



**FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE FERNANDÓPOLIS  
FACULDADES INTEGRADAS DE FERNANDÓPOLIS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**PROJETO ESTRUTURAL DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR  
COM DOIS PAVIMENTOS UTILIZANDO SOFTWARE TQS**

**FERNANDÓPOLIS – SP  
2021**

**ANELIO PINHEIRO  
BRUNO GABRIEL GOMES JUNQUEIRA  
WILLIAM MACEDO FAQUINETI**

**PROJETO ESTRUTURAL DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR  
COM DOIS PAVIMENTOS UTILIZANDO SOFTWARE TQS**

Trabalho de conclusão apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Fernandópolis – FIFE.

Orientador: Prof. Me. Edson Fábio Paviani.

# **PROJETO ESTRUTURAL DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR COM DOIS PAVIMENTOS UTILIZANDO SOFTWARE TQS**

Anelio Pinheiro de Souza<sup>1</sup>  
Bruno Gabriel Gomes Junqueira<sup>1</sup>  
William Macedo Faquineti<sup>1</sup>  
Edson Fábio Paviani<sup>2</sup>

SOUZA, A. P; JUNQUEIRA, B. G. G; FAQUINETI, W. M; PAVIANI, E. F. Projeto estrutural de residência unifamiliar com dois pavimentos utilizando software TQS. Fernandópolis, 2021.

**RESUMO:** O dimensionamento estrutural possui várias etapas e demanda muito tempo, em razão disso, o presente trabalho buscou melhorar a produtividade do engenheiro por meio da utilização de software para as análises estruturais. Assim, obteve-se um ótimo resultado no que se refere ao tempo gasto para a finalização do projeto, análise e dimensionamento da estrutura de forma global.

**PALAVRAS-CHAVE:** Projeto estrutural. Concreto armado. Dimensionamento. TQS.

## **STRUCTURAL PROJECT FOR SINGLE-FAMILY RESIDENCE WITH TWO FLOORS USING TQS SOFTWARE**

**ABSTRACT:** The structural design has several steps and takes a lot of time, the present work sought to improve the engineer's productivity, through the use of software for structural analysis. A great result was obtained, with regard to the time spent to complete the project, analysis and dimensioning of the structure in a global way.

**KEYWORDS:** Structural Project; Reinforced Concrete; Sizing; TQS.

<sup>1</sup> Estudante de graduação em Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Fernandópolis – FIFE.

<sup>2</sup>Mestre em Ciências Ambientais. Professor das Faculdades Integradas de Fernandópolis – FIFE.

Endereço para correspondência: Rua Teotônio Vilela, 1.685 – Campus Universitário, Fernandópolis-SP, 15.608-380 Tel.: (17) 3465 0000 E-mail: edsonpaviani@hotmail.com

## **1. JUSTIFICATIVA**

Minimizar o tempo no processo de análise e dimensionamento estrutural, utilizando software baseado nas normas vigentes.

## **2. OBJETIVOS**

Elaborar o projeto estrutural de um edifício de dois pavimentos com dimensionamento dos elementos estruturais: lajes, vigas, pilares, escadas e fundação.

## **3. METODOLOGIA**

Primeiramente, foi projetada uma residência unifamiliar a fim de atender as necessidades de uma família, obedecendo ao código de obras da cidade de Votuporanga-SP. Posteriormente, realizou-se o dimensionamento estrutural por meio do software TQS para analisar o estado limite último e estado limite de serviço.

Após esta etapa, foi feita a geração da planta de cargas do edifício a fim de realizar o dimensionamento da fundação. Foi adotado um ensaio de sondagem SPT já conhecido, realizado na mesma cidade.

O software utilizado para o dimensionamento e análises foi o TQS versão 22.6, para estudantes.

## **4. LOCALIZAÇÃO DO PROJETO**

O projeto foi elaborado para um lote de terreno com dimensões de 12,00 metros de frente e 25,00 metros de comprimento, totalizando 300,00 m<sup>2</sup>, localizado na Rua Pará, Jardim recando dos Esportes, na cidade de Votuporanga-SP. O local é compreendido como uma ZCG (Zona de Comércio e de Serviços de Nível Geral), porém neste tipo de zoneamento também são permitidas construções residenciais.

