



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



**MANUAL PRÁTICO DE DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS
UTILIZANDO O SOFTWARE TQS**

KASSYN DE FIGUEIREDO

**Belém - PA
Julho/2023**

KASSYN DE FIGUEIREDO

**MANUAL PRÁTICO DE DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS
UTILIZANDO O SOFTWARE TQS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Salete Souza de Oliveira

**Belém
Julho 2023**

KASSYN DE FIGUEIREDO

**MANUAL PRÁTICO DE DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS
UTILIZANDO O SOFTWARE TQS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

APROVADO EM: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Professora Dr(a). Salete Souza de Oliveira
Orientadora - UFPA

Professora Dr(a). Evelyn Gabbay Alves Carvalho
Examinadora interna - UFPA

Professora Msc. Luciana Carvalho Queiroz
Examinadora interna - UFPA

A Deus e a minha família, especialmente minha mãe e a todos que nunca me permitiram desistir no meio do caminho.

AGRADECIMENTOS

Sou grato, primeiramente, a Deus, que em sua infinita bondade e misericórdia, me ampara cotidianamente, me lembrando que tudo é possível aos seus filhos.

À prof.^a Dr.^a Salete Souza de Oliveira, pela sua dedicação aos seus alunos, pelo seu apoio e dedicação durante a elaboração deste trabalho.

À minha mãe, Sueli Alves de Figueiredo, por ter me criado e investido nos meus sonhos, embora, muitas vezes, tenha deixado de lado os sonhos pessoais para investir no dos filhos. Às minhas irmãs, Karla e Yasmin, que me apoiam e comemoram cada conquista minha como se fossem conquistas pessoais.

Às minhas entidades do tambor de mina que um dia salvaram minha vida e até hoje me acompanham, constituindo uma grande família espiritual que me acolheu.

À Universidade Federal do Pará por ser, não apenas a ponte, mas o alicerce para a realização de uma das maiores conquistas pessoais que eu posso ter.

RESUMO

O presente trabalho consiste na elaboração de um manual utilizando o software TQS, com o objetivo de servir como um guia de referência para os discentes de engenharia civil e profissionais da área. O manual busca servir de roteiro de auxílio que permita a compreensão do comportamento estrutural por meio de um dimensionamento prático, explicando passo a passo como realizar o processo de dimensionamento.

O desenvolvimento do trabalho foi pautado em uma abordagem didática, utilizando ilustrações para facilitar a compreensão dos conceitos. Os procedimentos foram elaborados de forma sequencial, visando fornecer uma metodologia clara a ser seguida a todos da área, utilizando o software TQS como ferramenta para a execução dos cálculos e análise da estrutura.

O manual abrange os principais elementos utilizados na Construção Civil, tais como lajes, vigas, pilares e fundações. Os capítulos foram estruturados de forma clara e organizada, apresentando as etapas necessárias para o dimensionamento adequado dos elementos, desde a definição das cargas atuantes até a verificação dos critérios de segurança estabelecidos pelas normas técnicas.

Como resultado, o manual alcançou seu objetivo principal, proporcionando um guia prático e completo para o dimensionamento de elementos estruturais, utilizando o software TQS. A aplicação adequada das técnicas e conceitos apresentados contribuirá para a segurança e qualidade das estruturas a serem analisadas.

Palavras-chave: TQS; estrutura de concreto; análise estrutural; concepção estrutural; manual de dimensionamento estrutural; detalhamento de estrutura.

ABSTRACT

The present work consists of the elaboration of a manual using the TQS software, with the objective of serving as a reference guide for civil engineering students and professionals in the area. The manual seeks to serve as an aid script that allows the understanding of the structural behavior through a practical dimensioning, explaining step by step how to carry out the dimensioning process.

The development of the work was based on a didactic approach, using illustrations to facilitate the understanding of the concepts. The procedures were developed sequentially, aiming to provide a clear methodology to be followed by everyone in the area, using the TQS software as a tool for carrying out the calculations and analysis of the structure.

The manual covers the main elements used in Civil Construction, such as slabs, beams, pillars and foundations. The chapters were structured in a clear and organized way, presenting the necessary steps for the proper dimensioning of the elements, from the definition of the acting loads to the verification of the safety criteria established by the technical standards.

As a result, the manual achieved its main objective, providing a practical and complete guide for the design of structural elements, using the TQS software. The proper application of the techniques and concepts presented will contribute to the safety and quality of the structures to be analyzed.

Keywords: TQS; concrete structure; structural analysis; structural design; structural design manual structure detailing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cobrimento da armadura	24
Figura 2- Planta baixa da edificação (Carneiro, Ronaldson).....	31
Figura 3 - Tela Inicial TQS	32
Figura 4 - Gerenciador TQS	32
Figura 5 - Novo edifício	33
Figura 6 - Definições do projeto.....	33
Figura 7 -Definição modelo do projeto	34
Figura 8 - Inserção dos pavimentos	34
Figura 9 - Dados gerais.....	35
Figura 10 - Definição da cota	35
Figura 11 - Definição dos fck's.....	36
Figura 12 - Definindo classe de agressividade global	36
Figura 13 - Definindo os cobrimentos	37
Figura 14 - Valores dos cobrimentos.....	37
Figura 15 - Cargas de vento.....	38
Figura 16 - Definindo os dados do vento	38
Figura 17 - Velocidade básica do vento	39
Figura 18 - Categoria de rugosidade	39
Figura 19 - Classe da edificação.....	40
Figura 20 - Atualizar DWG	40
Figura 21 - Modelador Estrutural	41
Figura 22 - Referência Externa.....	41
Figura 23 - Inserir referência externa	42
Figura 24 - Escolhendo o DWG	42
Figura 25 - Definição da imagem.....	43
Figura 26 - Zoom e Pan	43
Figura 27 - Planta baixa.....	44
Figura 28 - Inserção dos pilares.....	44
Figura 29 - Dados dos pilares	45
Figura 30 - Identificação dos pilares	45
Figura 31 - Seção dos pilares.....	46
Figura 32 - Posicionando pilares	46
Figura 33 - Pilares posicionados -	47

Figura 34 - Renumeração Pilares.....	47
Figura 35 - Renumeração Pilares.....	48
Figura 36 - Pilares Renumerados	48
Figura 37 - Editando Pilares	49
Figura 38 - Definindo onde o pilar nasce	49
Figura 39 - Pilar Editado	50
Figura 40 -Lançamento de Viga.....	50
Figura 41 - Dados das Vigas.....	51
Figura 42 - Definindo carga da viga.....	51
Figura 43 - Escolha da carga sobre a viga	52
Figura 44 - Definição da seção da viga	52
Figura 45 - Vigas Inseridas.....	53
Figura 46 - Inserindo lajes	53
Figura 47 - Dados da laje.....	54
Figura 48 - Espessura da laje.....	54
Figura 49 - Definindo carga da laje	55
Figura 50 - Tela Inicial das lajes	55
Figura 51 - Escolha do local da laje	56
Figura 52 - Ponto para inserir laje	56
Figura 53 - Laje inserida.....	57
Figura 54 - Todas as lajes inseridas.....	57
Figura 55 - Copiar planta.....	58
Figura 56 - Pavimento de referência	58
Figura 57 - Primeiro pavimento	59
Figura 58 - Cobertura	59
Figura 59 - Editando carregamento da laje.....	60
Figura 60 - Selecionando dados da nova laje	60
Figura 61 - Alterando carga da laje	61
Figura 62 - Escolha da nova carga.....	61
Figura 63 - Seleção múltipla de laje	62
Figura 64 - Atribuindo dados as lajes.....	62
Figura 65 - Dados a serem atribuídos.....	63
Figura 66 - Lançamento da carga linear	63
Figura 67 - Carga linear.....	64

Figura 68 - Inserindo carga.....	64
Figura 69 - Carga linear inserida	65
Figura 70 - Pavimento Térreo.....	65
Figura 71 - Pavimento Superior	66
Figura 72 - Lançamento da escada	66
Figura 73 - Editar edifício	67
Figura 74 - Piso auxiliar	67
Figura 75 - Inserindo piso auxiliar	68
Figura 76 - Novo piso auxiliar.....	68
Figura 77 - Cota piso auxiliar.....	69
Figura 78 - Altura da cota.....	69
Figura 79 - Escolha do piso auxiliar.....	70
Figura 80 - Piso auxiliar	70
Figura 81 - Nível do piso auxiliar.....	71
Figura 82 - Alteração do nível do pavimento	71
Figura 83 - Inserir fechamento de bordo	72
Figura 84 - Fechamento de bordo inclinado.....	72
Figura 85 - Primeiro ponto	73
Figura 86 - Bordo inclinado fechado.....	73
Figura 87 - Fechamento de bordo plano.....	74
Figura 88 - Apresentação de bordo plano.....	74
Figura 89 - Dados do patamar	75
Figura 90 - Espessura da escada.....	75
Figura 91 - Forçar discriminação das escadas	76
Figura 92 - Inserção da laje	76
Figura 93 - Laje inserida.....	77
Figura 94 - Dados do lance.....	77
Figura 95 - Seção da escada	78
Figura 96 - Apoio do lance	78
Figura 97 - Viga inicial.....	79
Figura 98 - Direção da escada	79
Figura 99 - Apoio da viga.....	80
Figura 100 - Lance inserido.....	80
Figura 101 - Inserir fundações.....	81

Figura 102 - Dados da fundação.....	81
Figura 103 - Dimensões da sapata.....	82
Figura 104 -Inserindo a fundação no pilar.....	82
Figura 105 - Fundações inseridas.....	83
Figura 106 - Processamento global.....	84
Figura 107 - Escolha do tipo de processamento.....	84
Figura 108 - Fim do processamento global.....	85
Figura 109 - Resumo estrutural.....	85
Figura 110 - Opções resumo estrutural.....	86
Figura 111 - Esforços pórticos especiais.....	86
Figura 112 - Opções pórticos especiais.....	87
Figura 113 - Opções de ações.....	87
Figura 114 - Visualizador de grelhas.....	88
Figura 115 - Modelo de grelha.....	88
Figura 116 - Modelo ELU/ELS.....	89
Figura 117 - Momento em Y com todas as ações.....	89
Figura 118 - Opções de detalhamento.....	90
Figura 119 - Detalhamento de laje.....	90
Figura 120 - Opções em laje.....	91
Figura 121 - TQS Vigas.....	91
Figura 122 - Análise da viga.....	92
Figura 123 - Editor rápido de vigas.....	92
Figura 124 - Opções do editor.....	93
Figura 125 - Relatório.....	93
Figura 126 - Relatório das vigas.....	94
Figura 127 - Sapata 01.....	94
Figura 128-Editor rápido de armadura de sapata.....	95
Figura 129- Pilar P1.....	95
Figura 130 - Editor rápido de armaduras.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peso Específico dos materiais da construção - argamassas e concretos.....	20
Tabela 2 - Classes de resistências de concretos estruturais	21
Tabela 3 - Peso específico aparente dos materiais de construção – Metais	22
Tabela 4 -Classes de agressividade ambiental (CAA)	23
Tabela 5 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto	24
Tabela 6 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	associação brasileira de normas técnicas
NBR	norma brasileira
p.	página
yn	coeficiente de segurança adicional
h	altura do pilar na direção considerada
b	menor dimensão do pilar
Nd	normal de cálculo
Fyd	tensão de cálculo do aço
As	área de aço
Ac	área de concreto
r	raio de giração
I	inercia da seção
e1	excentricidade inicial
MA	maior momento de primeira ordem
MB	menor momento de primeira ordem
dx	elemento infinitesimal de comprimento
ds'	elemento infinitesimal comprimido
p	raio
d0	elemento infinitesimal de ângulo
y	posição cartesiana relacionada à altura
(J	tensão.
M	momento
ds	elemento infinitesimal de curva
dy	elemento infinitesimal de altura
E	módulo de elasticidade
P	carga normal
i	associado a número complexos
k, A e B	constantes
e2	excentricidade máxima no centro da peça
M1d, A	MA majorado com os coeficientes de segurança
Md, tot	momento total de segunda ordem.
fck, fyk	resistências características do concreto e aço.

JC	tensão em função da deformação específica do concreto
JCd	tensão de cálculo do concreto com redução de 15%
SU	deformação última
d	distância entre a borda mais comprimida até o centro da armadura mais tracionada
d'	distância entre a extremidade externa até a armadura mais próxima x posição da linha neutra
ec	deformação específica do concreto
eS	deformação específica do aço
bw	base de pilar na direção perpendicular a h Mr, Nr momento e normal resistente
Md, Nd	momento e normal de cálculo
MRd,x	momento em flexão oblíqua perpendicular a y
MRd,y	momento em flexão oblíqua perpendicular a x
MRd,xx	momento em flexão normal perpendicular a y
MRd,yy	momento em flexão normal perpendicular a x

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Objetivos	17
1.1.1. Objetivo geral	17
1.1.2. Objetivos específicos	17
1.2. Organização do texto	18
2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	19
2.1. Características dos materiais	19
2.1.1. Concreto	19
2.1.1.1. Peso específico do concreto.....	19
2.1.1.2. Resistência do concreto à compressão.....	20
2.1.2. Aço	21
2.1.2.1. Peso específico do aço	21
2.1.3. Concreto Armado	22
2.2. Critérios de projeto.....	22
2.2.1. Classe de agressividade	23
2.2.2. Qualidade do concreto	24
2.2.3. Cobrimento	24
2.3. Estado Limite	25
2.3.1. Estado limite de serviço.....	25
2.3.2. Estado limite último	26
2.4. Carregamento nas estruturas	27
2.4.1. Ações	27
2.4.1.1. Classificação das ações.....	27
2.4.1.2. Ações permanentes	27
2.4.2. Cargas variáveis.....	28
2.4.3. Ações excepcionais.....	29
2.4.4. Coeficiente de ponderação.....	29
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
3.1. História do software.....	31
3.2. Características do projeto	31
3.2.1. Dimensionamento e detalhamento da estrutura.....	32
3.2.1.1. Tela inicial do TQS	32
3.2.1.2. Criação de um novo edifício.....	32
3.2.1.3. Arquitetura de referência do AUTOCAD	41

3.2.1.4. Lançamento dos Pilares	44
3.2.1.5. Lançamento das Vigas	50
3.2.1.6. Lançamento das lajes	53
3.2.1.7. Copiando plantas	57
3.2.1.8. Alterando o carregamento da laje	59
3.2.1.9. Lançamento da carga linear	63
3.2.1.10. Lançamento da escada	66
3.2.1.11. Lançamento das sapatas.....	81
4. ANÁLISE DE RESULTADOS	84
4.1. Processamento global	84
4.2. Resumo estrutural	85
4.3. Visualizador de esforços de pórtico espacial	86
4.4. Visualizador de grelhas do pavimento	88
4.5. Detalhamento das lajes	89
4.6. Detalhamento e relatório das vigas	91
4.7. Detalhamento e relatório das sapatas	94
4.8. Detalhamento e relatório dos pilares	95
5. CONCLUSÃO.....	97
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	98

1. INTRODUÇÃO

O dimensionamento adequado de elementos estruturais é fundamental para a garantia da segurança e da qualidade das estruturas na área da engenharia civil. Nesse contexto, a importância de softwares especializados torna-se essencial para proporcionar dimensionamentos eficientes, seguros e ágeis. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um manual utilizando o software TQS, com o propósito de ser um guia de referência para os discentes e profissionais da área de engenharia civil, deixando aos profissionais a análise dos resultados obtidos.

A importância de um manual está presente na dificuldade de diversos profissionais, seja em processo de graduação ou já atuantes no mercado, em obter informações de forma organizadas. O trabalho busca ensinar a dimensionar a edificação deixando ao engenheiro a análise dos resultados obtidos, permitindo a compreensão dos resultados através das teorias relativas à área de estruturas. O trabalho dimensiona um projeto apresentado na disciplina de Projetos de Concreto Armado durante o curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

A criação de um manual prático de dimensionamento de elementos estruturais utilizando o software com a finalidade de apresentar um roteiro de auxílio a discentes de Engenharia Civil e Profissionais da Área de Construção Civil visando a compreensão do comportamento estrutural utilizando conhecimentos adquiridos durante a graduação, estudos autônomos e práticas adquiridas em estágios acadêmicos.

1.1.2. Objetivos específicos

- a) Conceber estrutura de concreto armado;
- b) Criar um manual para análise com foco em segurança, execução e economia;
- c) Utilizar normas técnicas atualizadas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT);

- d) Modelar uma residência através do software TQS utilizando suas ferramentas para otimização de projeto;
- e) Apresentar a retirada de desenhos das armações corretas de pilares e vigas.

1.2. Organização do texto

No capítulo 1 se apresentam a Introdução, juntamente com os objetivos gerais e específicos e a organização do texto.

No capítulo 2 o referencial teórico aborda as características dos materiais a serem utilizados ao longo do trabalho, tratando do concreto, do aço, do concreto armado, os critérios de projeto, o estado limite, os carregamentos nas estruturas, abordando mais amplamente ao longo do texto como cada um dos componentes são importantes para o caso apresentado.

No capítulo 3 apresenta-se a metodologia e a elaboração do manual, apresentando o passo a passo do manual para se dimensionar a estrutura.

No capítulo 4 apresenta-se os resultados obtidos a partir dos passos apresentados no capítulo 3, permitindo a análise da estrutura.

No capítulo 5 apresenta-se as considerações finais com a consolidação da pesquisa e apresentação de ideias para trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1. Características dos materiais

2.1.1. Concreto

Um material amplamente utilizado na construção civil, sendo composto por uma mistura de cimento, agregados, água e, em alguns casos, aditivos. Utilizado devido as suas características como resistência e durabilidade, o que torna seu uso reconhecido na construção civil. O concreto, além de ser facilmente moldado nas suas horas iniciais, tem a capacidade de manter sua forma quando enrijecido e suportar altas cargas de compressão.

Segundo Rebello (Bases para projeto estrutural na arquitetura, 2007), O concreto é uma mistura controlada de materiais que criam volume, denominados agregados, e de material colante, chamado aglomerante. Os agregados mais comuns são a areia e a pedra. O aglomerante é o cimento. O efeito de cola produzido pelo cimento se dá na presença de água. Portanto, o concreto comum é um material composto de cimento, areia, pedra e água.

Segundo Pinheiro (2007), quando utilizado em estruturas, o concreto apresenta vantagens, tais como a alta resistência a compressão, é moldável in loco, trabalha como estrutura monolítica, durável, possui baixo custo dos materiais e mão-de-obra e sua fabricação é relativamente fácil, e podendo ser feito até mesmo de forma artesanal. Suas desvantagens podem ser definidas como a baixa resistência a tração, fragilidade, fissuração, peso elevado e corrosão das armaduras.

Em concretos comuns a resistência é dada pela relação entre os agregados e aglomerantes, também chamada de traço em conjunto com a proporção entre a água e cimento, gerando um fator conhecido como água/cimento.

Segundo Rebello (2007), o concreto com menor volume de água em sua composição, apresentará maior resistência, devido proporcionar menor número de vazios, porém dificulta a sua trabalhabilidade. Um concreto com maior presença de água, aumenta significativamente o seu manuseio, porém diminui consideravelmente sua resistência. A relação média de água/cimento que mantém a trabalhabilidade e resistência, encontra-se entre 50% e 65% de água em relação ao volume de cimento.

2.1.1.1. Peso específico do concreto

De acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2019), o peso específico do concreto comum pode ser definido como 2.400 kg/m^3 quando não se sabe a massa específica real do concreto, pois pode ser alterada dependendo da composição específica do mesmo.

Os valores dos pesos específicos e dos materiais correspondentes encontram-se dispostos conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Peso Específico dos materiais da construção - argamassas e concretos

ABNT NBR 6120:2019

Tabela 1 (continuação)

Material		Peso específico aparente γ_{ap} kN/m³
3 Argamassas e concretos	Argamassa de cal, cimento e areia	19
	Argamassa de cal	12 a 18 (15)
	Argamassa de cimento e areia	19 a 23 (21)
	Argamassa de gesso	12 a 18 (15)
	Argamassa autonivelante	24
	Concreto simples	24
	Concreto armado	25
NOTA Os pesos específicos de argamassas e concretos são válidos para o estado endurecido.		

Fonte: NBR 6120 (ABNT, 2019)

2.1.1.2. Resistência do concreto à compressão

A capacidade do material suportar cargas compressivas antes da sua ruptura é um dos parâmetros mais importantes para o concreto armado. A unidade utilizada é uma unidade de pressão em megapascal (Mpa), sendo os valores especificados de acordo com as especificações do projeto.

A resistência do concreto é verificada através de ensaio de compressão a partir de corpos de prova padronizados de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015), que determina as dimensões de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura.

