

EDIFÍCIO DE ESTRUTURA TRIANGULAR EM CONCRETO ARMADO: UM ESTUDO DE CASO COM A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE EBERICK

*TRIANGULAR STRUCTURE BUILDING IN ARMED CONCRETE:
A CASE STUDY USING THE EBERICK SOFTWARE*

Julio Cesar Bonotto¹
Gilsinei da Silva²

Recebido em: 10 jun. 2020

Aceito em: 12 jul. 2020

RESUMO

Este artigo tem como intuito divulgar informações a respeito de estudos realizados em trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, campus Caçador, região meio oeste do estado de Santa Catarina. A partir do pressuposto de edifício com estruturas assimétricas em concreto armado, o estudo de caso foi realizado em área pertencente a zona central do município de Rio das Antas no estado de Santa Catarina, vislumbrando-se o melhor aproveitamento do espaço à ser construído, de acordo com o plano diretor municipal. Popondo-se uma edificação com quatro pavimentos em forma triangular, de características de uso mista, onde a grandiosidade dos esforços que a estrutura apresentou, exigiu cálculos mais complexos. Para tanto, utilizou-se o software Eberick (2015), afim de realizar cálculos e análises pertinentes aos esforços atuantes na estrutura para o dimensionamento de lajes, vigas, pilares, utilizando-se as indicações, conceitos e fórmulas segundo normas técnicas. Deste modo, frente os desafios encontrados durante o processo da concepção estrutural do projeto, obteve-se uma estrutura segura e esteticamente adequada.

Palavras-chave: Dimensionamento de estrutura triangular, concreto armado, segurança, Eberick.

ABSTRACT

This article aims to disseminate information about studies carried out in the course of Civil Engineering course completion at the Alto Vale University of Rio do Peixe, campus Caçador, midwest region of the state of Santa Catarina. Based on the assumption of a building with asymmetric reinforced concrete structures, the case study was carried out in an area belonging to the central area of the municipality of Rio das Antas in the state of Santa Catarina, with a view to making the best use of the space to be built, according to the municipal master plan. Populating a building with four floors in a triangular shape, of mixed use characteristics, where

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP).email: jul.c.b@hotmail.com

² Professor Orientador. Graduado em Engenharia Civil ,pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Pós Graduado em Administração, Gestão Pública e Políticas Sociais, pela Faculdade Dom Bosco, FDB, Brasil e docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.email: gilsinei.s@gmail.com

the greatness of the efforts that the structure presented, required more complex calculations. For this, the Eberick software (2015) was used, in order to perform calculations and analyzes relevant to the efforts acting on the structure for the design of slabs, beams, columns, using the indications, concepts and formulas according to technical standards. Thus, in view of the challenges encountered during the process of structural design of the project, a safe and aesthetically adequate structure was obtained.

Keywords: Design of triangular structure, reinforced concrete, security, Eberick.

INTRODUÇÃO

O objetivo geral do trabalho de conclusão de curso, apresentado neste artigo, fundamenta-se no dimensionamento de estrutura triangular de uma residência multifamiliar e comercial em concreto armado, utilizando o software de cálculo estrutural Eberick (2015) da empresa AltoQI. Destaca-se que, o projeto em estudo terá início no trabalho acadêmico de conclusão de curso, onde pretende-se futuramente desenvolver a continuidade prática, onde será executado na cidade de Rio das Antas, região meio -oeste do Estado de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODO

Projeto Arquitetônico

Destaca-se que, através do software AutoCad (2019), realizou-se a concepção do projeto arquitetônico.

O arquitetônico do edifício conta com 4 pavimentos e o subsolo, sendo um térreo, com área comercial, 3 pavimentos tipo e um pavimento de cobertura, onde prevê-se um telhado verde. Com área construída de 2755.4 m², tendo 4 apartamentos por pavimento com em média de 90m² cada, visando o melhor conforto para aqueles que irão utilizar.

Projeto Estrutural

Já para a elaboração do dimensionamento do projeto estrutural, utilizou-se o software Eberick, v.09 (2015) do laboratório de Análise Estrutural da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP).

Estimativa Preliminar da Estrutura

O projeto estrutural deve ser feito a partir de informações do projeto arquitetônico (BOTELHO, 2015). Sendo assim, pode-se estimar a posição dos pilares, vigas, lajes, e escadas, tendo uma direção para começar os cálculos.

Este projeto estrutural utilizará como base o projeto arquitetônico. Utilizando-se como orientação a ABNT, NBR 6120 (2019), que define as cargas para o cálculo de edificações, onde estabelece as ações mínimas a serem consideradas no projeto de estruturas de edificações, qualquer que seja sua classe e destino.