## **5. CONCRETO ARMADO**

Segundo Porto e Fernandes (2015, p. 18):

o concreto é um material da construção civil, composto por agregados graúdos e miúdos, aglomerante e água. Como os aglomerantes são materiais mais caros, o principal objetivo dos agregados é reduzir os custos sem que a qualidade da mistura seja prejudicada.

O concreto resiste muito bem a esforços de compressão, porém sua resistência à tração é baixa, o que o torna muito limitado em determinadas situações.

O aço, por sua vez, possui boa resistência à tração, desta forma o concreto e o aço se completam para resistir aos esforços em situações em que ocorrem compressão e tração na mesma seção transversal.

“Pouco se sabe sobre as primeiras utilizações do concreto armado no Brasil. A notícia mais antiga de seu uso possui data de 1909, em uma publicação denominada “Construções em cimento armado” feita pelo professor Antônio de Paula Freitas, da Escola Polytechnica do Rio de Janeiro” (VASCONCELOS, 1985 apud PORTO; FERNANDES, 2015, p.15).

## **6. PROJETO ESTRUTURAL**

### **6.1. Classe do concreto**

No item 4.1 e 4.2 da NBR 8953/2015, consta que os concretos para fins estruturais são classificados em grupos I e II, de acordo com suas respectivas resistências características à compressão. Neste projeto, foi adotado concreto da classe C25, que possui resistência característica à compressão de 25 MPa.

### **6.2. Classe de agressividade ambiental, cobrimentos e fator água/cimento**

Segundo o item 6.4.2 da NBR 6118/2014, o presente projeto se enquadra na classe de agressividade ambiental I → Fraca.

No item 7.4.7.6 diz que, para projeto de classe I, devem-se utilizar os seguintes cobrimentos nos elementos estruturais: Lajes: 20 mm, Vigas e Pilares: 25 mm, elementos em contato com o solo: 30 mm.

Já no item 7.4.2 da NBR 6118/2014 orienta que, para a classe I, é preciso usar o fator água cimento igual ou menor que 0,65.

## **7. COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO**

O tópico 5.1.4.1 da NBR 8681/2003, orienta que, para situações normais, deve-se considerar 1,50 para coeficiente de majoração de elementos construtivos (paredes, revestimentos).

Conforme o item 11.7.1 da NBR 6118/2014, para situações normais, deve-se utilizar 1,40 como coeficiente de majoração das ações permanentes (peso próprio) e variáveis.

A seção 12.4.1 da NBR 6118/2014 prescreve os coeficientes de minoração da resistência do concreto e do aço, sendo 1,40 para o concreto e 1,15 para o aço.

## 8. DIMENSÕES LIMITES E TAXA DE AÇO MÍNIMA

Em 13.2.2 da NBR 6118/2014, as vigas não devem ter largura inferior a 12 cm.

No item 17.3.5.2, a norma traz uma relação da taxa de aço mínima da viga em função da largura da seção.

Já em 13.2.3 da NBR 6118/2014, orienta-se que pilares não devem ter largura inferior a 19 cm, porém em casos especiais, admita-se que seja reduzido até 14 cm, desde que os esforços exercidos nesse pilar sejam majorados pelo coeficiente ( $\gamma_n$ ), mas em todo caso a área da seção transversal não deve ser inferior a 360,00 cm<sup>2</sup>.

Os itens 17.3.5.3.1 e 17.3.5.3.2 aconselha sobre a taxa e armadura máxima e mínima. O item 18.4.2.1 prescreve que o diâmetro mínimo das barras de aço longitudinais utilizadas nos pilares não deve ser inferior a 10 mm e nem superior a 1/8 da menor dimensão da seção transversal do pilar.

## 9. LEVANTAMENTO DE CARGAS

A norma que orienta sobre as cargas atuantes na estrutura é a NBR 6120/2019, em que estão os pesos específicos característicos de materiais da construção civil e também as cargas acidentais a serem consideradas.