O ensaio de compressão é executado em prensa hidráulica na idade de 28 dias a partir da moldagem do corpo de prova, conforme especificado pela NBR 5739 (ABNT, 2018), podendo ser realizado em idades diferentes.

O indicador de resistência média a compressão, corresponde a uma resistência (F_{ckj}) especificada e deve ser executada de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022).

De acordo com a NBR 8953 (ABNT, 2015), os concretos são classificados em grupos I e II, onde os concretos normais são denominados pela letra C, sendo sua menor resistência reconhecida como estrutural, a C20. (BASTOS, 2019).

As classes de resistência serão apresentadas conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Classes de resistências de concretos estruturais

Classe de resistência Grupo I	Resistência característica à compressão MPa	Classe de resistência Grupo II	Resistência característica à compressão MPa
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C30	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

Fonte: NBR 8953 (ABNT, 2015)

2.1.2. Aço

O aço possui como principal característica a alta resistência mecânica, o tornando um ótimo material para aplicações que exijam suporte alto de carga.

O aço é um material composto principalmente por ferro e carbono, formando uma liga. Quanto maior a quantidade de carbono na liga maior a sua resistência e menor sua ductilidade que é algo desejado em um aço na construção civil devido a sua capacidade de deformar antes de romper. O aço estrutural deve ter deformação razoável, para que possa avisar seu esgotamento quando estiver solicitado acima do seu limite previsto. (REBELLO, 2007).

Segundo a NBR 7480 (ABNT, 2007) o aço é classificado em barras ou fios. As barras são vergalhões de diâmetro nominal de 5 mm ou superior obtidos com a técnica de laminação exclusivamente. Os fios são os aços com o diâmetro de 10 mm ou inferior podendo serem obtidos através da técnica de estiramento, laminação a frio ou trefilação.

De acordo com a capacidade inicial de resistir ao escoamento (f_{yk}), as barras são classificadas nas categorias CA-25 e CA-50 e os fios CA-60, onde CA significa concreto armado e a numeração significa a resistência em kgf/mm^2 ou kN/cm^2 . (BASTOS, 2019)

2.1.2.1. Peso específico do aço

De acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2014), o peso específico do aço pode ser definido como de $7.700 \text{ kg}/\text{m}^3$ à $7.850 \text{ kg}/\text{m}^3$, podendo haver variação devido a liga que possa ser utilizada para a fabricação do aço, além dos tratamentos térmicos, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3 - Peso específico aparente dos materiais de construção – Metais

4 Metais	Aço	77 a 78,5 (77,8)
	Alumínio e ligas	28
	Bronze	83 a 85 (84)
	Chumbo	112 a 114 (113)
	Cobre	87 a 89 (88)
	Estanho	74
	Ferro forjado	76
	Ferro fundido	71 a 72,5 (71,8)
	Latão	83 a 85 (84)
	Zinco	71 a 72 (71,5)

Fonte: NBR 6120 (ABNT, 2019)

2.1.3. Concreto Armado

O concreto armado é um concreto com reforço de barras de aço (armaduras) para aumentar sua resistência a tração. Essa combinação surge para unir a resistência à compressão do concreto com a resistência à tração do aço.

A história indica que os inventores da argamassa reforçada com aço, foram Joseph Louis Talbot e Joseph Monier que, entre os anos de 1855 e 1861, respectivamente, utilizaram a mesma técnica, sendo o primeiro utilizando em estruturas de embarcações e o segundo na confecção de vasos para plantas.

O uso do concreto em estruturas de edifícios só foi introduzido pelo inglês chamado Wilkson, de forma empírica no seu dimensionamento. O primeiro a tornar científico o método do concreto armado foi o americano Thadeus Hyatt, em 1877 já concebendo o uso de estribos e barras nas vigas em combate ao cisalhamento.

No ano de 1902 o alemão Emil Morsch publicou artigos que descreveu o comportamento do concreto-ferro a partir de ensaios. A partir de 1920 a expressão concreto-ferro foi substituída por concreto armado. (REBELLO, 2007)

2.2. Critérios de projeto

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014, item 5.1.1), as estruturas de concreto devem atender requisitos mínimos de qualidade durante a construção e serviço, bem como requisitos adicionais estabelecidos em conjunto pelo autor do projeto e pela empreiteira.

As estruturas de concreto devem obrigatoriamente apresentar:

- a) Capacidade Resistente: significa que a estrutura deve ter capacidade de suportar as ações previstas que ocorrerem na construção, com conveniente margem de segurança contra a ruína ou a ruptura;

- b) Desempenho em Serviço: consiste na capacidade de a estrutura manter-se em condições plenas de utilização durante sua vida útil, não devendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada.
- c) Durabilidade: consiste na capacidade da estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

2.2.1. Classe de agressividade

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014, item 6.4.1) a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas.

As classes de agressividade ambiental estão divididas em quatro, como demonstra a tabela 4.

Tabela 4 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
	I		Fraca
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a Industrial ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c} Respingos de maré	Elevado

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014)

Conhecendo o ambiente onde a estrutura da edificação a ser projetada se localizará, o engenheiro poderá definir as condições a serem seguidas, pois influencia diretamente na qualidade de vida da edificação, podendo comprometer a estrutura, diminuindo .

2.2.2. Qualidade do concreto

Após a definição da classe ambiental, pode-se escolher o tipo de concreto empregado na estrutura, de modo a satisfazer a NBR 6118 (ABNT,2014) (item 7.4) como mostra a tabela 5.

Tabela 5 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

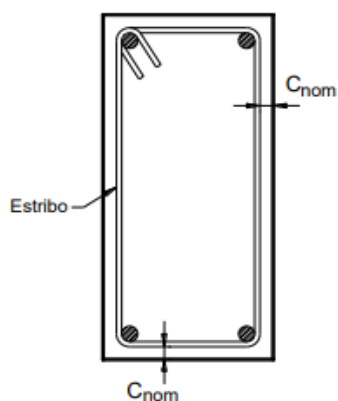
Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014)

Pode-se observar a correspondência entre a qualidade do concreto e a classe de agressividade em relação a água/cimento para cada grupo e sua resistência a compressão.

2.2.3. Cobrimento

A cobertura de armadura é definida como a espessura da camada de concreto que serve para proteger a armadura no elemento construtivo. Esta camada parte da superfície mais externa da barra de aço e se estende até a superfície externa do elemento em contato com o meio ambiente, como mostra a figura 1.

Figura 1 - Cobrimento da armadura



Fonte: Bastos (2019)

A tabela 7.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014) define a relação entre as classes de agressividade ambiental e seus devidos cobrimentos como mostra a tabela 6.

Tabela 6 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014)

2.3. Estado Limite

Estado limite tem como função definir os parâmetros para uso da estrutura a partir dos critérios de segurança, funcionalidade e estética, ou seja, é o estado em que uma estrutura não atende os requisitos mínimos para um funcionamento de forma segura e adequada ou mesmo quando sua utilização é comprometida por razão de colapso na estrutura.

2.3.1. Estado limite de serviço

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), estados-limites de serviço são aqueles relacionados ao conforto do usuário e à durabilidade, aparência e boa utilização das estruturas, seja em relação aos usuários, seja em relação às máquinas e aos equipamentos suportados pelas estruturas.

Segundo a NBR 8681 (ABNT, 2004), para o período de vida da estrutura, usualmente são considerados estados limites de serviço caracterizados por:

- a) danos ligeiros ou localizados, que comprometam o aspecto estético da construção ou a durabilidade da estrutura;

- b) deformações excessivas que afetem a utilização normal da construção ou seu aspecto estético;
- c) vibração excessiva ou desconfortável.

2.3.2. Estado limite último

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a segurança da estrutura de concreto armado deve ser verificada, pois o projetista deve evitar alcançar ao longo da vida da edificação, tendo atenção em relação aos seguintes estados limites últimos:

- a) estado-limite último da perda do equilíbrio da estrutura, admitida como corpo rígido;
- b) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, devido às solicitações normais e tangenciais, admitindo-se a redistribuição de esforços internos, desde que seja respeitada a capacidade de adaptação plástica definida na Seção 14, e admitindo-se, em geral, as verificações separadas das solicitações normais e tangenciais; todavia, quando a interação entre elas for importante, ela estará explicitamente indicada nesta Norma;
- c) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando os efeitos de segunda ordem;
- d) estado-limite último provocado por solicitações dinâmicas;
- e) estado-limite último de colapso progressivo;
- f) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando exposição ao fogo, conforme a ABNT NBR 15200/2012;
- g) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, considerando ações sísmicas, de acordo com a ABNT NBR 15421/2006;
- h) outros estados-limites últimos que eventualmente possam ocorrer em casos especiais.

2.4. Carregamento nas estruturas

2.4.1. Ações

De acordo com a NBR 8681 (ABNT, 2004), as ações podem ser definidas como:

- Causas que provocam esforços ou deformações nas estruturas. Do ponto de vista prático, as forças e a deformações impostas pelas ações são consideradas como se fossem as próprias ações. As deformações impostas são por vezes designadas por ações indiretas e as forças, por ações diretas.

2.4.1.1. Classificação das ações

A NBR 8681 (ABNT, 2004) classifica as ações segundo sua variabilidade no tempo em três categorias:

- a) ações permanentes;
- b) ações variáveis;
- c) ações excepcionais.

2.4.1.2. Ações permanentes

A NBR 8681 (ABNT, 2004) define ações permanentes como:

- Ações que ocorrem com valores constantes ou de pequena variação em torno de sua média, durante praticamente toda a vida da construção. A variabilidade das ações permanentes é medida num conjunto de construções análogas.

Podendo assumir dois tipos de ações variáveis:

- a) diretas;
- b) indiretas.

2.4.1.2.1. Diretas

De acordo com a NBR 8681 (ABNT, 2004), as ações permanentes diretas são definidas como:

- os pesos próprios dos elementos da construção, incluindo-se o peso próprio da estrutura e de todos os elementos construtivos permanentes, os pesos dos equipamentos fixos e os empuxos devidos ao peso próprio de terras não removíveis e de outras ações permanentes sobre elas aplicadas

2.4.1.2.2. Indiretas

Segundo a NBR 8681 (ABNT, 2004), as ações permanentes indiretas são definidas como:

- a protensão, os recalques de apoio e a retração dos materiais.

2.4.2. Cargas variáveis

A NBR 8681 (ABNT, 2004) define ações variáveis como:

- ações que ocorrem com valores que apresentam variações significativas em torno de sua média, durante a vida da construção.

Podendo assumir dois tipos de ações variáveis:

- a) normais;
- b) especiais.

2.4.2.1. Normais

De acordo com a NBR 8681 (ABNT, 2004), as ações variáveis normais são definidas como:

- ações variáveis normais: ações variáveis com probabilidade de ocorrência suficientemente grande para que sejam obrigatoriamente consideradas no projeto das estruturas de um dado tipo de construção;

2.4.2.2. Especiais

Segundo a NBR 8681 (ABNT, 2004), as ações variáveis especiais são definidas como:

- ações variáveis especiais: nas estruturas em que devam ser consideradas certas ações especiais, como ações sísmicas ou cargas acidentais de natureza ou de

intensidade especiais, elas também devem ser admitidas como ações variáveis. As combinações de ações em que aparecem ações especiais devem ser especificamente definidas para as situações especiais consideradas.

2.4.3. Ações excepcionais

De acordo com a NBR 8681 (ABNT, 2004), as ações excepcionais são:

- as que têm duração extremamente curta e muito baixa probabilidade de ocorrência durante a vida da construção, mas que devem ser consideradas nos projetos de determinadas estruturas.

Consideram-se como cargas excepcionais ações decorrentes tais como:

- a) explosões;
- b) choques de veículos;
- c) incêndios;
- d) enchentes;
- e) sismos excepcionais.

2.4.4. Coeficiente de ponderação

O coeficiente de ponderação visa ajustar os valores encontrados para as resistências encontradas possuírem mais segurança.

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014) (item 12.4), as resistências devem ser minoradas pelo coeficiente γ_m :

Equação 1 - coeficiente γ_m

$$\gamma_m = \gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \quad (1)$$

Fonte: NBR 6118 (ABNT,2014)

Sendo:

γ_{m1} : a variabilidade da resistência dos materiais envolvidos;

γ_{m2} : a diferença entre a resistência do material no corpo de prova e na estrutura;

γ_m : os desvios gerados na construção e as aproximações feitas em projeto do ponto de vista das resistências.

O coeficiente de ponderação γ_m pode assumir diferentes valores quando se trata dos Estados-Limites Últimos e de Serviço. (BASTOS, 2019).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. História do software

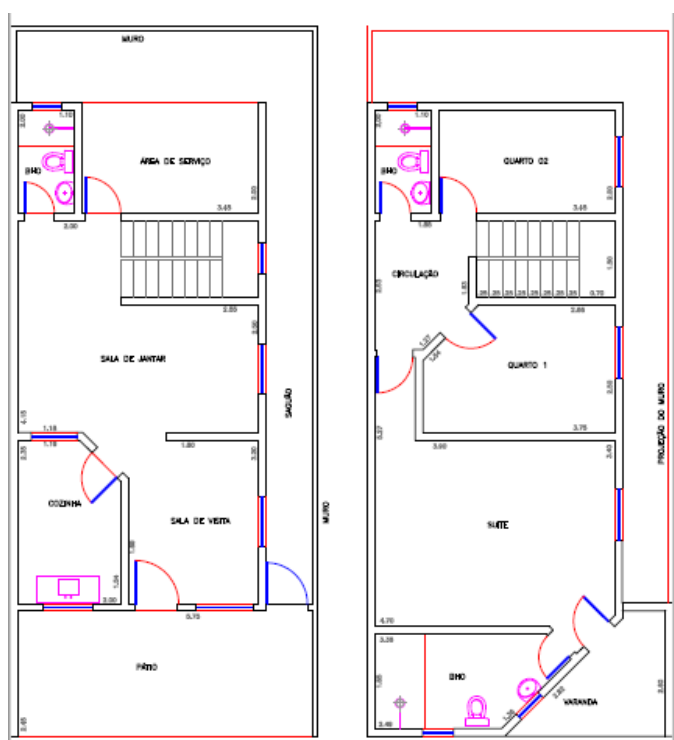
De acordo com o website oficial da empresa, a TQS é uma empresa brasileira, fundada em 1986, por engenheiros civis de estruturas, que cria, desenvolve e comercializa softwares para a elaboração de projetos de estruturas e fundações de edificações.

Além de softwares para análise e dimensionamento de concreto armado e concreto protendido, a empresa também possui softwares para o dimensionamento de alvenaria estrutural e geotecnia. Os dados oficiais da empresa garantem que a mesma possui mais de 10 mil clientes, atestando a confiabilidade em relação ao software.

3.2. Características do projeto

A residência a ser dimensionada corresponde a uma residência de dois pavimentos, retirada das notas de aula do professor Ronaldson Carneiro, sendo o pavimento térreo contendo um banheiro, área de serviços, sala de jantar, sala de visitas e cozinha distribuídos em 64,42 metros quadrados, além do primeiro pavimento contendo um banheiro, três quartos sendo uma suíte e uma varanda, distribuídos em 64,60 m², conforme mostra a figura 2.

Figura 2- Planta baixa da edificação (Carneiro, Ronaldson).



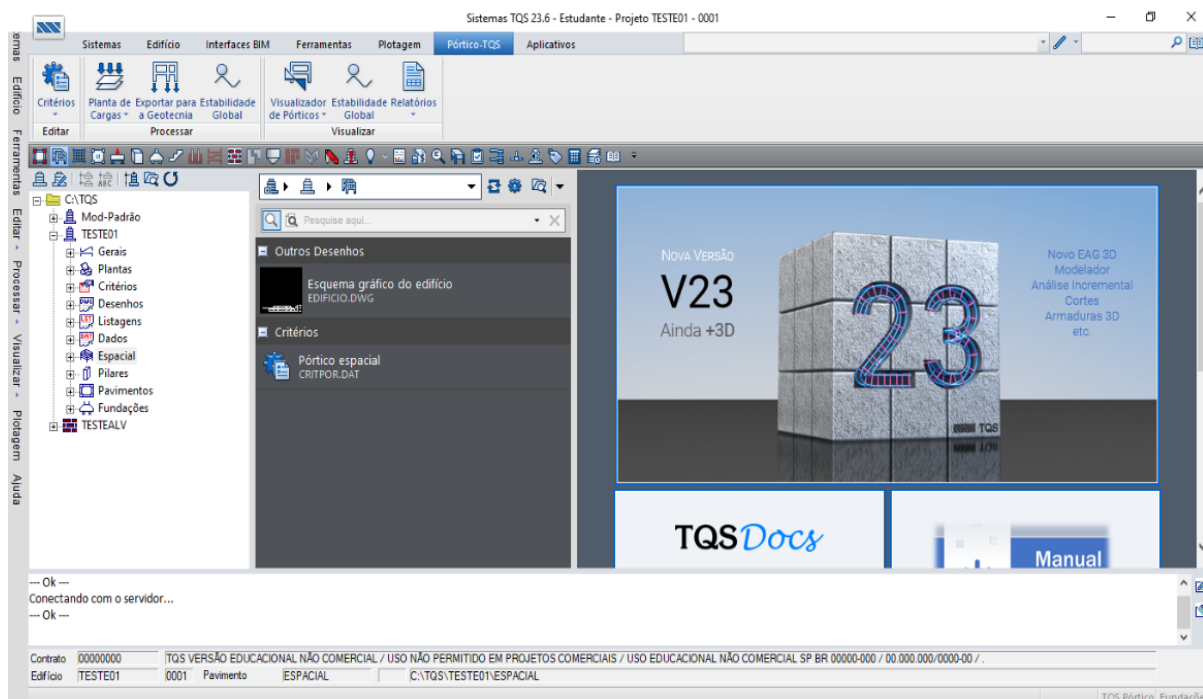
Fonte: Notas de aula (Ronaldson, 2016)

3.2.1. Dimensionamento e detalhamento da estrutura

3.2.1.1. Tela inicial do TQS

A tela principal do TQS, também chamada de “Gerenciador TQS”, é o local ao qual podemos ver os inúmeros recursos oferecidos pelo software, conforme é exibido na figura 3.

Figura 3 - Tela Inicial TQS

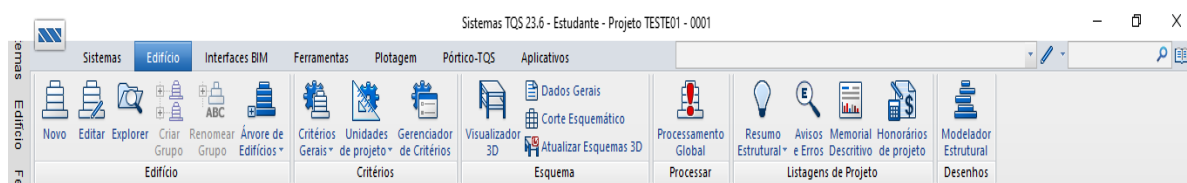


Fonte: Nota do autor (2023)

3.2.1.2. Criação de um novo edifício

No gerenciador TQS, escolhe-se a aba “EDIFICIO”, clica-se em “Novo”, conforme exibido na figura 4.

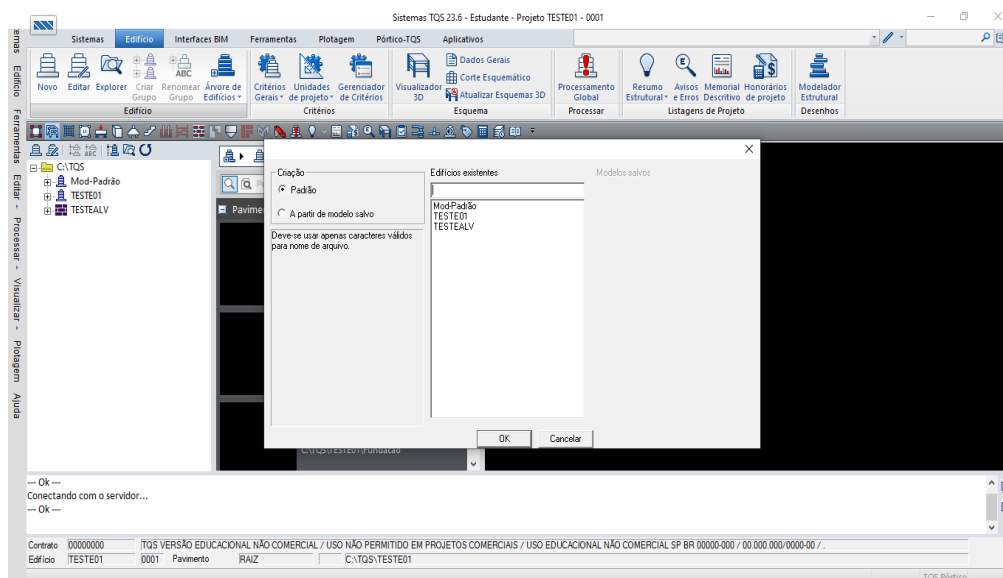
Figura 4 - Gerenciador TQS



Fonte: Nota do autor (2023)

Em seguida, aparecerá a seguinte tela para escolha do nome do projeto, conforme exibido na figura 5.