Carvalho e Figueiredo Filho (2013), “denomina-se ação qualquer influência, ou o conjunto de influências, capaz de produzir estados de tensão ou de deformação em uma estrutura”.

Concreto Armado

O concreto composto por água, cimento e agregados, que pode ter várias combinações e traços. Como o cimento é um material caro, é colocado agregado de maior dimensão para reduzir o custo, de forma que não venha a comprometer a resistência e estabilidade do concreto. Sendo o cimento muito resistente a compressão, porém não resistente a tração, assim é imperativo a utilização de aço longitudinalmente na região tracionada. Portanto, concreto e aço devem trabalhar juntos, de maneira que ambos tenham aderência (CARVALHO, 2015).

Para este trabalho buscou-se fundamentar os aspectos técnicos pertinentes a dimensionamento de estruturas em concreto armado a fim de proceder os estudos necessários para o lançamento. Dentre eles, destacam-se no projeto proposto:

- Qualidade e durabilidade da estrutura segundo a NBR 6118(2014)
- Cobrimento Mínimo
- Detalhamento das Armaduras
- Massa específica do concreto
- Coeficiente de dilatação
- Resistência do concreto a compressão
- Resistência do concreto a tração

- Módulo de Elasticidade
- Diagrama de Tensão-Deformação a Compressão
- Aço de Armadura
- Segurança e estado limite
- Ações

A natureza deste trabalho, explicita uma pesquisa aplicada, onde objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos.

O trabalho proposto, com enfoque ao dimensionamento de projeto de edifício parte de uma área de estudo pré-definida, no contexto do perímetro urbano do município de Rio das Antas/SC, caracterizando-a como uma pesquisa descritiva com estudo de caso. Neste sentido, Gil (2008) explicita que o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um objetivo ou alguns objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

Assim como, propõe quantificar as estruturas dimensionadas em concreto armado de um edifício de estrutura triangular, o que confere uma pesquisa quantitativa.

Esclarece Fonseca (2002, p. 20) que os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. Destaca-senque a pesquisa quantitativa se centra na objetividade. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, entre outros.

Localização da área de estudo

A localização proposta para a realização do estudo do dimensionamento do edifício, encontra-se na Rua do Recanto, zona central do município de Rio das Antas, onde segundo Plano Diretor municipal pertence a zona ZMC (Zona Mista Central), lei complementar Nº 140 (Rio das Antas, 2018). O projeto desenvolvido será implantado em um terreno de superfície ascendente em relação a sua testada principal, com uma área de 587,551 m², com uma testada de 25 m e profundidade de 32,18 m. Encontra-se aproximadamente entre as coordenadas 26°54'16.5"S e 51°04'41.0"W. Observa-se nas áreas perimetrais ao lote, reflorestamento de

pinus, rua pavimentada, com acesso a iluminação pública e recolhimento de lixo, conforme Figura 01.

Figura 01: Localização da Área

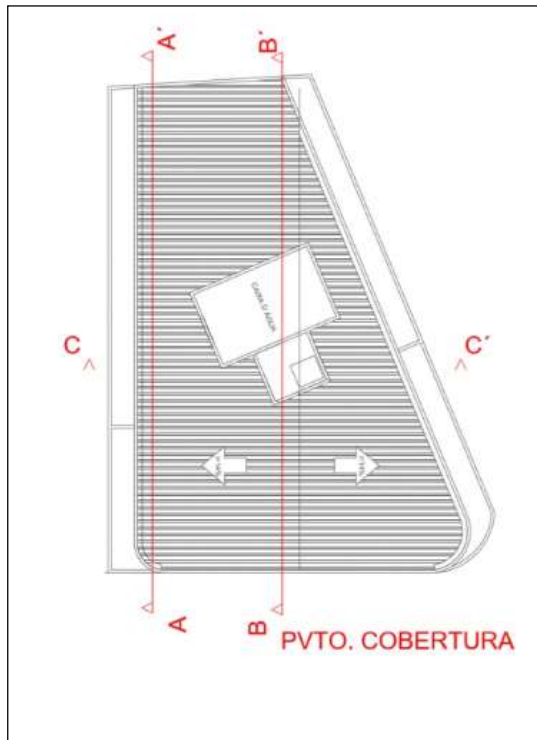


Fonte: Google(2018)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando-se o processo construtivo estrutural dos pórticos para que o software pudesse calcular, surgiram dificuldades, por ser um edifício com formatos assimétricos, conforme pode-se observar pela planta de cobertura na Figura 02, onde a partir do olhar de um futuro engenheiro, prevendo-se as possíveis reações; mesmo assim obteve-se diversas situações especiais e erros no programa, tendo que os corrigir um a um. O que vem corroborar com Figueiredo (1989) *apud* CICOLIN (2007), observando a geometria dos pavimentos em planta, ser de suma importância para as análises da distribuição dos elementos estruturais e suas reações. Destacando que em seus estudos explorou de forma exaustiva o desempenho estrutural das ações das forças verticais.