As Cargas Permanentes adotadas neste projeto foram:

- Argamassa de cimento e areia: 21,00 kN/m<sup>3</sup>
- Porcelanato: 23,00 kN/m<sup>3</sup>.
- Vidro plano em chapas: 22,00 kN/m<sup>3</sup>.
- Água Doce: 10 kN/m<sup>3</sup>.
- Poliestireno expandido (EPS) de alta densidade: 0,30 kN/m<sup>3</sup>.
- Impermeabilização com manta asfáltica simples (apenas manta com 15% de sobreposição e pintura asfáltica, sem camadas de regularização nem proteção mecânica), com espessura de 0,50 cm: 0,11 kN/m<sup>2</sup>.
- Telhado com telhas de alumínio (com espessura até 0,80 mm) e estrutura metálica de aço: 0,30 kN/m<sup>2</sup>.
- Alvenaria de vedação com bloco cerâmico vazado com espessura de 14 cm e revestimento de 2 cm em cada face: 1,90 kN/m<sup>2</sup>.

As cargas variáveis utilizadas neste projeto foram:

- Dormitórios, Sala, Copa, Cozinha, Corredores e Sanitários residenciais: 1,50 kN/m<sup>2</sup>.
- Sacada residencial: 2,50 kN/m<sup>2</sup>.

- Cobertura com acesso apenas para manutenção ou inspeção: 1,00 kN/m<sup>2</sup>.

### 9.1. Cargas Permanentes

Foram consideradas as seguintes cargas permanentes nas lajes, além do peso próprio.

- Lajes Forro dos ambientes internos: apenas 2 cm de regularização com argamassa e peso da cobertura que será descarregada na laje.
- Laje Forro da Sacada: adotou-se um total de 4 cm de argamassa mais o peso da manta de impermeabilização.
- Banheiro Social e Suíte: na região do box foram considerados, no total, 4 cm de argamassa mais 1 cm de espessura do porcelanato; no restante do banheiro foram adotados, no total, 6 cm de argamassa mais 1 cm de espessura do porcelanato.
- Dormitórios e Circulação: estes ambientes foram considerados com um total de 8 cm de argamassa mais 1 cm de espessura do porcelanato.
- Sacada: foram adotados, no total, 6 cm de argamassa mais 1 cm de espessura do porcelanato
- Escadas e Patamares: considerou-se um total de 6 cm de argamassa na escada mais 1 cm de espessura do porcelanato. Já no patamar foi considerado um total de 4 cm de argamassa mais 1 cm de espessura do porcelanato.
- Reservatório de Água: foi adotado um reservatório com capacidade de 1.000 litros.

## 10. FUNDAÇÃO

A fundação escolhida foi do tipo estaca/escavada, dentro dos vários tipos de estaca escavada foi escolhida a do tipo broca. Além disso, projetou-se a utilização de blocos de coroamento. O dimensionamento das estacas foi realizado de forma manual. Para o dimensionamento foi utilizado o método de Aoki&Veloso.

### 10.1. Resultados do ensaio de SPT

A seguir é apresentado um resumo do ensaio de SPT selecionado para a realização do dimensionamento das estacas.

Profundidade (m)	SPT – Perfuração 1	SPT – Perfuração 2	SPT – Perfuração 3
0,00 – 1,00	-	-	-
1,00 – 2,00	4	3	7

2,00 – 3,00	2	3	3
3,00 – 4,00	3	5	3
4,00 – 5,00	10	7	7
5,00 – 6,00	14	20	7
6,00 – 7,00	45	45	28

Quadro 1- Resumo do resultado do ensaio de sondagem do solo.

Fonte: Autores.

É comum a variação dos índices de SPT de mesma profundidade em furos diferentes, por este motivo, foi feita a média aritmética para as respectivas profundidades.