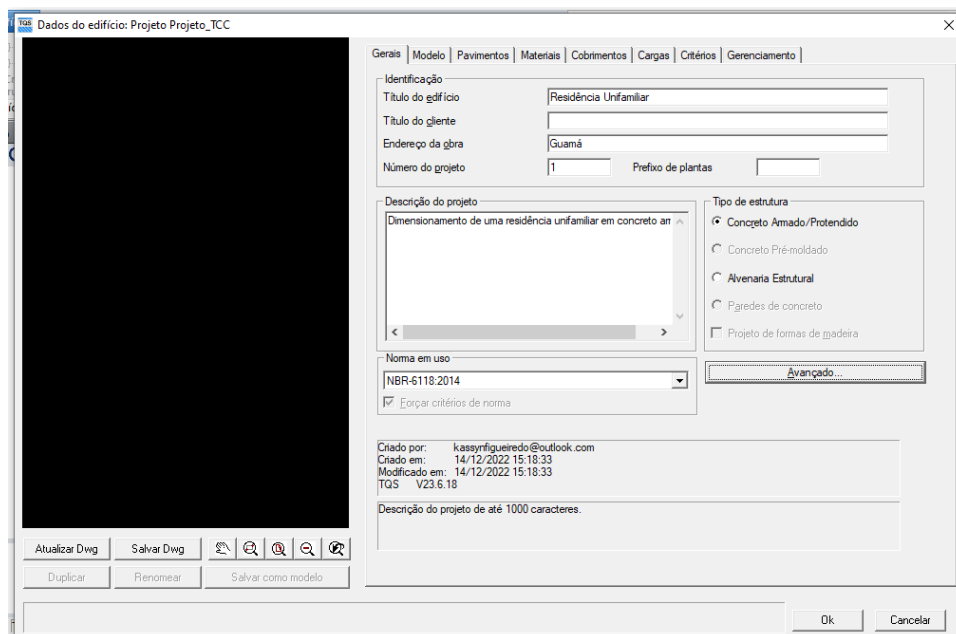
Figura 5 - Novo edifício



Fonte: Nota do autor (2023)

Define-se o nome do edifício e clica-se em “OK”. Em seguida, aparecerá a seguinte tela, conforme é exibido na figura 6.

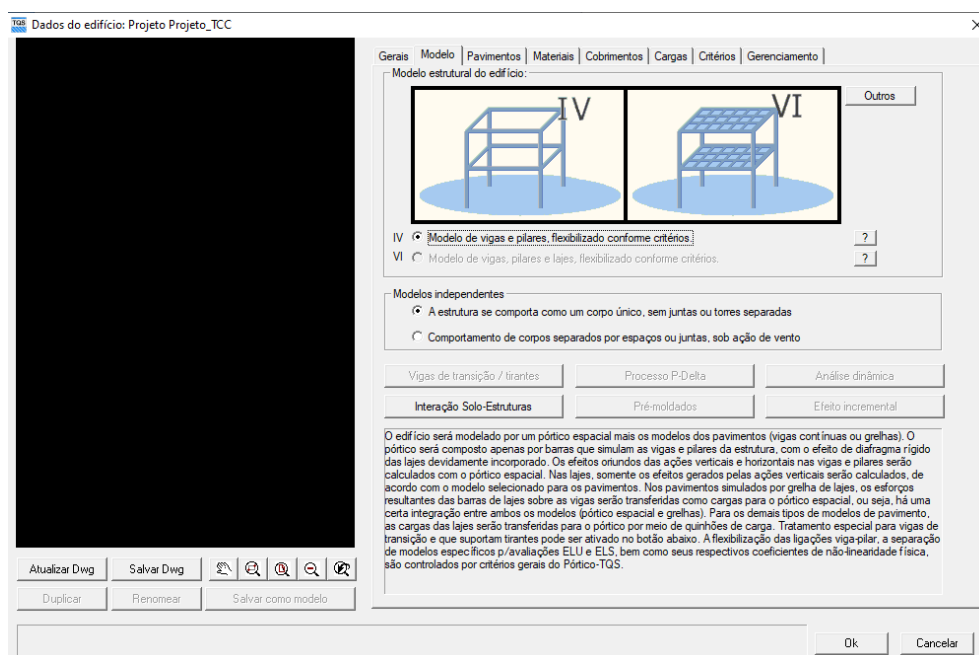
Figura 6 - Definições do projeto



Fonte: Nota do autor (2023)

Na aba “Gerais”, define-se os dados relativos ao empreendimento, conforme é exibido na figura 7, além da escolha da norma a ser utilizada e o tipo de estrutura. No presente trabalho, definiu-se a estrutura em Concreto Armado e a norma brasileira a ser utilizada será NBR 6118:2014.

Figura 7 -Definição modelo do projeto

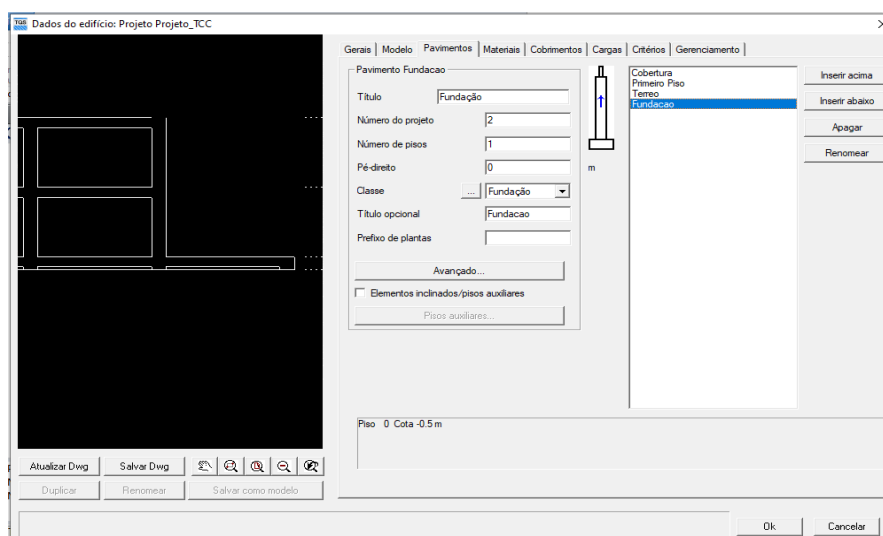


Fonte: Nota do autor (2023)

Os modelos estruturais mais comuns são o IV e o VI. O IV é utilizado para edificações comuns e tradicionais enquanto o modelo VI é utilizado em edificações mais modernas, como vigas curvas, por exemplo.

Na aba “Pavimentos”, define-se dados do pavimento como a quantidade de pavimentos, a altura do pé direito e nomes de cada pavimento. A residência é definida em quatro pavimentos, sendo eles: fundação, térreo, primeiro pavimento e cobertura, conforme se a figura 8.

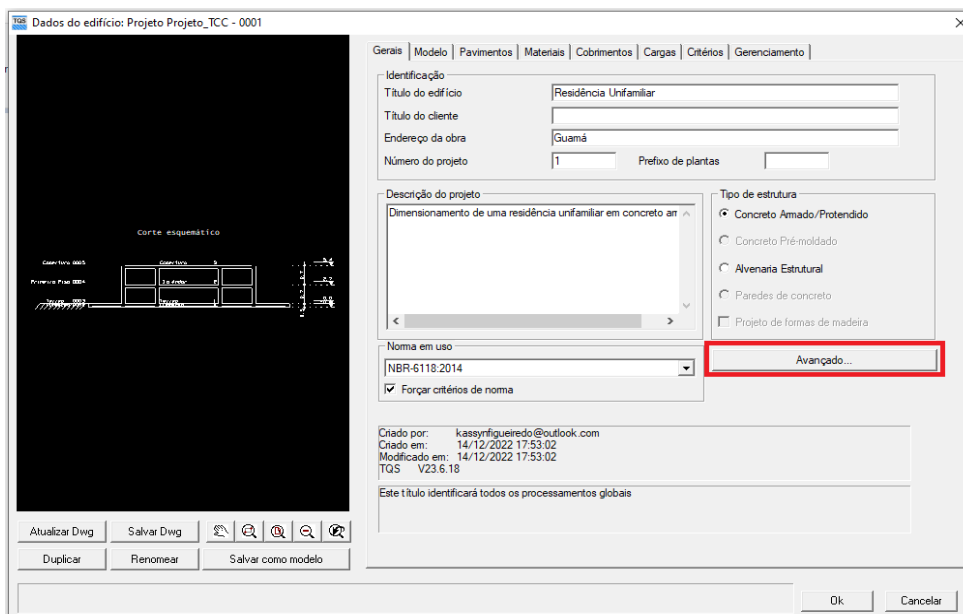
Figura 8 - Inserção dos pavimentos



Fonte: Nota do autor (2023)

A cota do terreno é pré-definida como 0, para alterá-la e trazer de forma mais realista aos projetos, retorna-se à aba “Gerais”, clica-se em avançado, conforme se demonstra na figura 9.

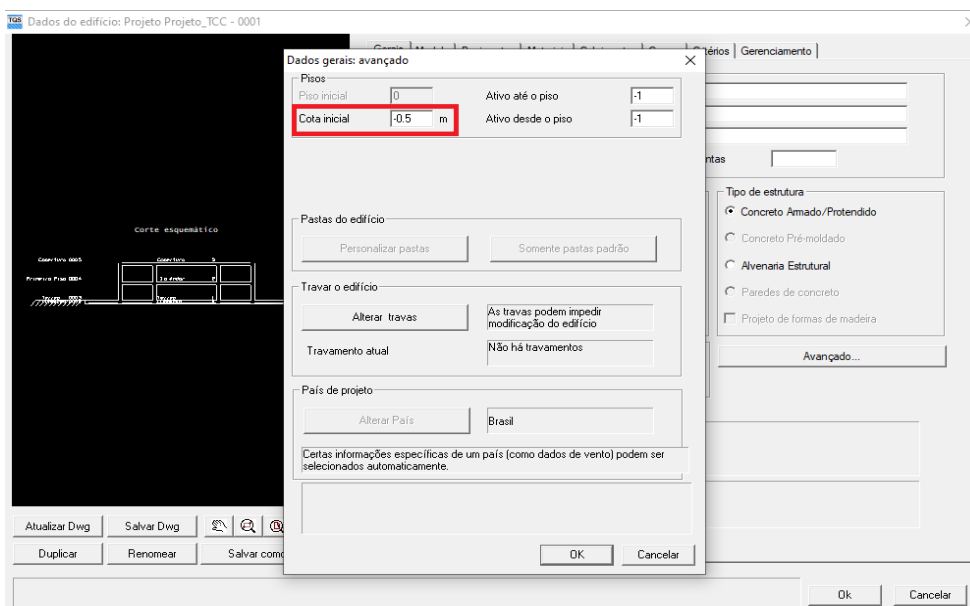
Figura 9 - Dados gerais



Fonte: Nota do autor (2023)

A seguinte tela permitirá a alteração do nível de cota. Para o projeto, definiu-se como -0,5 m para haver o rebaixamento em relação a cota 0 do terreno, permitindo que se contabilize a estrutura iniciando da cota 0, de acordo com a figura 10.

Figura 10 - Definição da cota

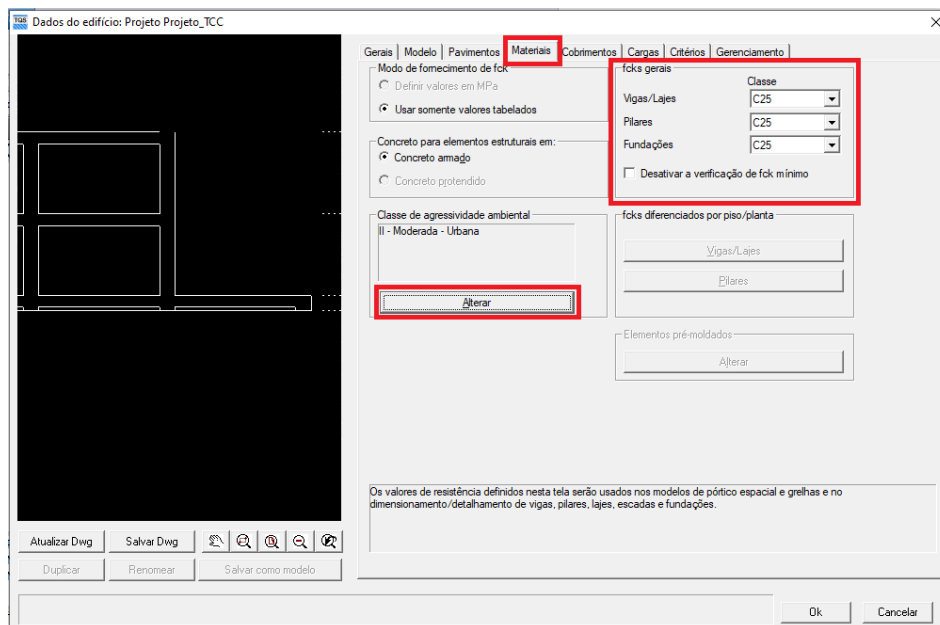


Fonte: Nota do autor (2023)

Confirma-se a escolha clicando em “OK”.

Na aba “Materiais”, seleciona-se a classe de agressividade e o Fck é automaticamente atualizado a partir da norma escolhida, conforme se demonstra na figura 11.

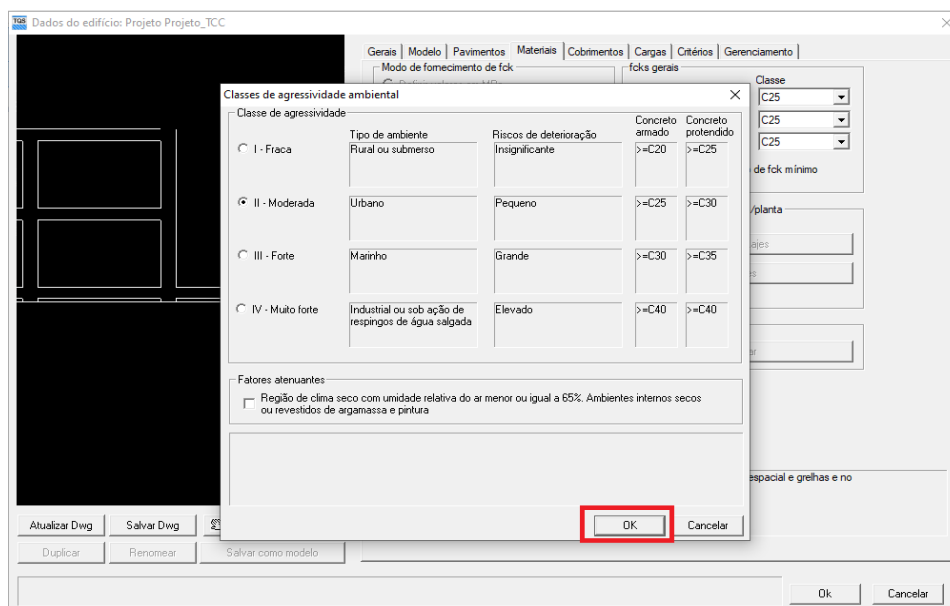
Figura 11 - Definição dos fck's



Fonte: Nota do autor (2023)

Para se alterar a classe de agressividade ambiental, clica-se em “Alterar”, aparecerá a seguinte tela, conforme se demonstra na figura 12:

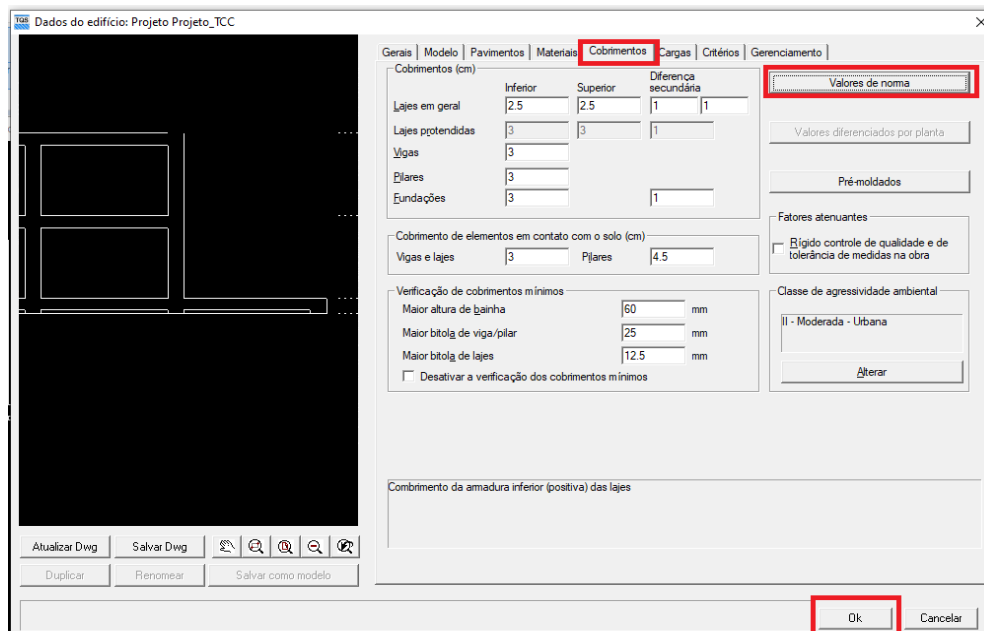
Figura 12 - Definindo classe de agressividade global



Fonte: Nota do autor (2023)

Escolhe-se a classe ambiental de acordo com o tipo de ambiente que será construído, após a escolha, confirma-se em “OK”. Na aba “cobrimento”, os cobrimentos utilizados são os mesmos da norma, conforme se demonstra a figura 13.

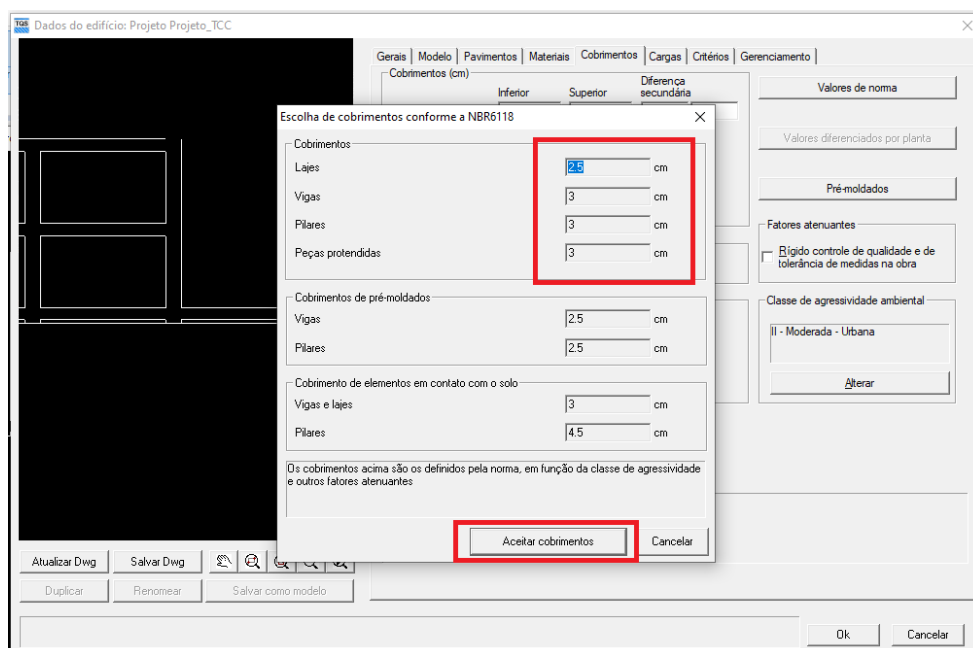
Figura 13 - Definindo os cobrimentos



Fonte: Nota do autor (2023)

Em caso de alteração, clica-se em “Valores da norma”, que aparecerá a seguinte tela, conforme se demonstra a figura 14.