Figura 02: Planta de Cobertura



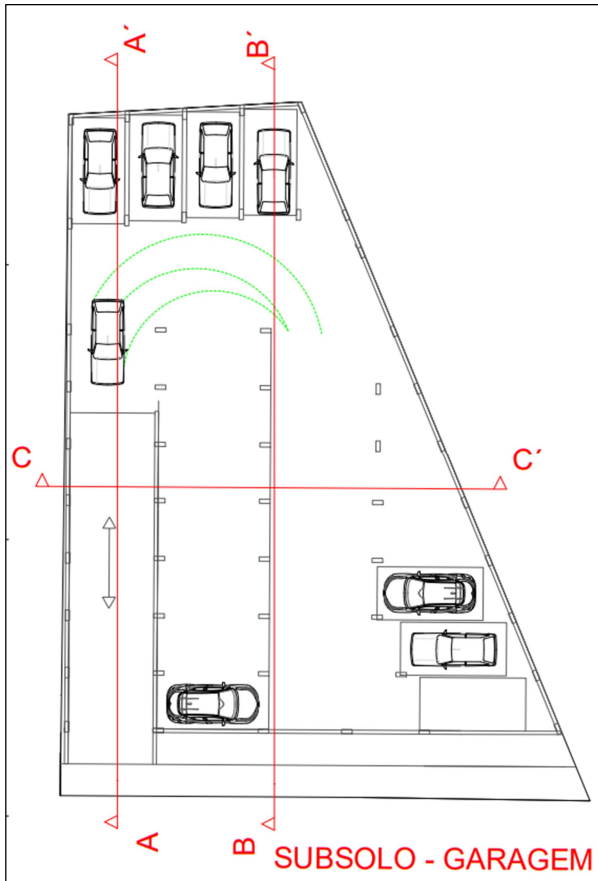
Fonte: O autor

Primeiramente foram lançados os pilares, onde estipulou-se pilares de 40x15 cm, projetando-os em locais importantes em que as cargas poderiam concentrar-se, buscando-se vigas com vãos mais extensos, reduzindo assim a carga e, prevendo vigas com seções elevadas, desde que o projeto arquitetônico permitisse.

Destaca-se que somente um posicionamento de pilar foi mudado de posição, devido ao espaço da vaga de uma garagem ter sido muito reduzida, e como já possuía um pilar, foi copiado para o pavimento inferior, retirando-se o pilar previsto pelo arquitetônico.

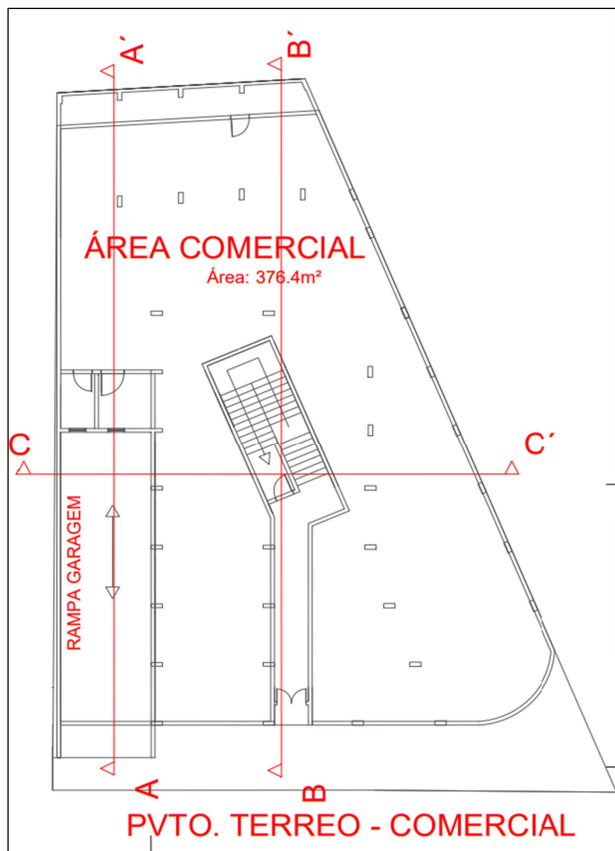
Teve-se que incluir os elementos estruturais de pavimento por pavimento, em razão da estrutura assimétrica e as variações existentes das cargas conforme a mudança de pavimento, bem como as expressivas variações no projeto arquitetônico dos pavimentos Garagem /Área comercial (Figura 3 e 4) e 1º pavimento (Figura 5); desaparecendo o desenho gráfico já ajustado e posicionado de acordo a origem linear do prédio, conforme Figura 06:

