. E-mail: viviannetannus@hotmail.com.