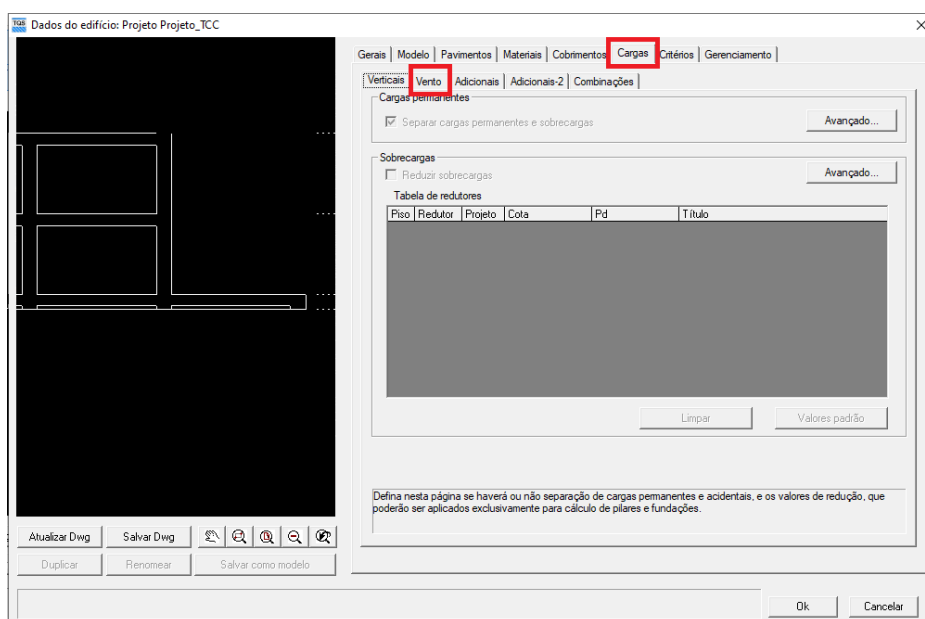
Figura 14 - Valores dos cobrimentos



Fonte: Nota do autor (2023)

Permitindo a alteração em relação ao tipo valor do cobrimento. Confirma-se a escolha clicando em “Aceitar cobrimentos”. A próxima aba a ser selecionada é “Carga”. É uma etapa importante no projeto, pois é nesse momento que se define a carga que de vento a ser aplicada na edificação, conforme se demonstra a figura 15.

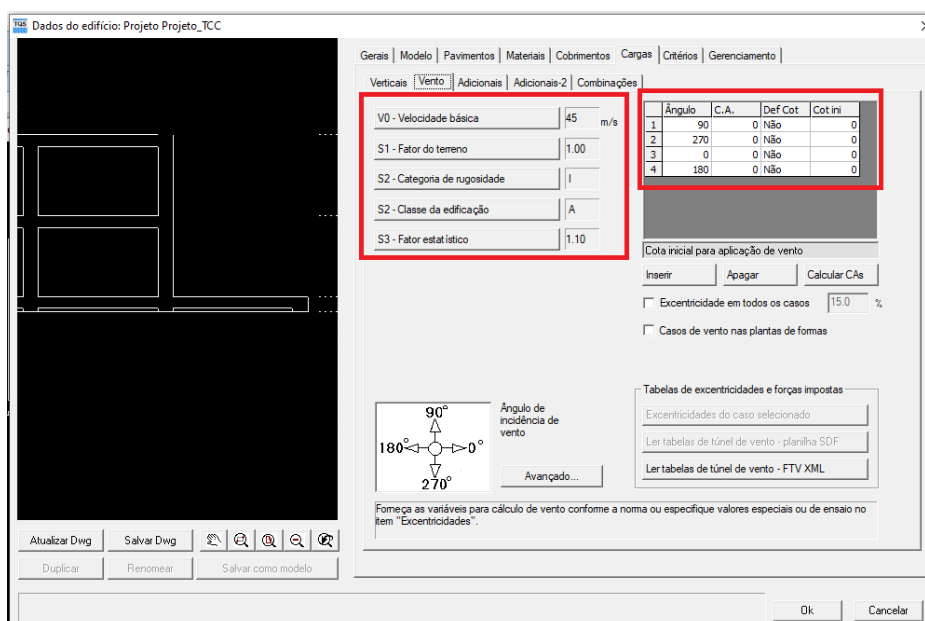
Figura 15 - Cargas de vento



Fonte: Nota do autor (2023)

Após selecionada, aparecerá a seguinte tela, conforme se demonstra a figura 16.

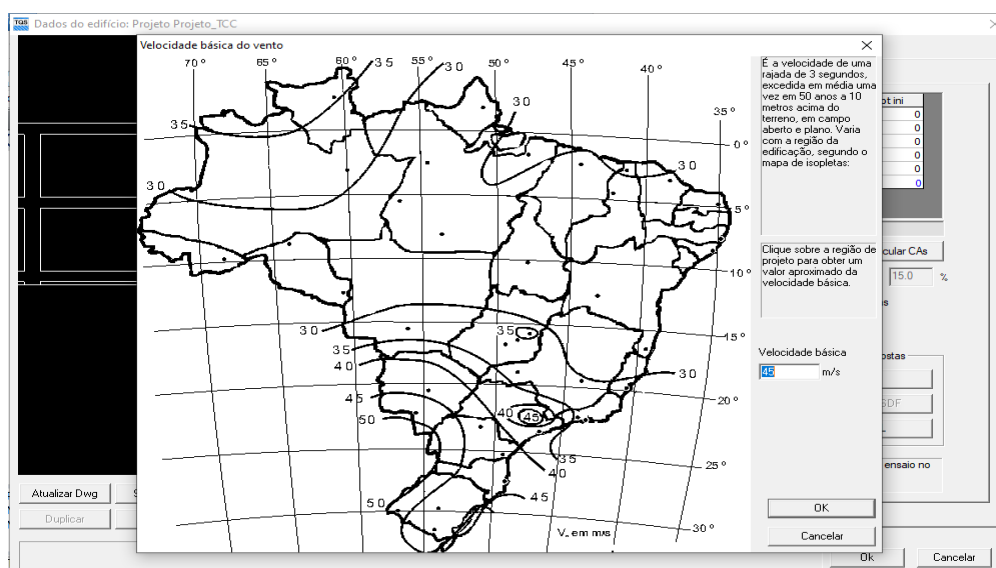
Figura 16 - Definindo os dados do vento



Fonte: Nota do Autor (2023)

Admitiu-se o coeficiente de arrasto com valor 1 para todos os ângulos para fins de facilitação de cálculo. Para saber os valores usuais consideradas da velocidade básica do vento admitida, clica-se em “velocidade básica”, que aparecerá a seguinte tela, conforme se demonstra a figura 17.

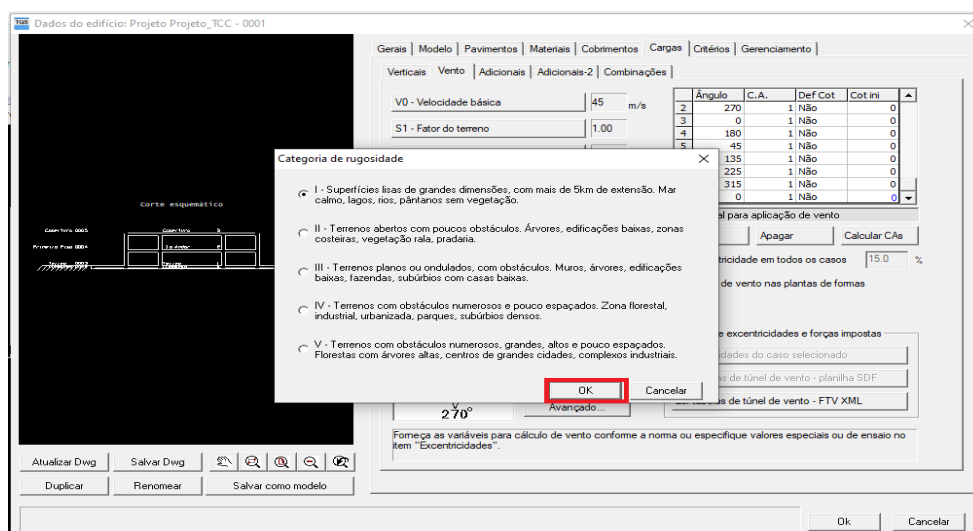
Figura 17 - Velocidade básica do vento



Fonte: Nota do autor (2023)

Como no presente trabalho, a edificação a ser dimensionada encontra-se em Belém, considerou-se a velocidade básica do vento como 33 m/s. após a definição, confirma-se em “OK”. Outro fator a ser utilizado é a “categoria de rugosidade” que trata sobre o local onde a edificação será instalada, conforme se demonstra a figura 18.

Figura 18 - Categoria de rugosidade

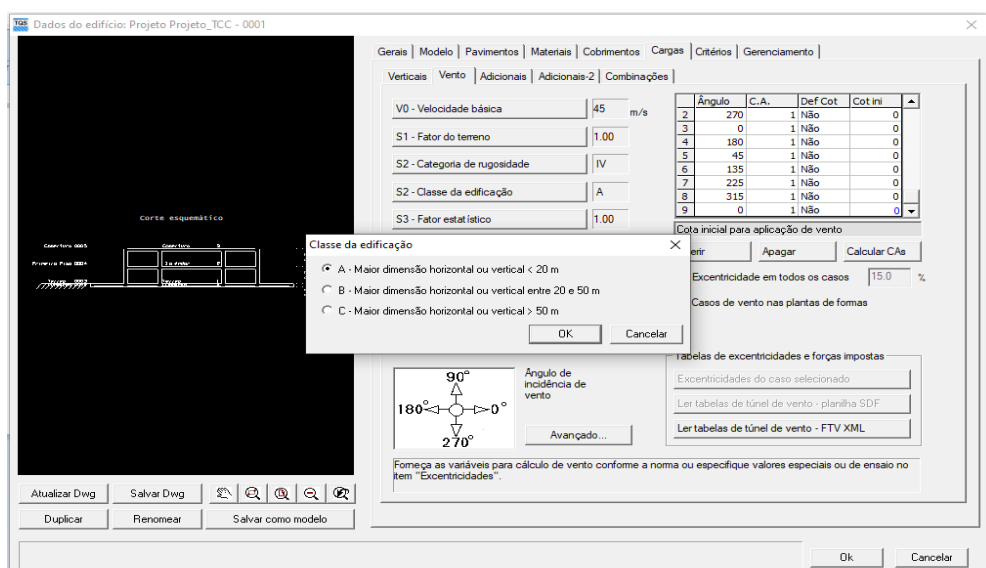


Fonte: Nota do autor (2023)

A “categoria de rugosidade” escolhida foi a III, devido a localidade, de forma teórica, será construída em um local com alguns obstáculos como árvores e edificações baixas. Após a escolha, clica-se em “OK”.

O próximo item a ser escolhido é a classe da edificação. A classe é definida de acordo como a maior dimensão horizontal, conforme se demonstra a figura 19.

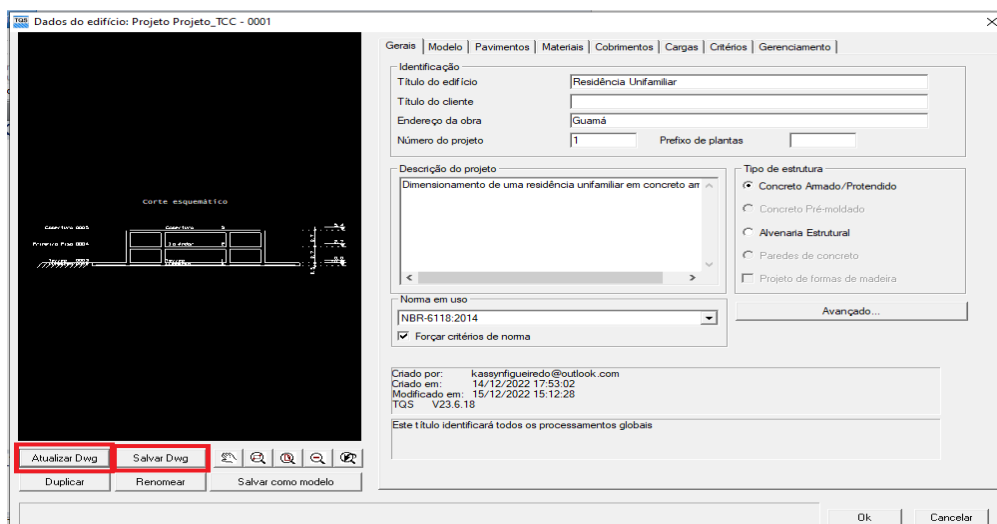
Figura 19 - Classe da edificação



Fonte: Nota do autor (2023)

Para a visualização de como ficou a estrutura, clica-se em “Atualizar Dwg” e posteriormente clica-se em “Salvar Dwg”, em que aparecerá a estrutura em corte vertical, como na figura 20.

Figura 20 - Atualizar DWG



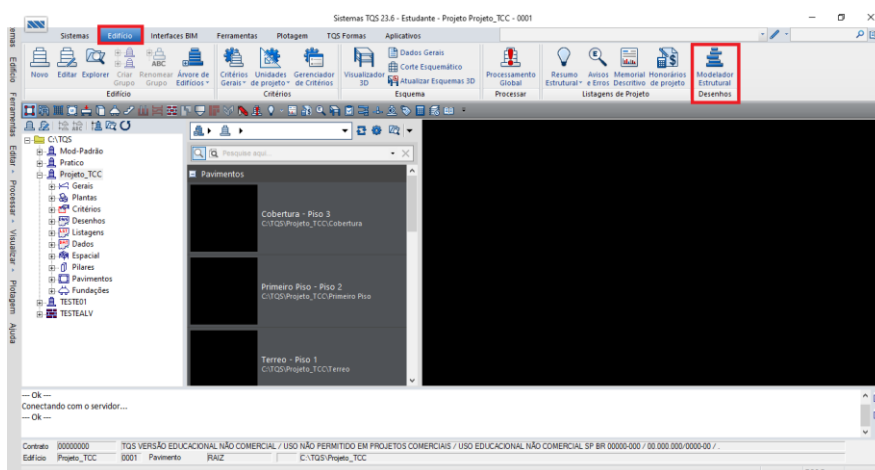
Fonte: Nota do autor (2023)

3.2.1.3. Arquitetura de referência do AUTOCAD

Para obter uma planta baixa de referência do AUTOCAD, TQS trata como referência externa. O primeiro passo para se obter uma referência externa é trazendo-a através do modelador estrutural.

Na aba “Edifício”, clica-se em “modelador estrutural”, como na figura 21.

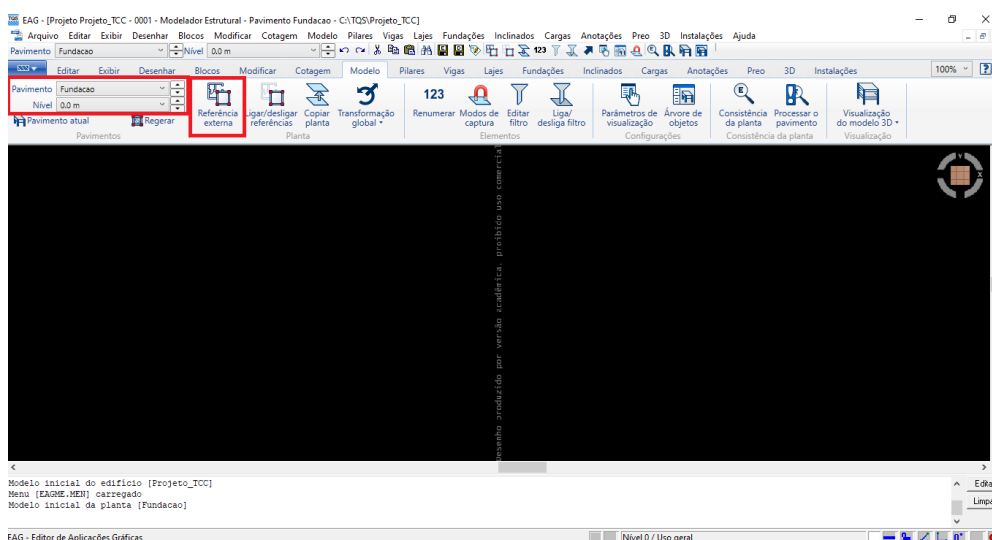
Figura 21 - Modelador Estrutural



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá, na próxima janela, a opção de “referência externa”, porém, antes de trazê-la, precisa-se escolher qual pavimento ela será instalada, como na figura 22.

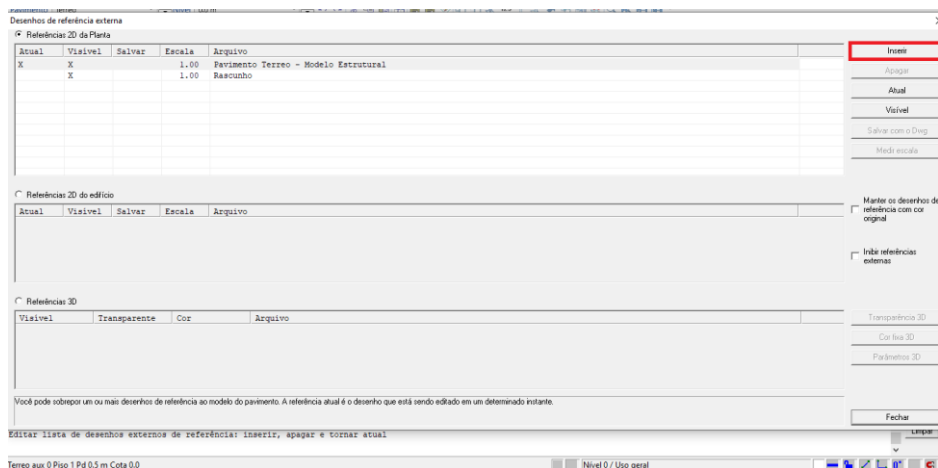
Figura 22 - Referência Externa



Fonte: Nota do autor (2023)

Após escolhido o pavimento, clica-se em “referência externa”, em que aparecerá a seguinte tela, como na figura 23.

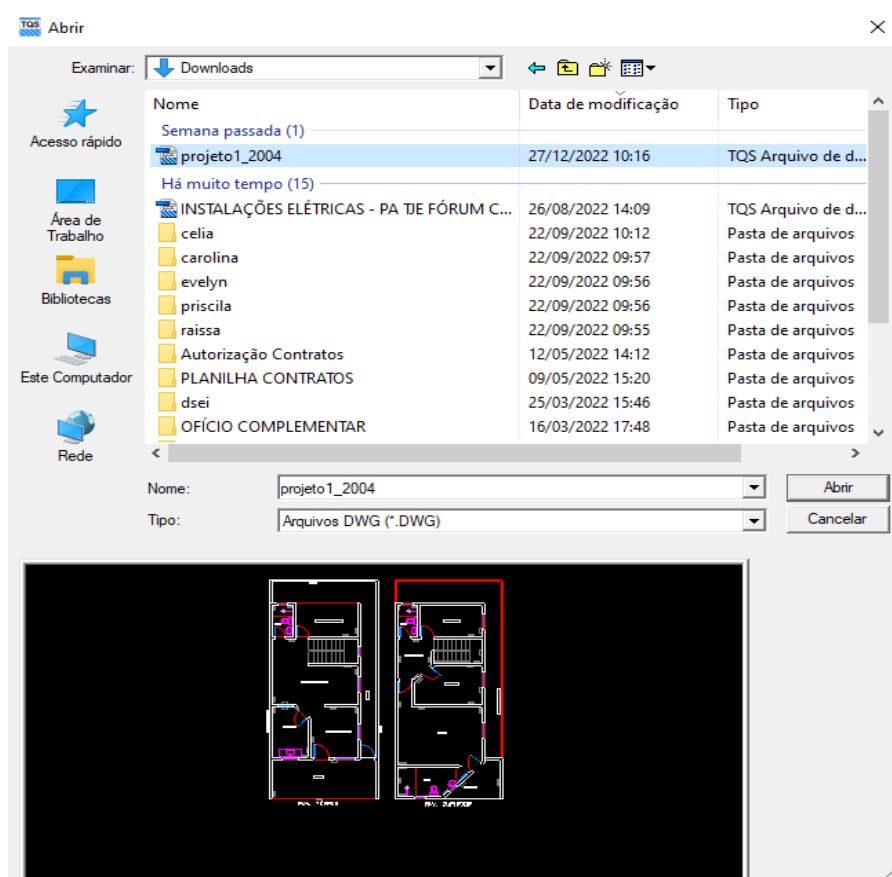
Figura 23 - Inserir referência externa



Fonte: Nota do autor (2023)

As únicas opções que já vem como o software já estão aparecendo. Para uma nova referência, clica-se em “INSERIR”, em que será apresentada a seguinte tela, como na figura 24.