- 1,00 a 2,00 metros: 4,67
- 2,00 a 3,00 metros: 2,67
- 3,00 a 4,00 metros: 3,67
- 4,00 a 5,00 metros: 8,00
- 5,00 a 6,00 metros: 13,67
- 6,00 a 7,00 metros: 39,33

## 10.2. Dimensionamento

Foi adotado o método de Aoki&Velloso, cuja capacidade de carga da estaca se dá pela soma da resistência de atrito lateral e a resistência de ponta, calculada por meio das seguintes expressões:

$$R_p = \frac{K \cdot N_p}{F_1} * A_p \quad (1)$$

$$R_l = \frac{U}{F_2} * \sum_1^n (\alpha * K * N_l * \Delta l) \quad (2)$$

Onde:  $R_p$ : Resistência de Ponta

$R_l$ : Resistência Lateral

$F_1$  e  $F_2$ : Fatores de Correção Propostos por Aoki&Velloso

$K$ : Coeficiente K adotado

$N_p$ : Valor de SPT na cota de apoio

$A_p$ : Área da Ponta da Estaca

$U$ : Perímetro da Estaca

$\alpha$ : Relação entre as resistências de ponta e lateral local do ensaio de penetração estática

$N_l$ : Número médio de SPT até a camada analisada

$\Delta l$ : Profundidade Analisada

Assim, a capacidade total de carga das estacas ocorre pela seguinte expressão:

$$R_t = R_p + R_l$$



Todas as estacas foram dimensionadas com 20 cm de diâmetro e profundidade de 5,50 metros.

### **10.3. Blocos de coroamento**

Os Blocos de coroamento são importantes para evitar que eventuais momentos que possam atuar na estrutura cheguem até as estacas. Os blocos foram dimensionados pelo software TQS. Segundo a NBR 6122/2019, no item 7.7.1 a dimensão mínima dos blocos em planta não deve ser inferior a 60 cm. No item 3.5 a norma diz que a profundidade mínima das estacas deve ser de 3,00 metros.

## **11. SOLICITAÇÕES DAS FUNDAÇÕES**

Após o dimensionamento dos elementos da supraestrutura, é importante a planta de cargas da edificação para a obtenção das cargas que chegam até as fundações. Os resultados obtidos foram os apresentados a seguir:

B1: 23,53 kN	B7: 157,67 kN	B13: 126,83 kN
B2: 21,56 kN	B8: 129,60 kN	B14: 79,59 kN
B3: 84,62 kN	B9: 145,35 kN	B15: 167,74 kN
B4: 104,47 kN	B10: 150,21 kN	B16: 128,15 kN
B5: 115,90 kN	B11: 123,25 kN	B17: 144,95 kN
B6: 100,10 kN	B12: 128,66 kN	B18: 18,12 kN

Deste modo, a profundidade adotada para as estacas está apresentada a seguir:

B1: 5,50 metros	B7: 5,50 metros	B13: 5,50 metros
B2: 5,50 metros	B8: 5,50 metros	B14: 5,50 metros
B3: 5,50 metros	B9: 5,50 metros	B15: 5,50 metros
B4: 5,50 metros	B10: 5,50 metros	B16: 5,50 metros
B5: 5,50 metros	B11: 5,50 metros	B17: 5,50 metros
B6: 5,50 metros	B12: 5,50 metros	B18: 5,50 metros

## **12. CONCLUSÃO**

A partir do exposto, verificou-se que os objetivos do presente trabalho foram satisfeitos, já que as etapas de levantamento de cargas, dimensionamento para Estado Limite Último e análise dos deslocamentos foram muito mais ágeis e precisos do que em comparação

aos processos e métodos manuais. Os resultados obtidos foram ótimos, a estrutura se apresentou segura e sem grandes deslocamentos.

Além disso, observou-se que o software foi de grande relevância para o ganho de produtividade e auxílio ao projetista, visto que possui métodos eficazes e seguros. Vale ressaltar que o software atua como uma ferramenta que visa automatizar o dimensionamento em concreto armado, mas não torna dispensáveis as análises que devem ser realizadas pelo engenheiro civil.

### 13. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: ações e segurança nas estruturas: procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8953: concreto para fins estruturais: classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14718: guarda-corpos para edificação. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7199: projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil. Rio de Janeiro, 1999.

ALONSO, Urbano Rodrigues. *Exercícios de fundações*: 3º Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

CINTRA, José Carlos A; AOKI, Nelson. *Fundações por estacas projeto geotécnico*: São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

PORTO, Thiago Bomjardim; FERNANDES, Danielle Stefane Gualberto. *Curso Básico de Concreto Armado conforme NBR 6118/2014*: São Paulo: Oficina de Textos, 2015.