Figura 3: Planta pavimento subsolo garagem



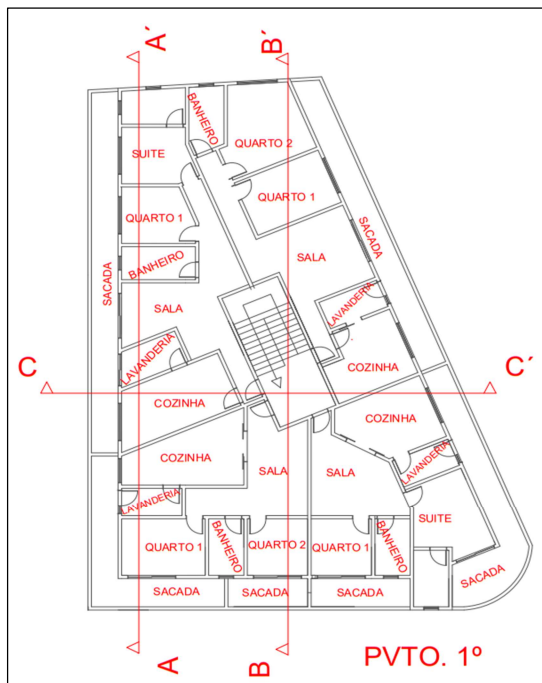
Fonte: O autor

Figura 4: Planta pavimento comercial



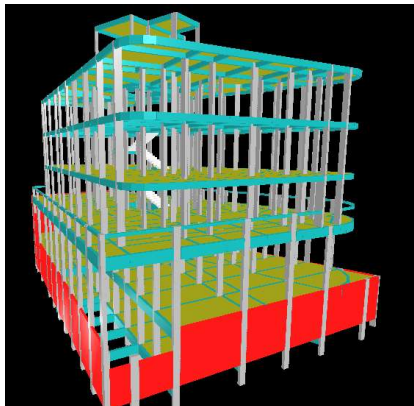
Fonte: O autor

Figura 5: Planta do primeiro pavimento residencial



Fonte: O autor

Figura 6: Pórtico 3D da estrutura



Fonte: O autor

A análise estrutural dos elementos de uma estrutura a partir de um plano tridimensional, pode-se dar através de um modelo de pórtico espacial. Destacando-se por sua principal característica, tal seja, o de possibilitar a visualização concomitante de todos os elementos estruturais como lajes, vigas e pilares.

Kimura (2007), menciona que através do pórtico, a análise é mais realista, admitindo simultaneamente a influência das ações horizontais e verticais em todos os elementos estruturais modelados. Ressaltando que, quando se dispõem do auxílio de uma ferramenta computacional para a análise, o modelo de pórtico espacial pode ser bastante empregado pelos projetistas, pois avalia o comportamento da edificação em todas as direções e sentidos.

O que confere com o software utilizado neste trabalho, software Eberick (2015).

Já Fontes (2005), aponta que o modelo de pórtico espacial pode ser empregado também em edifícios com assimetria, pois a análise neste modelo já leva em consideração a interação entre todos os elementos da estrutura devido a existência seis graus de liberdade em cada nó do pórtico, expressando resultados de esforços normais, esforços cortantes, momentos fletores e momentos de torção.

Corroborando com Fontes (2005), ao observar a principal razões de se ter o pórtico como aliado as análises pertinentes deste trabalho, ou seja, a assimetria das estruturas da edificação em estudo.

Após o lançamentos das estruturas primarias(pilares, vigas, e lajes), inicio-se a concepção da rampa de acesso ao subsolo, que consiste em uma laje apoiada em duas vigas, que sobem diagonalmente, das vigas baldrame do subsolo e aproximam-se das vigas do pavimento comercial. Porém, ocorreu erro no software ao simular o pórtico 3D, constatando-se que o mesmo não aceitaria que a viga da rampa passasse por dentro da estrutura dos muros.