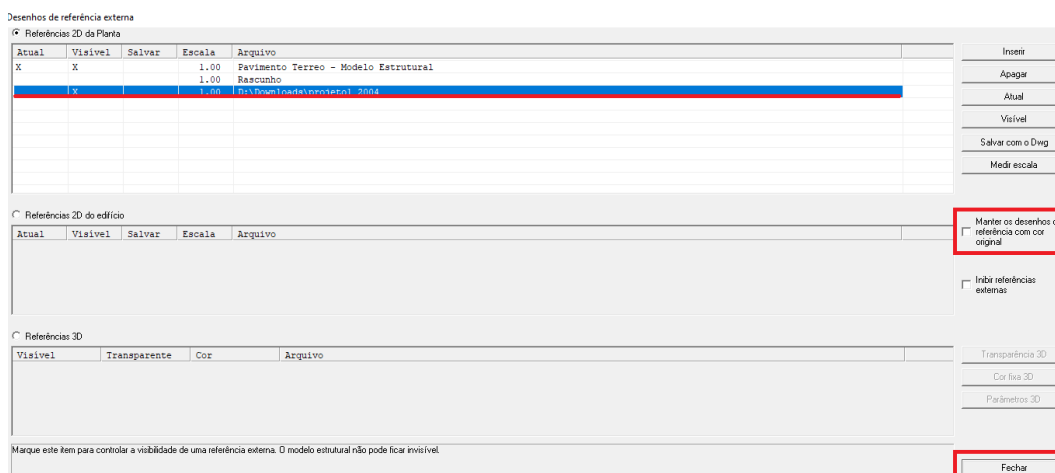
Figura 24 - Escolhendo o DWG



Fonte: Nota do autor (2023)

Com a planta baixa selecionada, ela será apresentada abaixo, após selecionada, clica-se em “ABRIR”. A janela será retornada para anterior, porém, agora irá conter a planta baixa relacionada, como na figura 25.

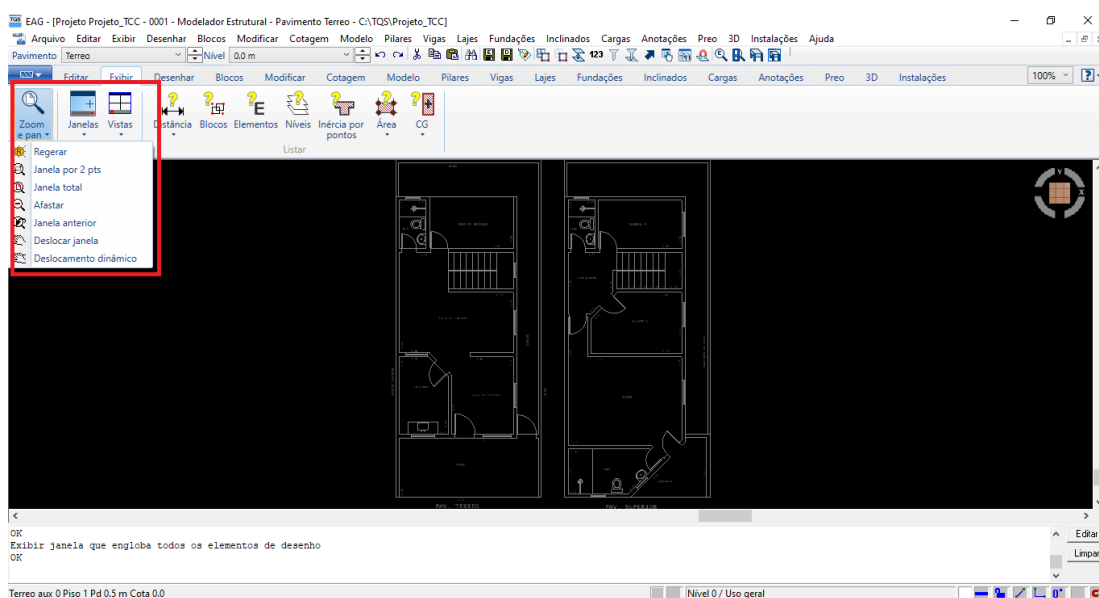
Figura 25 - Definição da imagem



Fonte: Nota do autor (2023)

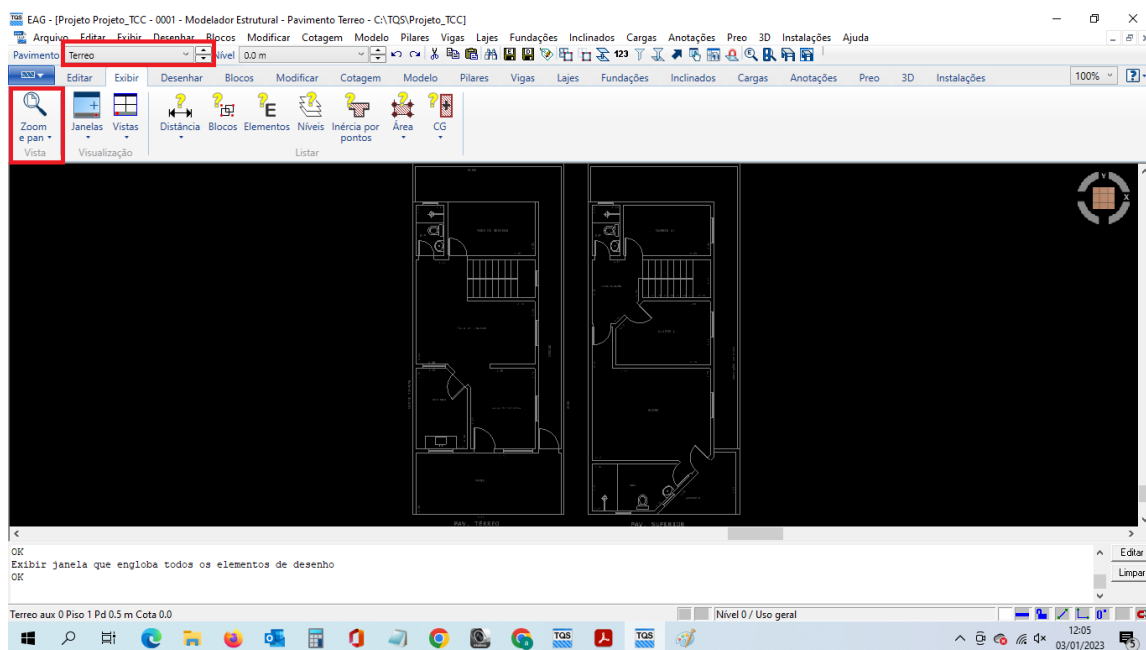
Escolhe-se não utilizar a planta em sua cor original, fazendo com que fique cinza, porém a escolha depende do projetista. Algumas plantas escolhe-se manter as cores que vem para poder fazer a diferenciação das penas ao se exibir a planta. Após escolhido, clica-se em “FECHAR”. Para a melhor visualização, clica-se na aba “EXIBIR”, e em “Zoom e pan”, escolhe-se “janela total”, conforme se demonstra nas figuras 26 e 27.

Figura 26 - Zoom e Pan



Fonte: Nota do autor (2023)

Figura 27 - Planta baixa

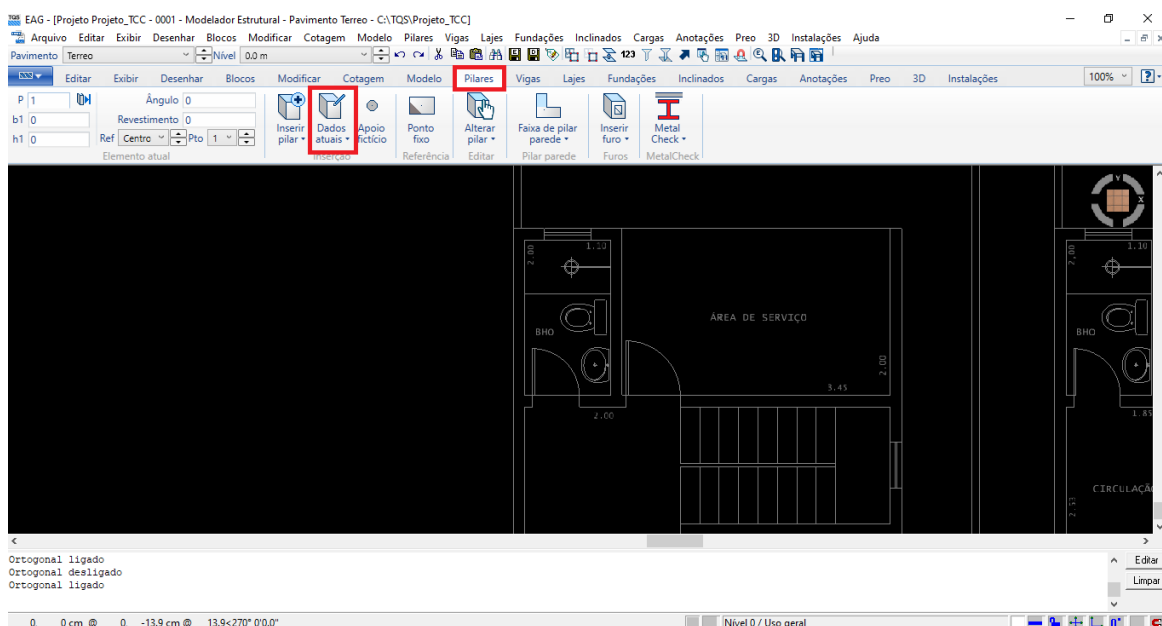


Fonte: Nota do autor (2023)

3.2.1.4. Lançamento dos Pilares

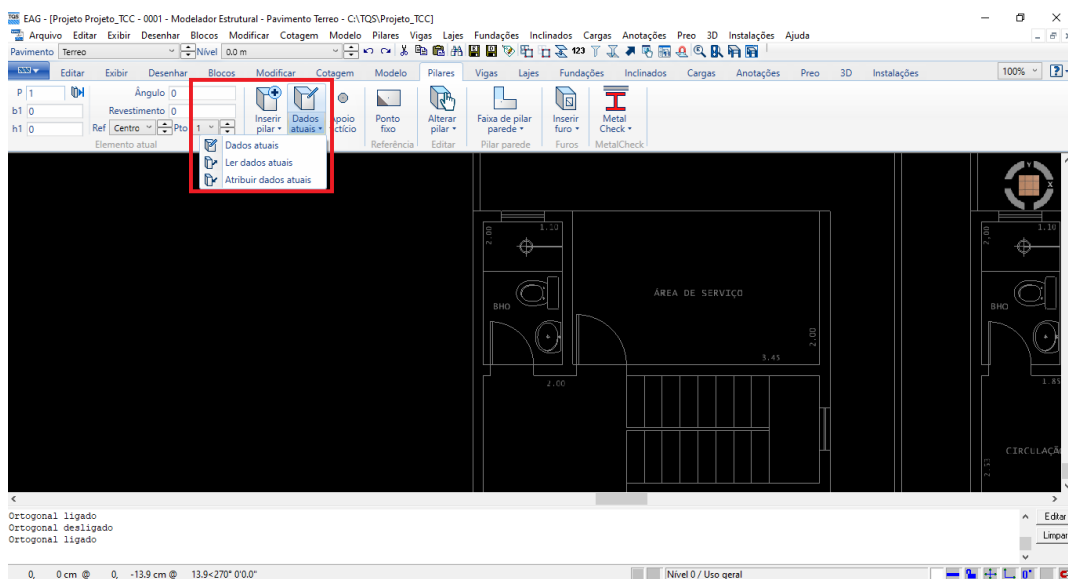
Após escolhido onde será localizado cada pilar da edificação, pode-se fazer o lançamento dos pilares através da aba “PILARES”. Ao clicar em “Dados atuais”, define-se as dimensões do pilar, a numeração e a carga, como nas figuras 28 e 29.

Figura 28 - Inserção dos pilares



Fonte: Nota do autor (2023)

Figura 29 - Dados dos pilares



Fonte: Nota do autor (2023)

Após clicar na aba “Dados atuais”, aparecerá a seguinte tela, conforme se mostra na figura 30.

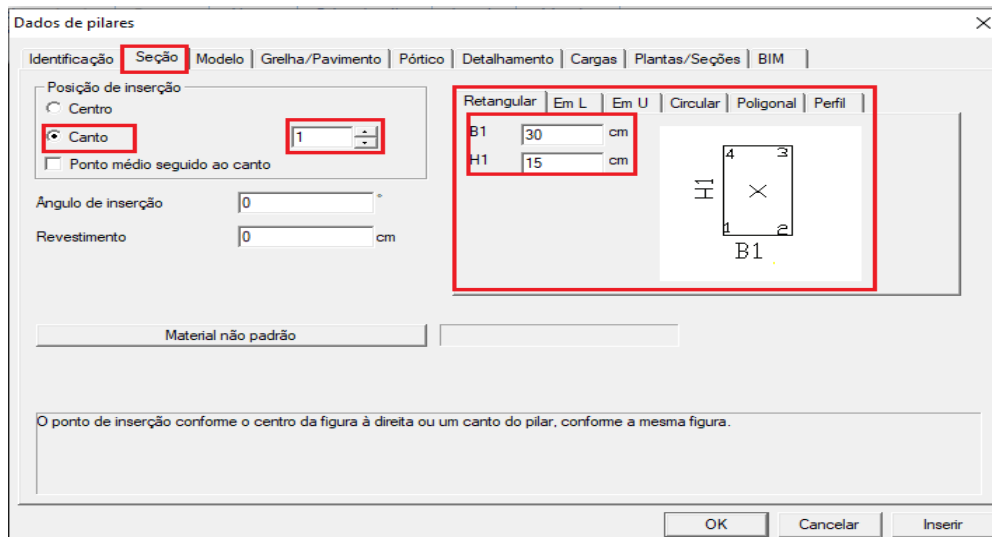
Figura 30 - Identificação dos pilares

Fonte: Nota do autor (2023)

Na parte “Identificação”, aparecerá os dados relativos à numeração do pilar. Automaticamente será definido como “P01”. Posteriormente será visto como se fará para renumerar todos os pilares, independente da ordem de lançamento.

Na aba “Seção”, define-se os dados relativos à geometria do pilar. Quando acionada, aparecerá a seguinte tela, conforme se exhibe na figura 31.

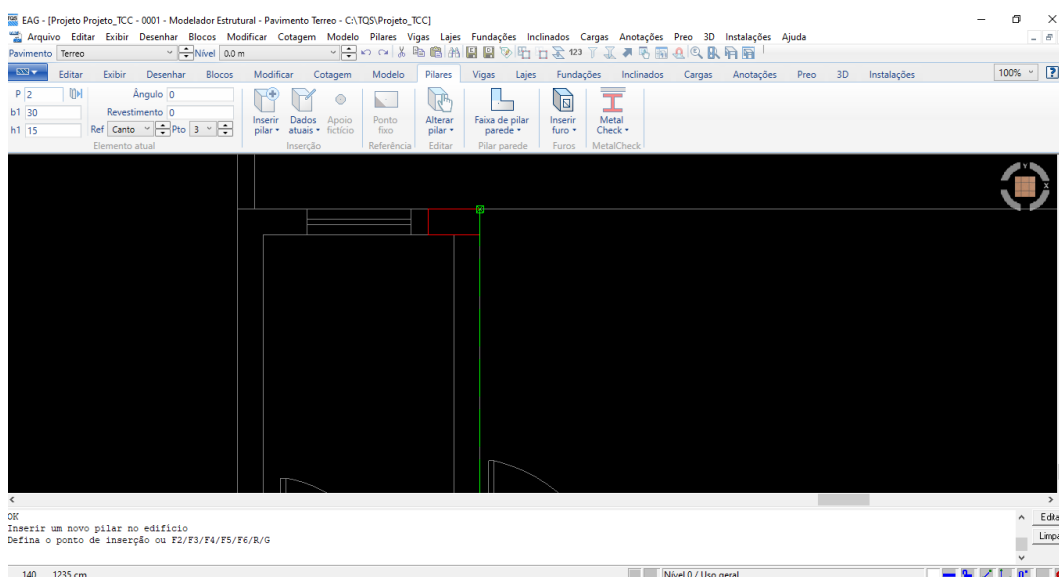
Figura 31 - Seção dos pilares



Fonte: Nota do autor (2023)

Deve-se escolher “canto” em “posição de inserção” caso queira colocar através de um dos quatro cantos do pilar (retangular, no caso). A escolha de “centro” é dada através do centro do pilar. O software permite também a escolha da geometria do pilar. As dimensões são escolhidas através da imagem. Como o primeiro pilar ficará de forma horizontal, a maior dimensão escolhida é “h1”. As dimensões escolhidas para o pilar são 15x30 cm, conforme se exhibe na figura 32.

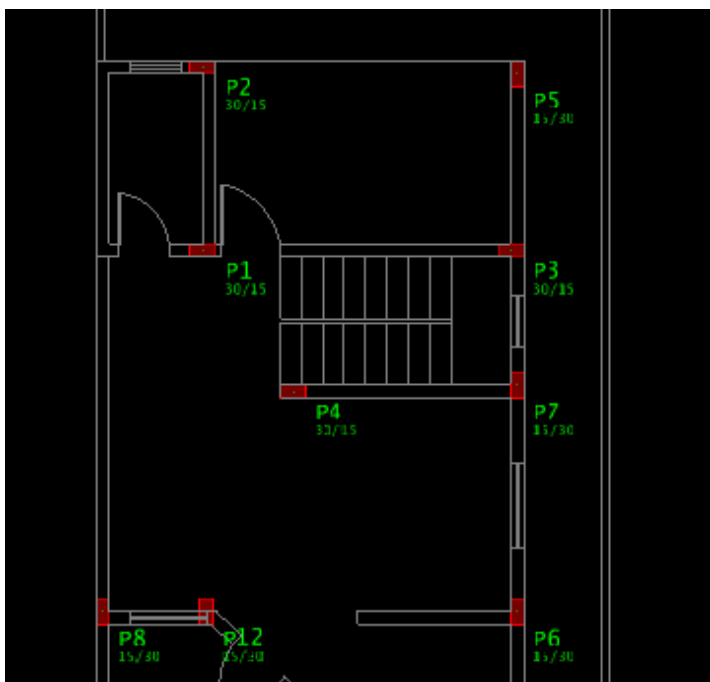
Figura 32 - Posicionando pilares



Fonte: Nota do autor (2023)

O software auxilia na distribuição dos pilares, pois ele marca as posições de acordo com a planta baixa que foi inserida dentro do projeto. As vigas e pilares podem de forma aleatória e posteriormente permite-se renomear, através de uma função que o software oferece. A distribuição final dos pilares é exibida na figura 33.

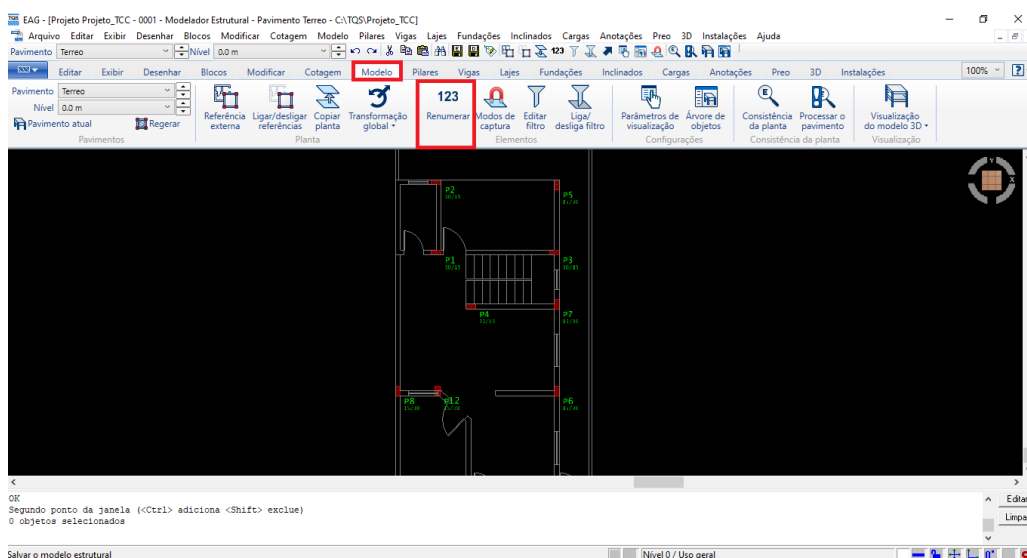
Figura 33 - Pilares posicionados -



Fonte: Nota do autor (2023)

Para renumerar os pilares (válido para vigas e laje também), faz-se da seguinte forma, conforme se demonstra na figura 34.