Sendo assim, fez-se necessário retirar os elementos da rampa e atribuir seu peso ao muro de contenção e as vigas longitudinais localizadas ao lado da rampa, onde estas transferem os esforços aos pilares. Realizando-se um artifício, para que o software calculasse a maior quantidade de elementos. Posteriormente verificou-se que seria necessário o calculo do elemento rampa, de uma forma isolada, visando os reais esforços nas vigas, e elaborando as pranchas da rampa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresenta um exemplo de vivência prática que um engenheiro projetista estrutural enfrenta durante sua carreira, atendendo prazos e grandes desafios para superar, como o caso de prédio em formato triangular, que por suas peculiaridades, necessitou de muitos elementos estruturais para serem calculados.

Os estudos apresentados a partir de um trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Civil, partindo do pressuposto de edifício com estruturas assimétricas em concreto armado, vem contribuir para fundamentar e/ou direcionar projetos, bem como trabalhos acadêmicos que estejam em desenvolvimento.

Como a proposta de calcular os elementos estruturais em concreto armado utilizando-se o Software Eberick (2015), pode-se concluir que foi possível, atendendo as necessidades do projeto de estrutura triangular, onde todos os elementos estruturais foram dimensionados com o uso do software. Observando-se a necessidade de lançar mão de alguns artifícios, como no caso das rampas citadas anteriormente.

Com o auxilio do software Eberick (2015), foi possível com rapidez e precisão, o recolhimento dos resultados dos mesmos, que posteriormente foram analisados e refeitos para atingir a melhor distribuição e simulação dos esforços, vislumbrando-os e reconfigurando.

A partir do projeto arquitetônico, conseguiu-se lançar as cargas acidentais e posteriormente, após o cálculo da estrutura, onde o programa considera todas as cargas permanentes decorrentes do peso próprio, obteve-se então, todos os esforços e carregamentos a que o edifício em serviço estará exposto.

Através dos esforços solicitantes, conseguiu-se analisar todas as deformações e consequentemente dimensionar a estrutura para se comportar de maneira adequada e segura.

A última etapa, refere-se a apresentação dos resultados, com o detalhamento dos elementos estruturais executados também no próprio Eberick (2015) e posteriormente exportado para o AutoCad (2019), para a elaboração das pranchas com selo, preparados para plotagem.

Destaca-se que as fundações não foram dimensionadas, pois os dados provenientes de sondagem para a obtenção das características do solo, necessárias para a efetivação dos cálculos, não estava previsto na proposta do trabalho.

Para tanto conclui-se que, a partir deste trabalho conseguiu-se realizar o cálculo, com um olhar acadêmico de aprendizado, buscando-se sempre referências e conceitos na literatura e nas Normas técnicas brasileiras, principalmente a NBR 6118 (2014) bem como a 6120 (2019), para obter o dimensionamento mais adequado frente as características eminentes da edificação, o que veio contribuir na complementação da formação acadêmica desenvolvida em sala de aula.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Estruturas em concreto armado** - Especificações. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações**, 2019.

BOTELHO, Eng. Civil Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

CARVALHO, Roberto Chust; Figueiredo Filho, Jasson Rodrigues. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**, Segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2015.

CICOLIN, Luiz Antônio Betin. **Estabilidade em Edifícios de Concreto Armado com Pavimentos em Lages Planas**. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4622/1616.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: abr. 2020.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FONTES, Fernando Fernandes. **Análise estrutural de elementos lineares segundo a NBR 6118:2003**. 2005. 120fls. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2005. Disponível em: http://www.set.eesc.usp.br/static/media/producao/2005ME_FernandoFernandesFontes.pdf. Acesso em: set. 2020.

FRANÇA JUNIOR, Davidson de Oliveira. **Análise estrutural de um edifício em concreto armado com quatro pavimentos: estudo de caso para diferentes modelos estruturais**. 2015, 121 pág. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2015. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5583/1/PB_COECI_2015_1_11.pdf. Acesso em: set. 2020.

GL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KIMURA, Alio. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado: cálculos de edifícios com o uso de sistemas computacionais**. 1 o Ed. São Paulo: Editora PINI LTDA, 2007.

RIO DAS ANTAS. Lei n.140, de 26 de outubro de 2018. **Dispõem da ocupação do solo urbano da sede do município de Rio das Antas**. Disponível em: <https://www.riodasantas.sc.gov.br/legislacao/index/detalhes/codMapaItem/45711/codNorma/389591>. Acesso em: nov. 2018.

SOFTWARE AUTOCAD, 2019.

SOFTWARE EBERICK, Versão 09. 2015.