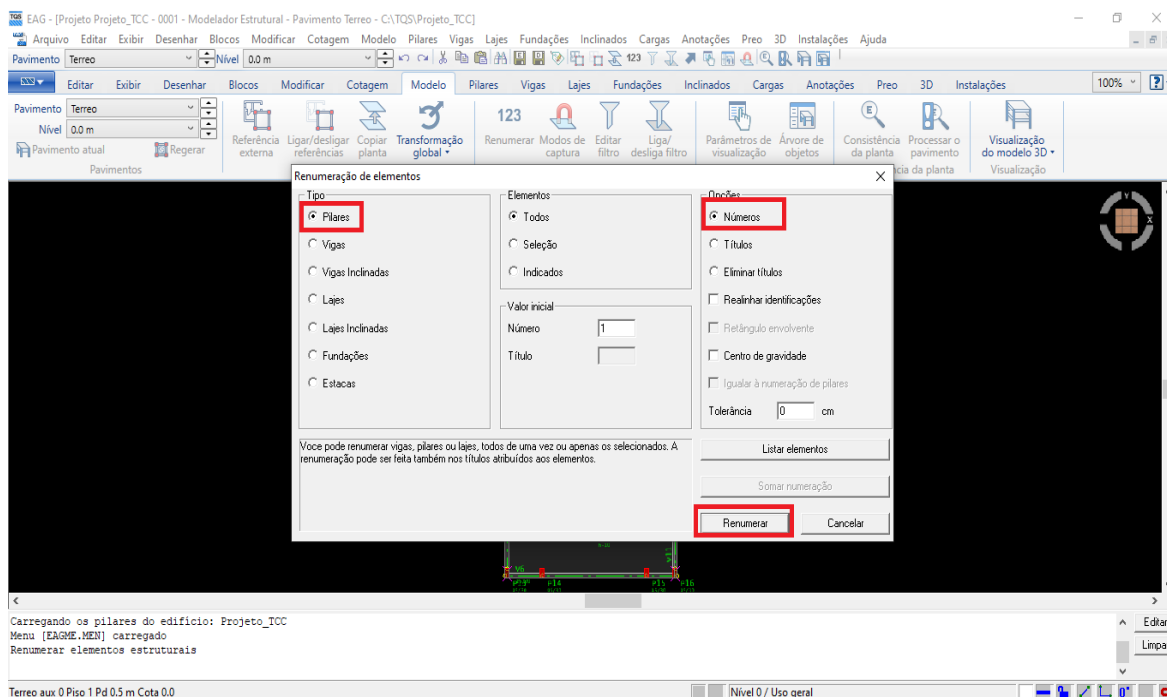
Figura 34 - Renumeração Pilares



Fonte: Notas do autor (2023)

Na aba “Modelo”, seleciona-se a aba “renumerar”. Aparecerá a seguinte tela, conforme apresentado na figura 35.

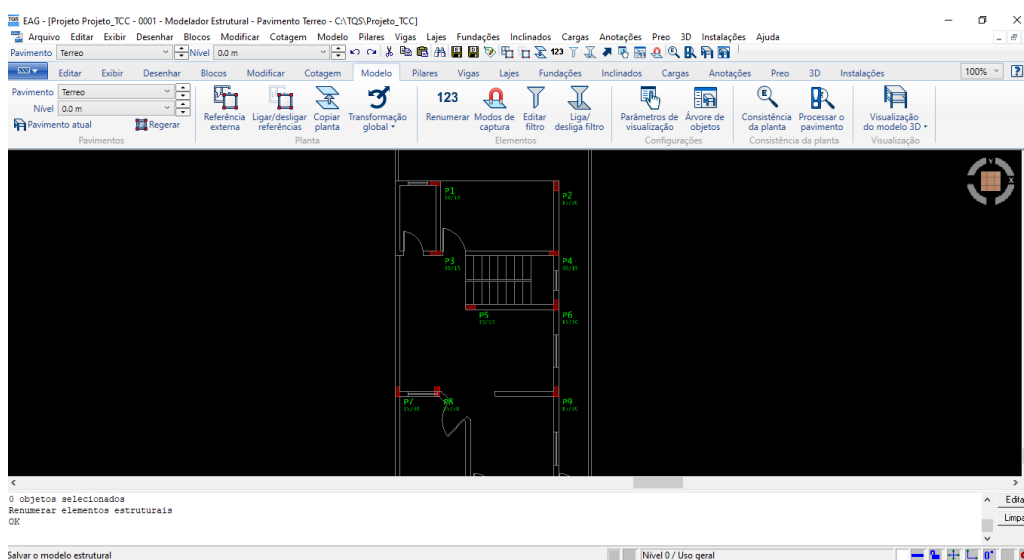
Figura 35 - Renumeração Pilares



Fonte: Nota do autor (2023)

Logo estarão ordenados de forma padrão utilizada em projetos, conforme demonstrado na figura 36.

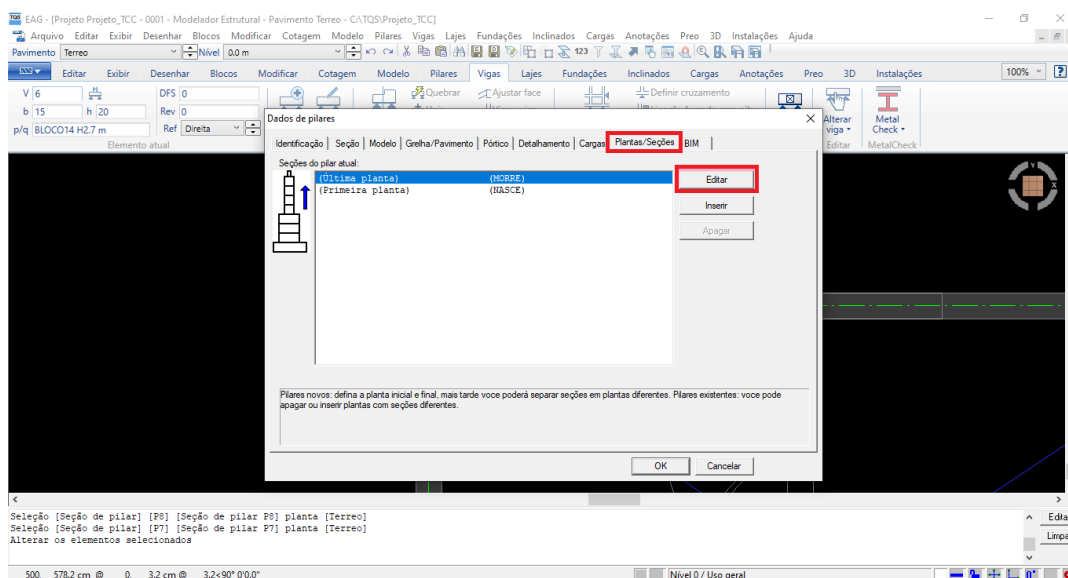
Figura 36 - Pilares Renumerados



Fonte: Nota do autor (2023)

No exemplo de projeto utilizado neste trabalho, nem todos os pilares iniciam na fundação e terminam na cobertura. Para alterar o início ou o fim de cada pilar, clica-se duas vezes com o botão direito do mouse em cima do pilar escolhido. Após isso, aparecerá a seguinte tela, conforme demonstrado na figura 37.

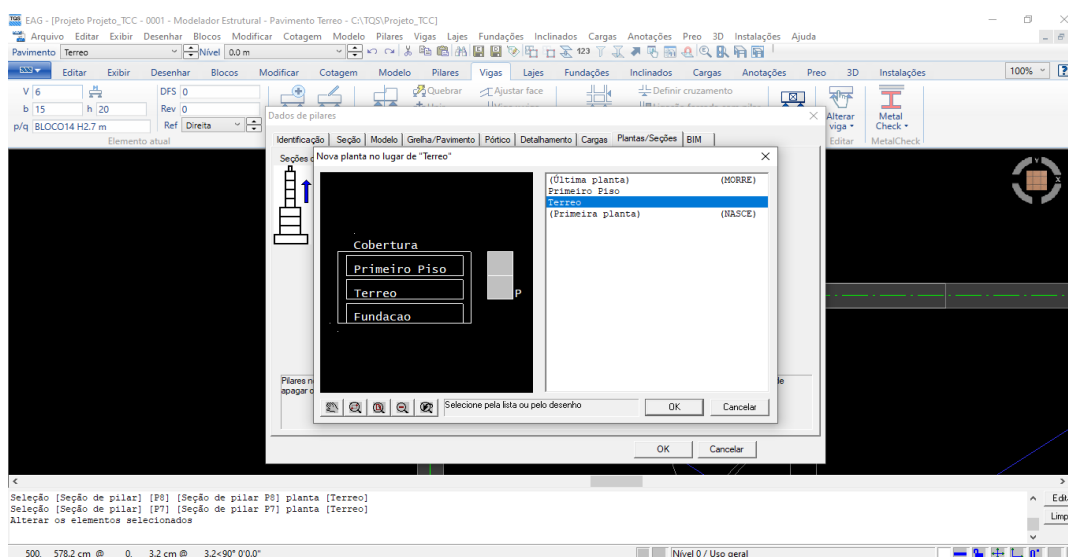
Figura 37 - Editando Pilares



Fonte: Nota do autor (2023)

Na parte de “plantas/seções”, aparecerá a tela igual a imagem acima. Escolhe-se caso queira se alterar onde o pilar “nasce” ou onde o pilar “morre”. No exemplo, a escolha do autor é para onde o pilar “nasce”. Clica-se em “editar, aparecerá a seguinte tela, conforme demonstrado na figura 38.

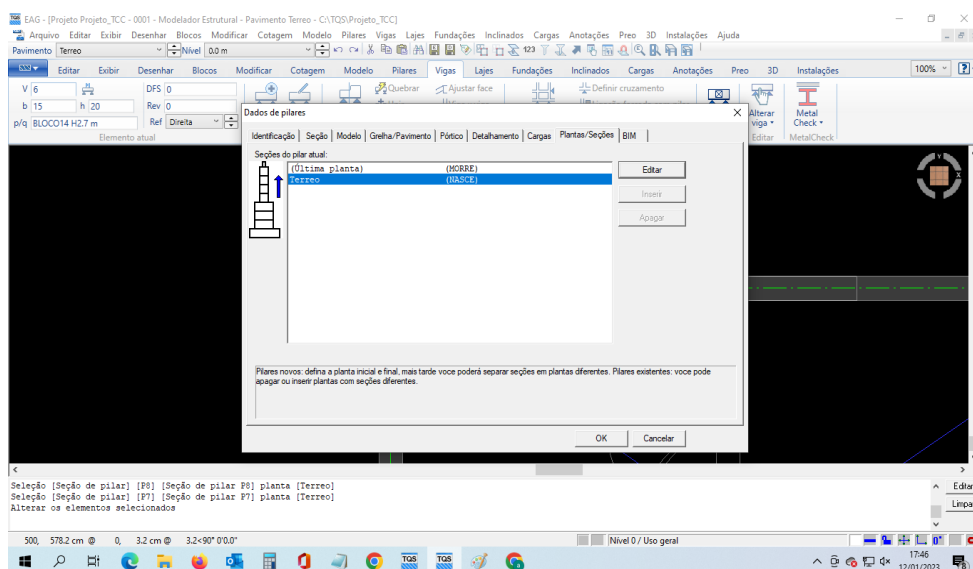
Figura 38 - Definindo onde o pilar nasce



Fonte: Nota do autor (2023)

O software TQS, de uma forma didática, demonstra em qual pavimento o pilar nasce e até onde ele vai abranger. Como pretende-se modificar até onde vai, o autor escolheu que o mesmo “nasce” no térreo e “morre” na cobertura. O pilar fica definido conforme demonstrado na figura 39.

Figura 39 - Pilar Editado



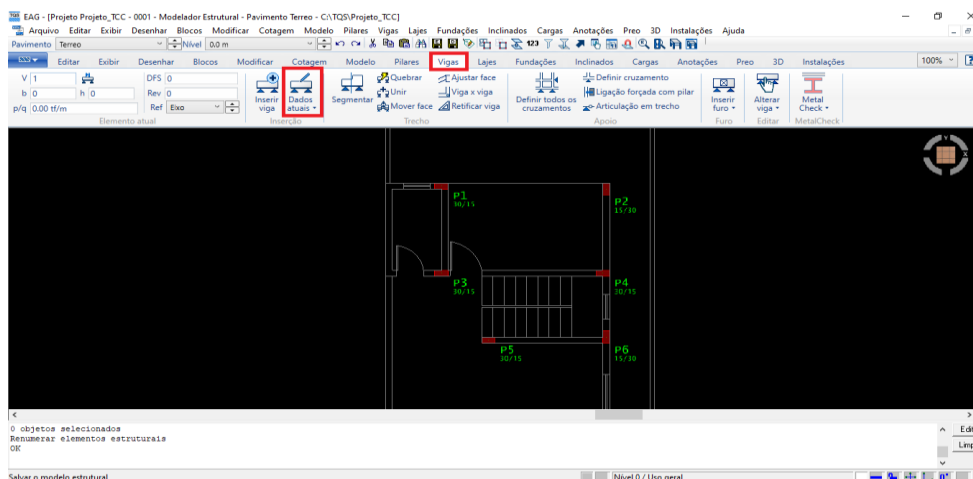
Fonte: Nota do autor (2023)

Após escolhido os andares os quais se inicia e termina o pilar, clica-se em “OK”.

3.2.1.5. Lançamento das Vigas

A inserção de vigas no sistema segue, de forma intuitiva, o mesmo padrão aplicado aos pilares. Clica-se na aba “vigas”, seleciona “dados atuais”, conforme demonstrado na figura 40.

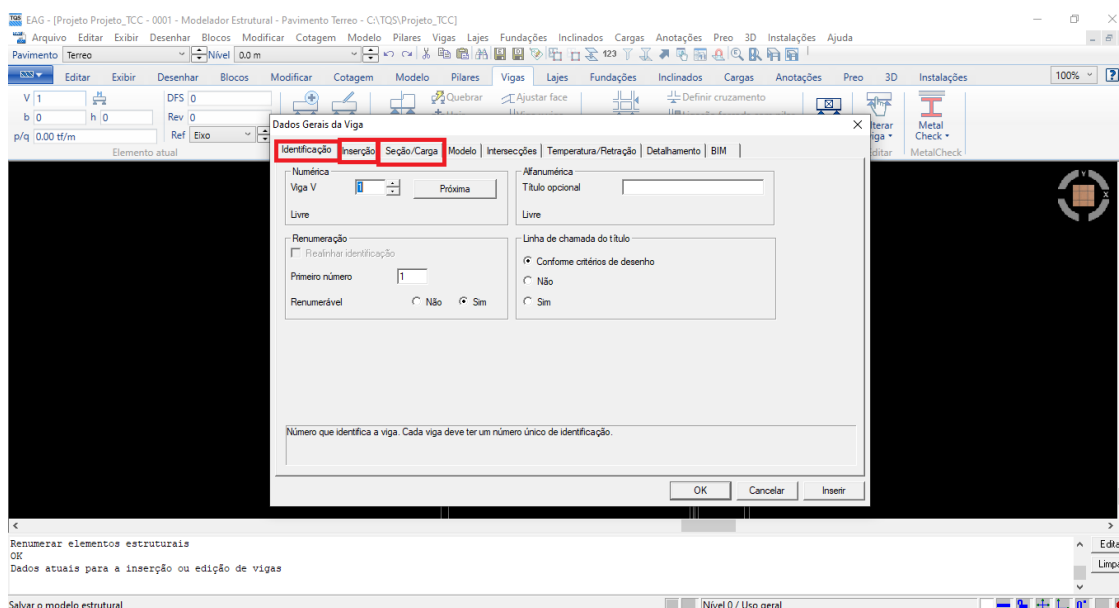
Figura 40 -Lançamento de Viga



Fonte: Nota do autor (2023)

A tela exibida é demonstrada na figura 41.

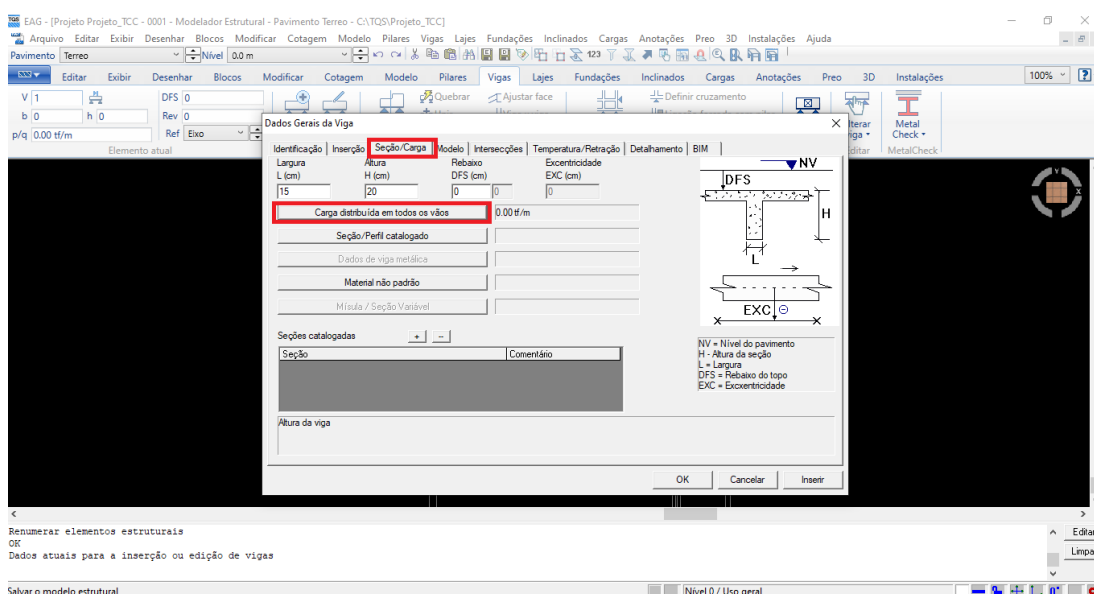
Figura 41 - Dados das Vigas



Fonte: Notas do autor (2023)

Na aba de “identificação”, será identificados todos os dados relativos a viga, como número de identificação e seu título opcional. Na aba “seção/carga”, será definida as dimensões e suas cargas, conforme é exibido na figura 42.

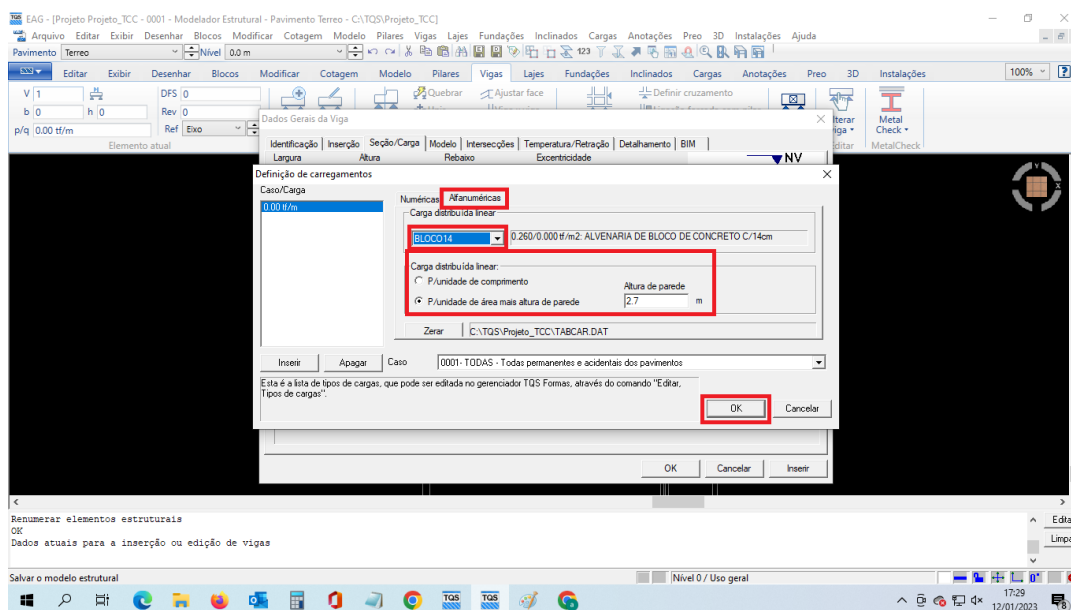
Figura 42 - Definindo carga da viga



Fonte: Nota do autor (2023)

Na estrutura escolhida, optou-se por utilizar vigas de 15x20. Na aba “cargas distribuídas em todos os vãos”, aparecerá a seguinte tela conforme demonstrado na figura 43.

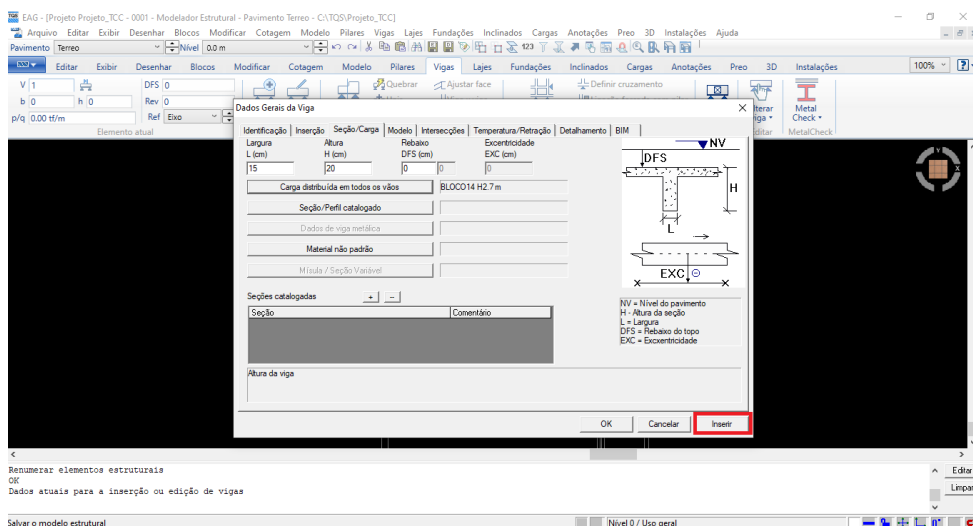
Figura 43 - Escolha da carga sobre a viga



Fonte: nota do autor (2023)

Seleciona-se a opção “p/unidade de área mais altura da parede” e o tamanho do bloco. A escolha do autor é de bloco de 14 cm, porém o TQS fornece mais opções. Após selecionado o tipo de alvenaria, confirma-se a escolha em “OK”. Retornará para a tela anterior com as cargas selecionadas e pode-se começar a inserção, conforme demonstrado na figura 44.

Figura 44 - Definição da seção da viga

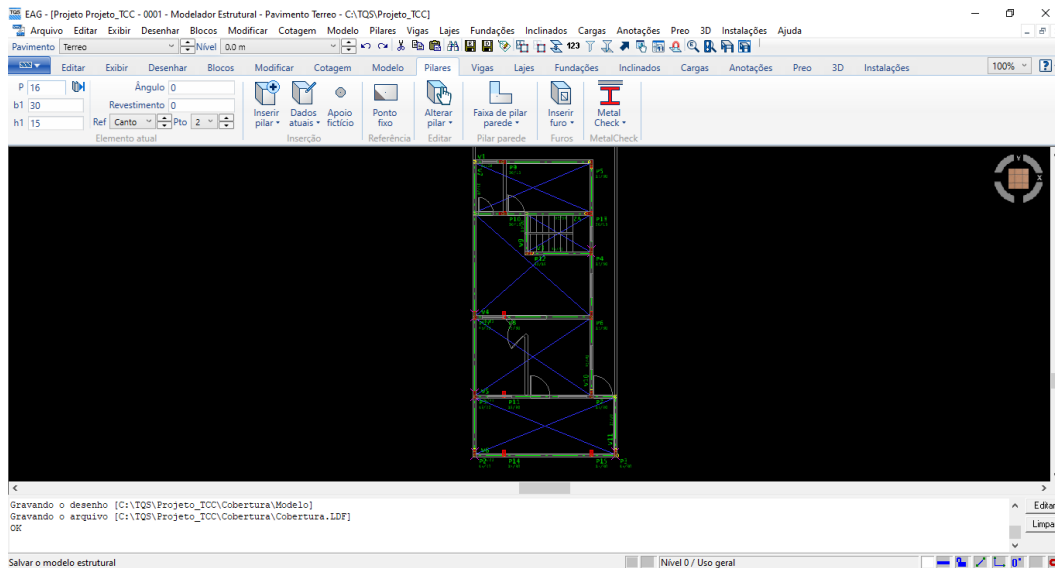


Fonte: Nota do autor (2023)

As vigas são inseridas através dos pilares. Automaticamente, quando as vigas são inseridas, forma-se espaços vazios, nesses locais serão inseridas as lajes.

Após todas as vigas inseridas, a edificação será apresentada conforme se mostra na figura 45.

Figura 45 - Vigas Inseridas

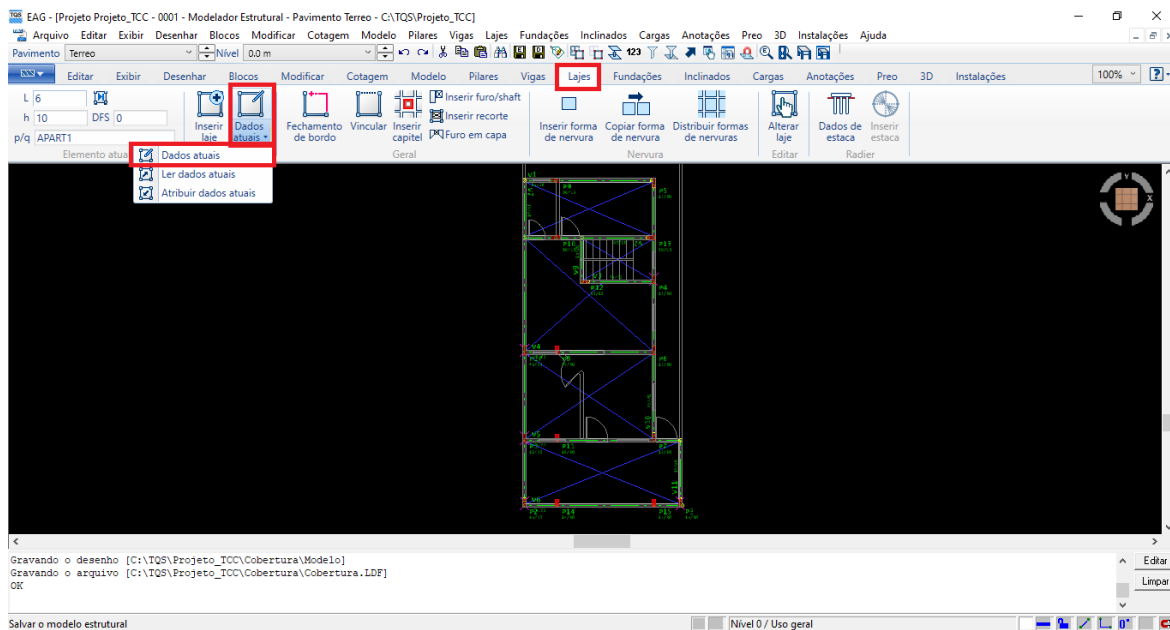


Fonte: Nota do autor (2023)

3.2.1.6. Lançamento das lajes

Em seguida, as lajes serão inseridas e, posteriormente, as plantas serão copiadas para o restante da edificação, conforme demonstra a figura 46.

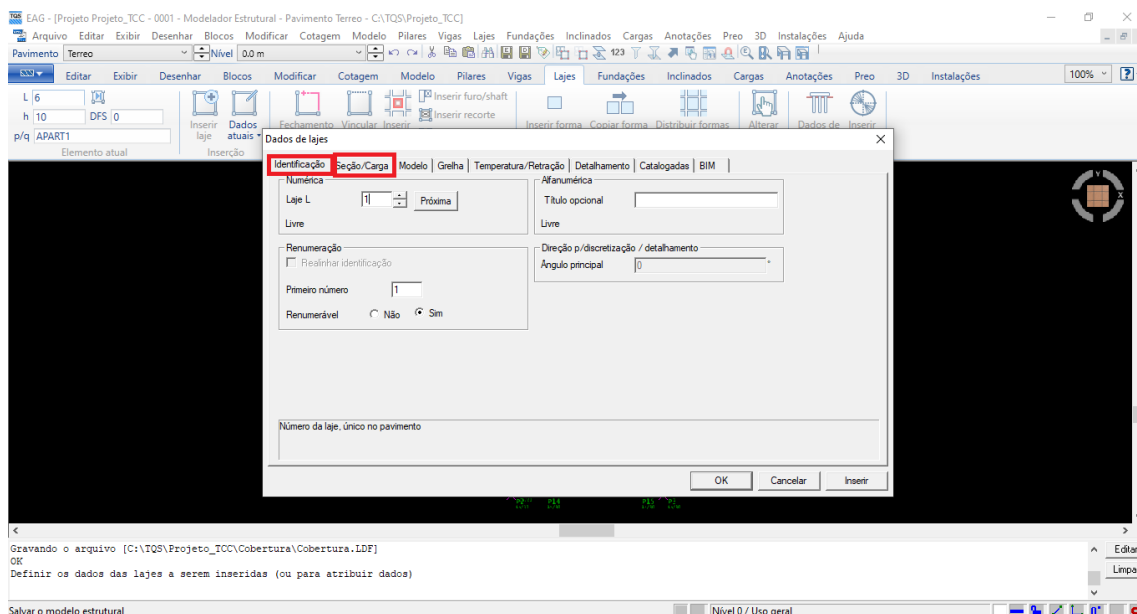
Figura 46 - Inserindo lajes



Fonte: Nota do Autor (2023)

Para lançar as lajes, seleciona-se na aba “lajes”, clica-se na aba “dados atuais”, conforme é mostrado na figura 47.

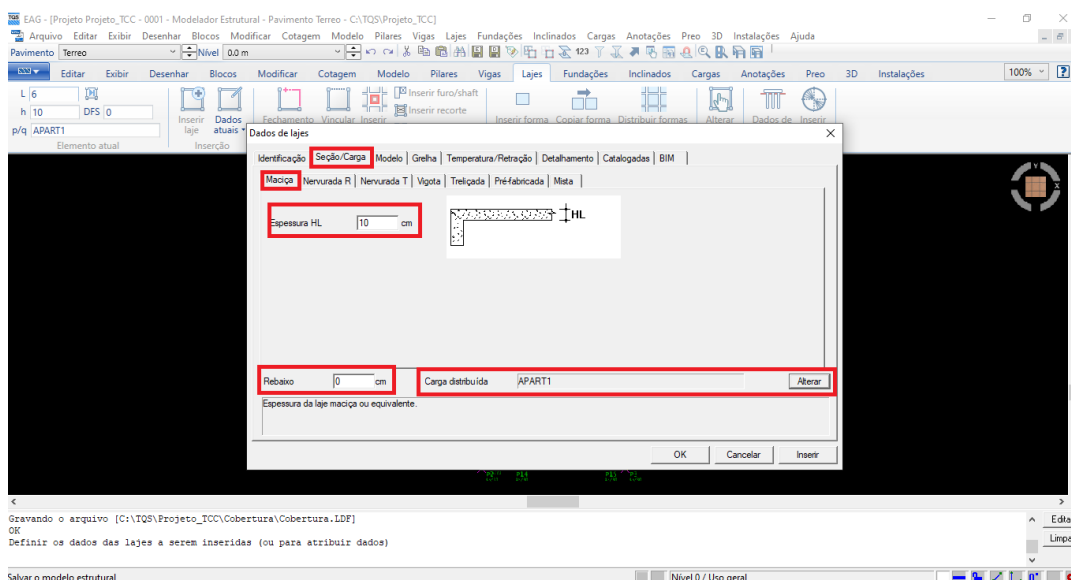
Figura 47 - Dados da laje



Fonte: Nota do autor (2023)

A aba “identificação” permitirá tratar dos dados relativos à identificação das lajes, a segunda aba, “seção/carga”, poderá ser escolhida o tipo de laje, através das diversas opções apresentadas e os dados a serem inseridos, como é mostrado na figura 48.

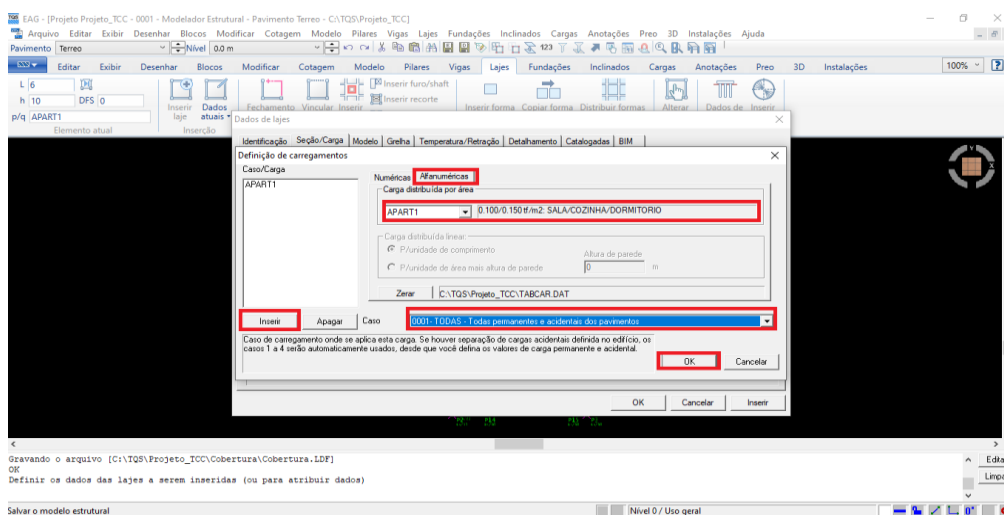
Figura 48 - Espessura da laje



Fonte: Nota do autor (2023)

O tipo de laje usado no presente trabalho será escolhido como “laje maciça”. Pode-se definir parâmetros como espessura, rebaixo e a carga distribuída. Ao selecionar a carga que será atribuída, clica-se em “alterar” e serão exibidas as diversas possibilidades de carga que já vem previamente gravadas dentro no software, como se demonstra na figura 49.

Figura 49 - Definindo carga da laje

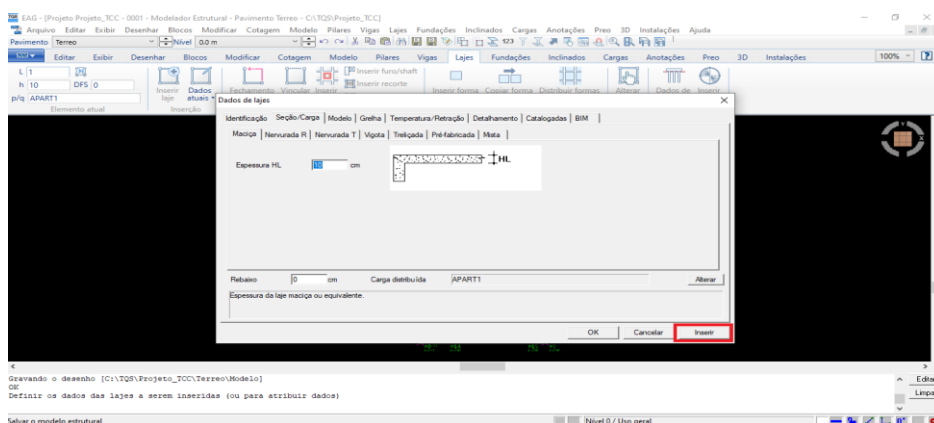


Fonte: Nota do autor (2023)

Na aba “alfanuméricas”, define-se quais cargas podem ser utilizadas de forma previamente inserida. Após escolhido qual tipo de carga é, aparecerá a unidade por m². Clica-se em “inserir” para adicionar o carregamento escolhido para a laje. Também pode-se escolher quais cargas também atuarão. No caso, todas as carregamentos interferirão na laje. Para confirmar a escolha, clica-se em “OK”.

Retornará a tela anterior, seleciona-se “inserir” para prosseguir a inserção das lajes, conforme se demonstra na figura 50.

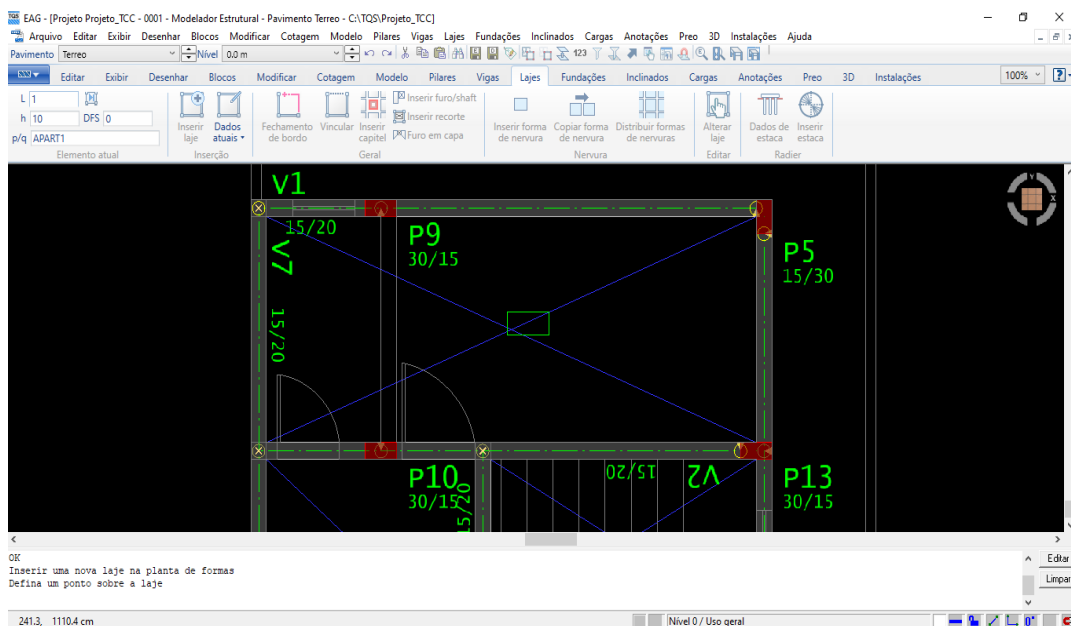
Figura 50 - Tela Inicial das lajes



Fonte: Nota do autor (2023)

A tela se apresentará conforme a figura 51.

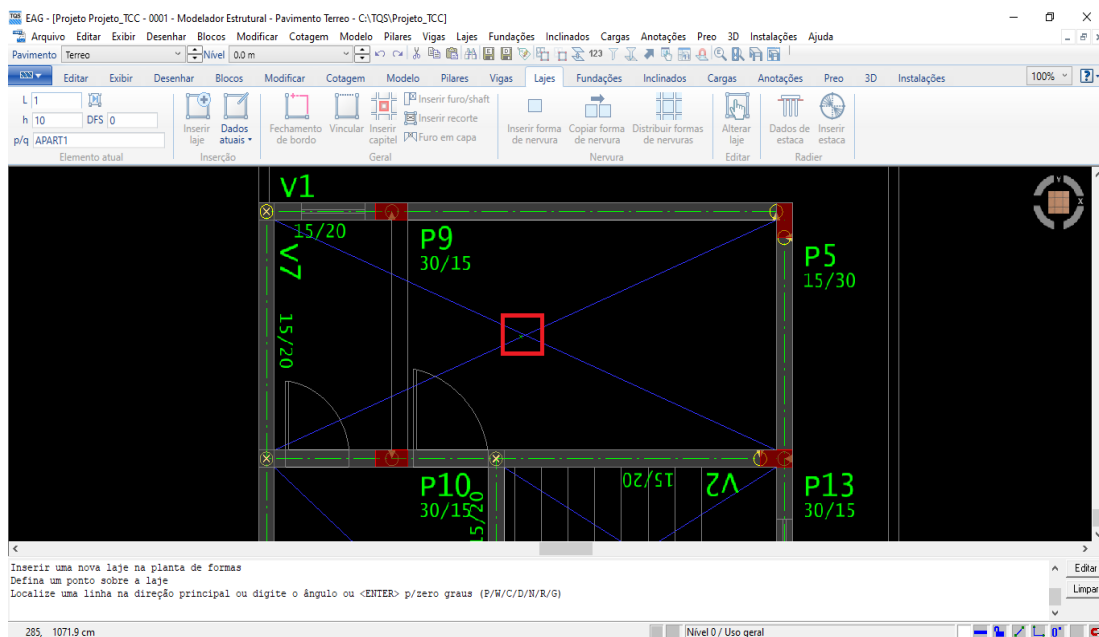
Figura 51 - Escolha do local da laje



Fonte: Nota do autor (2023)

Após clicado, aparecerá apenas um ponto verde no espaço selecionado, como é demonstrado na figura 52.

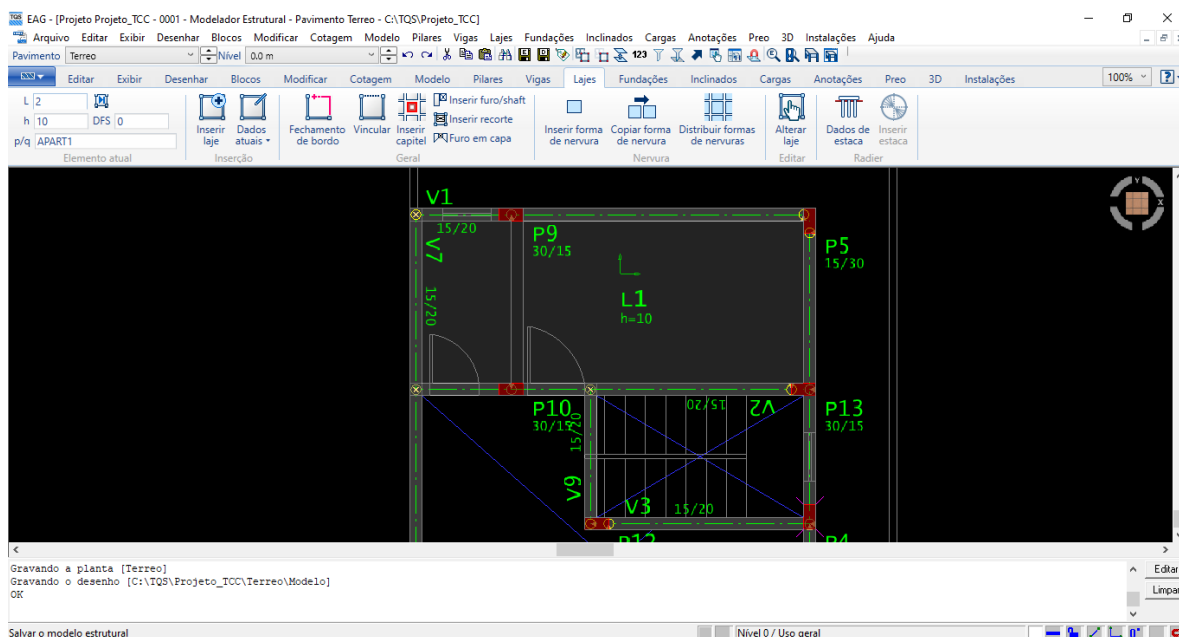
Figura 52 - Ponto para inserir laje



Fonte: Nota do autor (2023)

Clica-se novamente e a laje será inserida conforme demonstrado na figura 53.

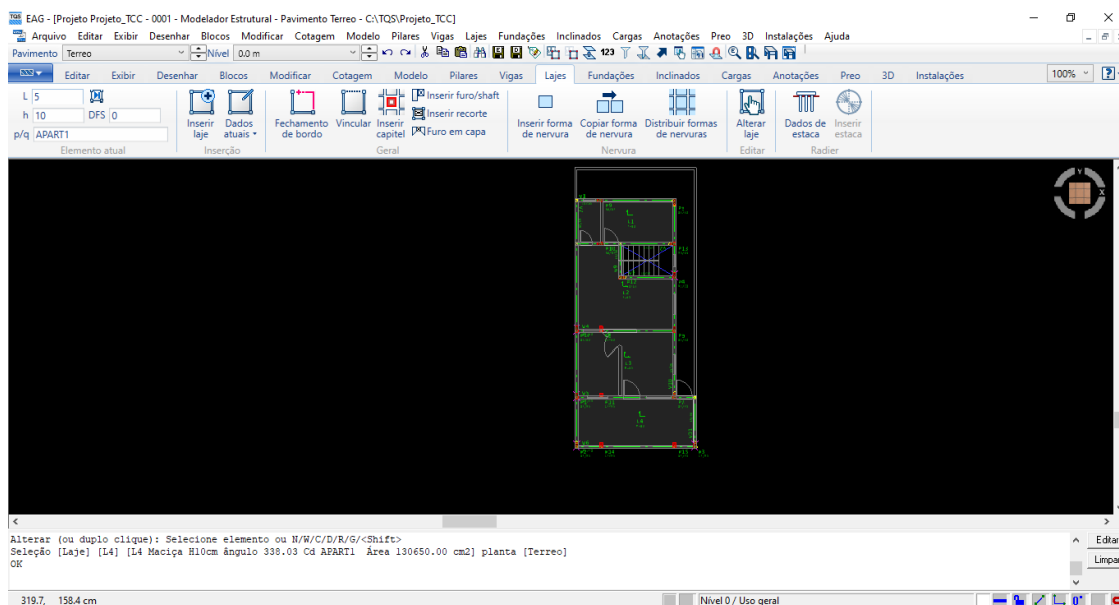
Figura 53 - Laje inserida



Fonte: Nota do autor (2023)

Este processo se repetirá para todas as lajes. após todas as lajes serem inseridas, a planta se apresentará conforme a figura 54.

Figura 54 - Todas as lajes inseridas



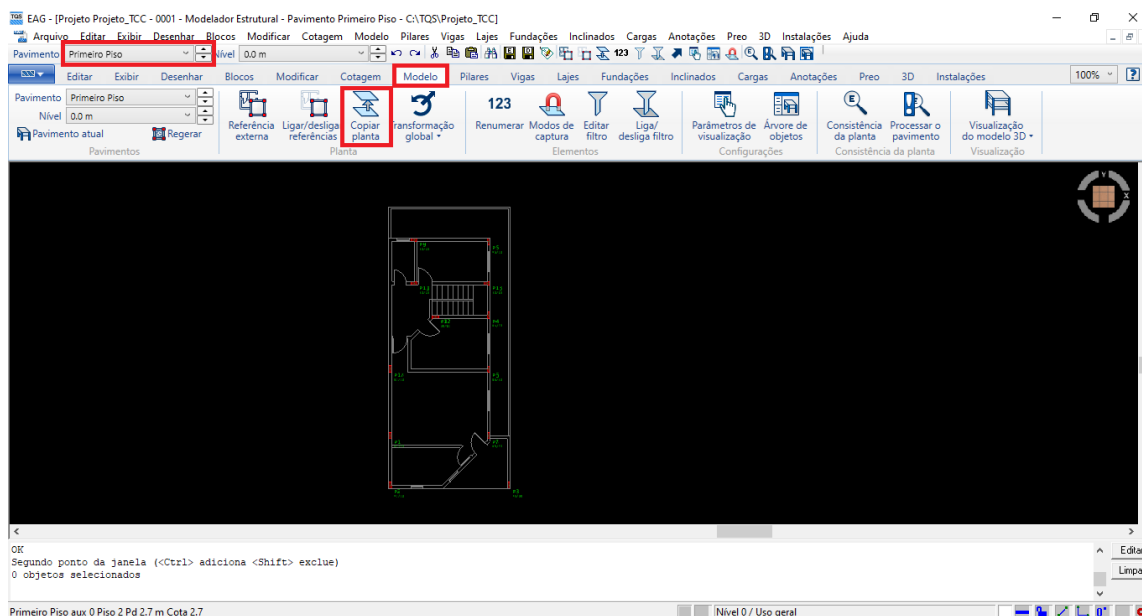
Fonte: Nota do autor (2023)

3.2.1.7. Copiando plantas

Para adicionar as plantas ao andar superior e a planta de cobertura, será utilizado a ferramenta de “copiar planta”.

Para copiar uma planta, seleciona-se o pavimento ao qual deseja-se colar a planta, clica-se na aba “modelo”, seleciona-se a aba “copiar planta”, conforme apresentado na figura 55.

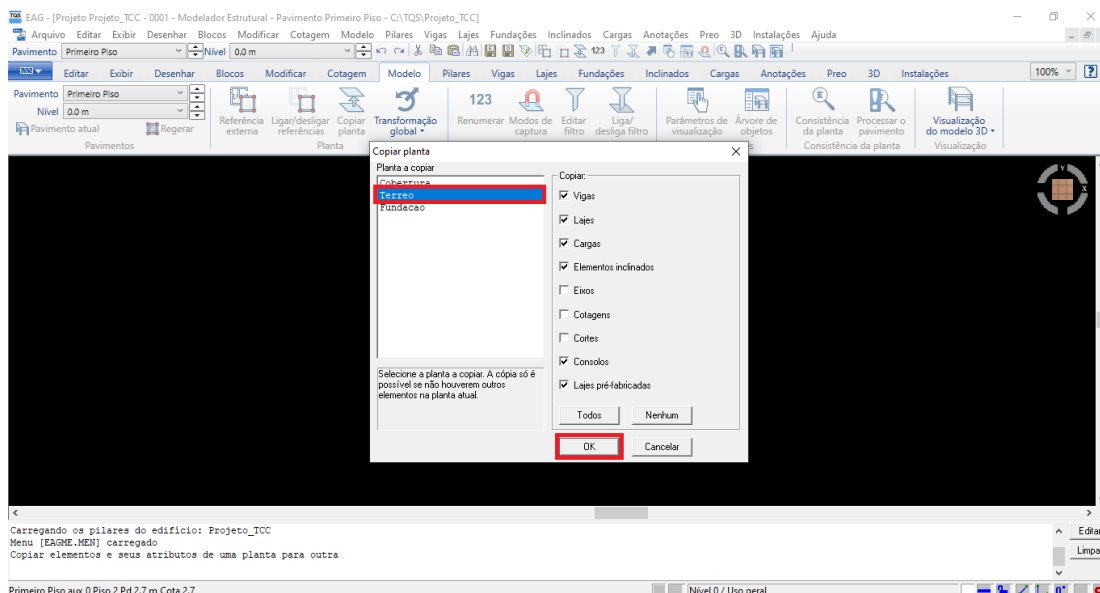
Figura 55 - Copiar planta



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá a tela conforme apresentado na figura 56.

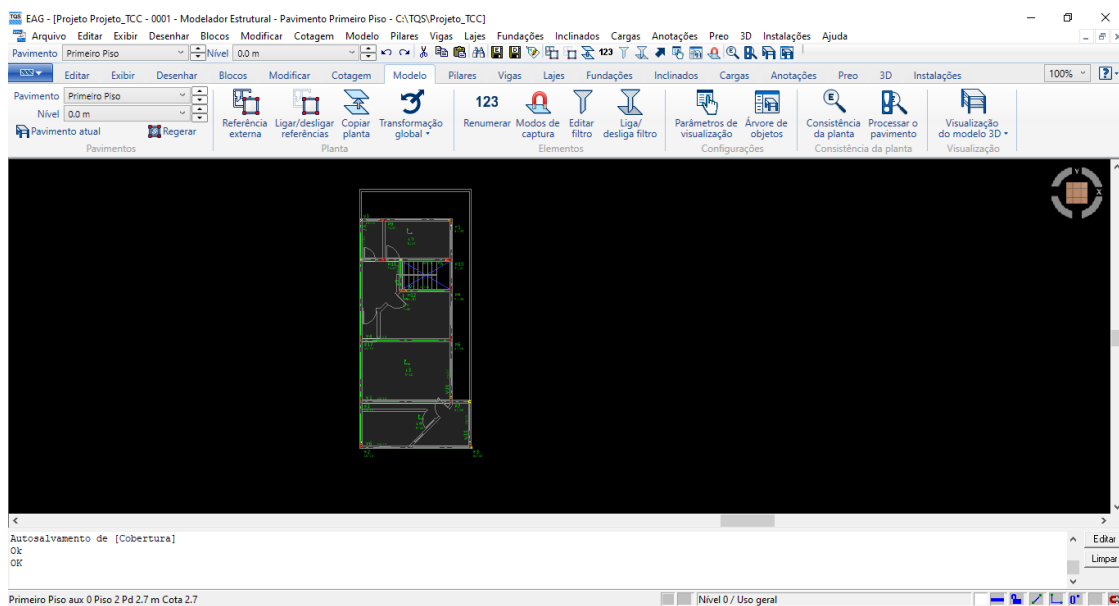
Figura 56 - Pavimento de referência



Fonte: Nota do autor (2023)

Escolhe-se o pavimento o qual se copiará e clica-se em “OK”. Após selecionado, o primeiro pavimento apresenta-se da seguinte maneira, conforme apresentado na figura 57.

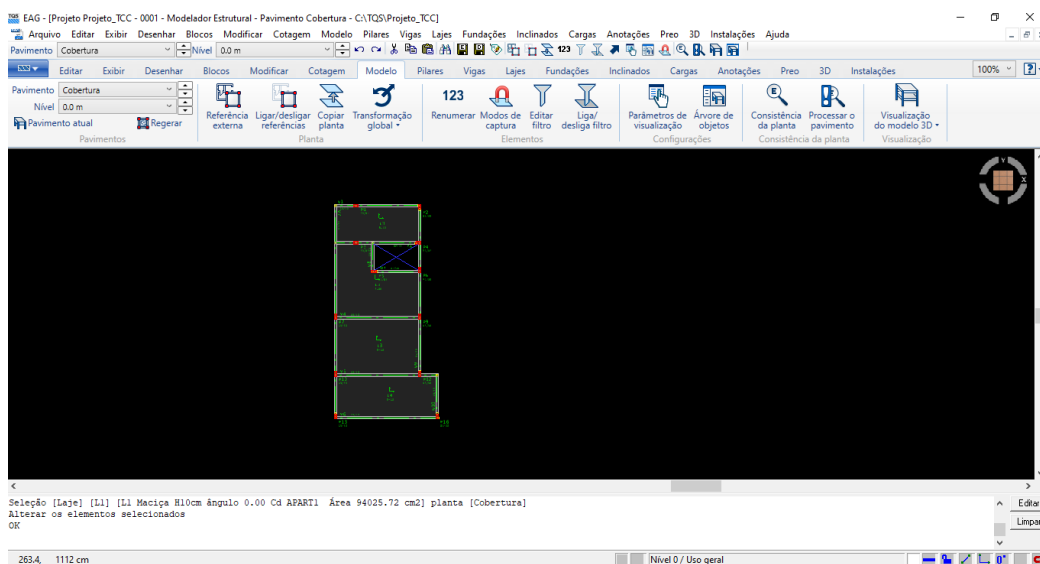
Figura 57 - Primeiro pavimento



Fonte: Nota do autor (2023)

O mesmo se repetirá para a cobertura, conforme apresentado na figura 58. Em casos de pavimentos tipo, que se repetem diversas vezes, os dados serão copiados para todos os níveis da edificação.

Figura 58 - Cobertura



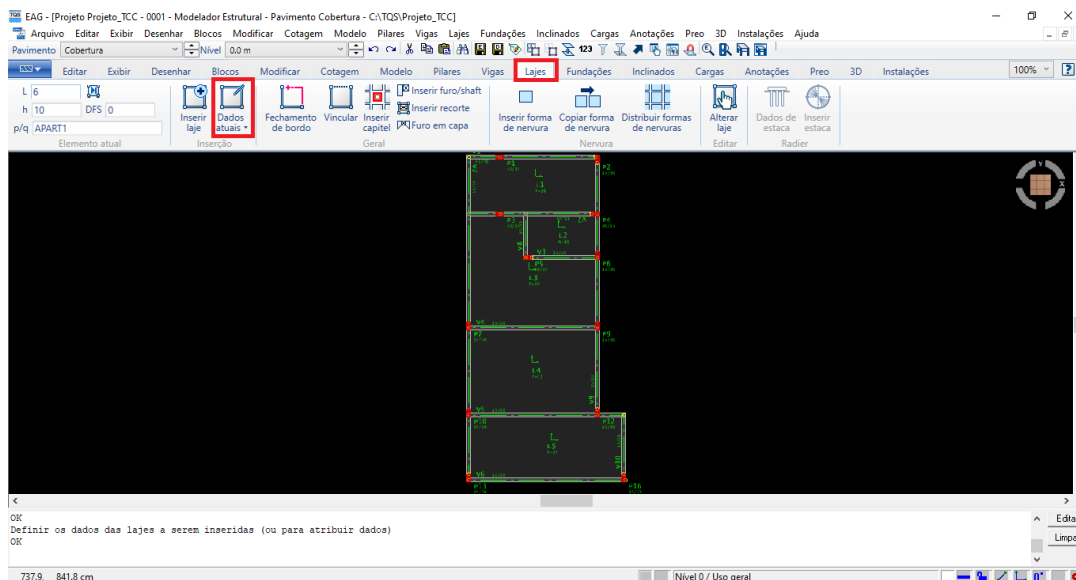
Fonte: Nota do autor (2023)

Para finalizar a parte da cobertura, deve-se: adicionar a laje no vão, renumerar as lajes, vigas e pilares e mudar o tipo de carregamento da laje para cobertura e renumerar conforme foi ensinado no item 3.2.1.4.

3.2.1.8. Alterando o carregamento da laje

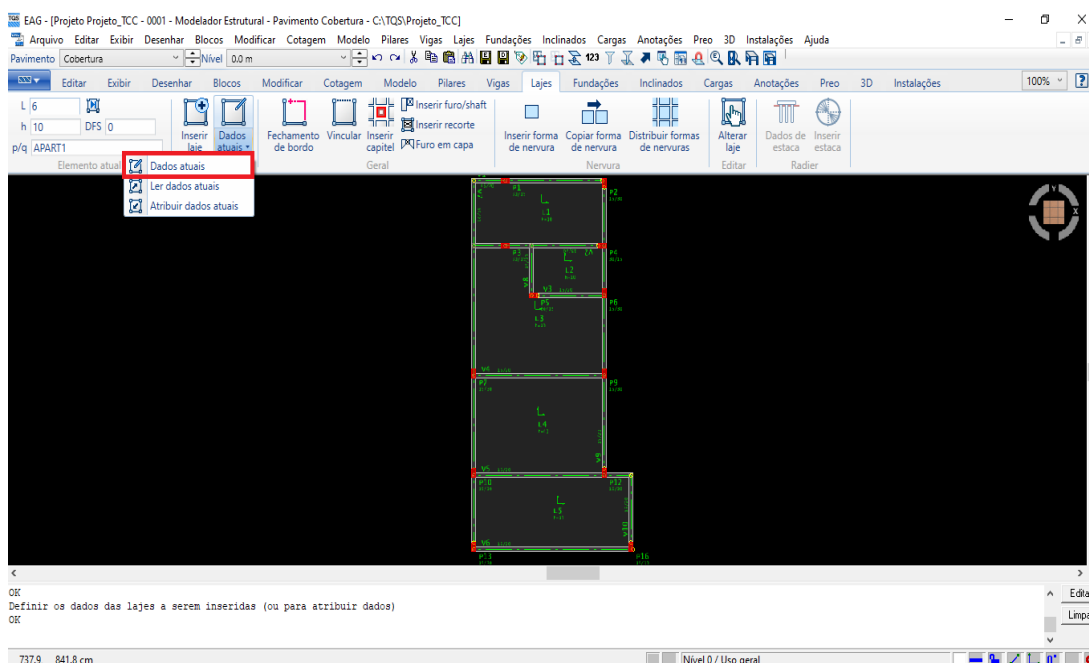
Para alterar o carregamento da laje, no pavimento selecionado, clica-se em “laje” e “dados”, conforme apresentado nas figuras 59 e 60. No caso de ser apenas uma laje a ser alterada, pode-se clicar duas vezes sobre a laje e alterar os dados dela.

Figura 59 - Editando carregamento da laje



Fonte: Nota do autor (2023)

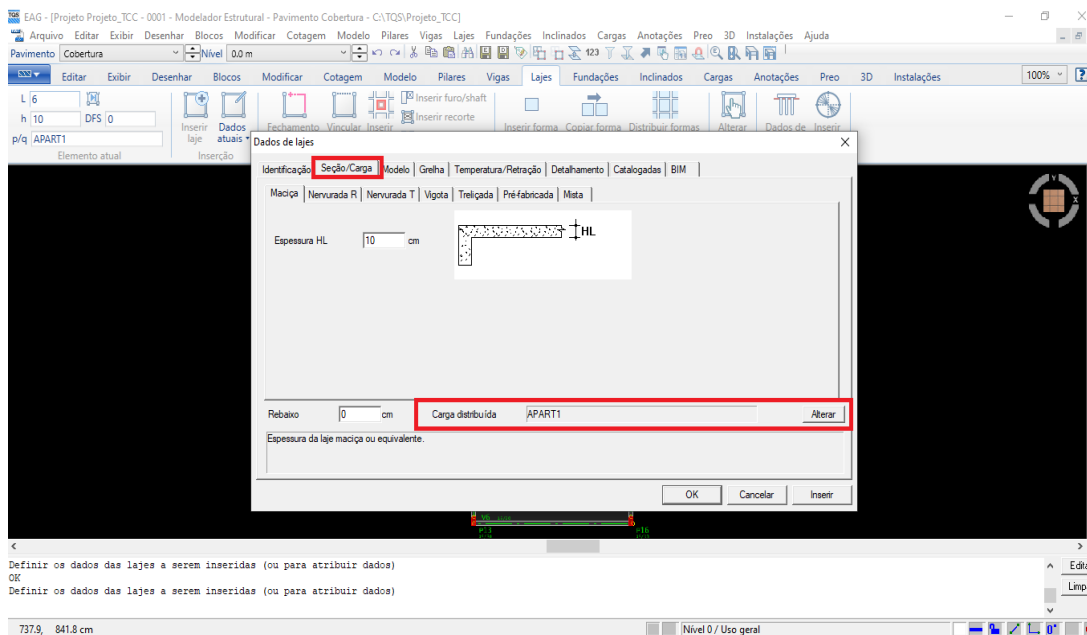
Figura 60 - Selecionando dados da nova laje



Fonte: Nota do autor (2023)

Após clicar nos dados atuais, aparecerá a seguinte tela, conforme apresentado na figura 61.

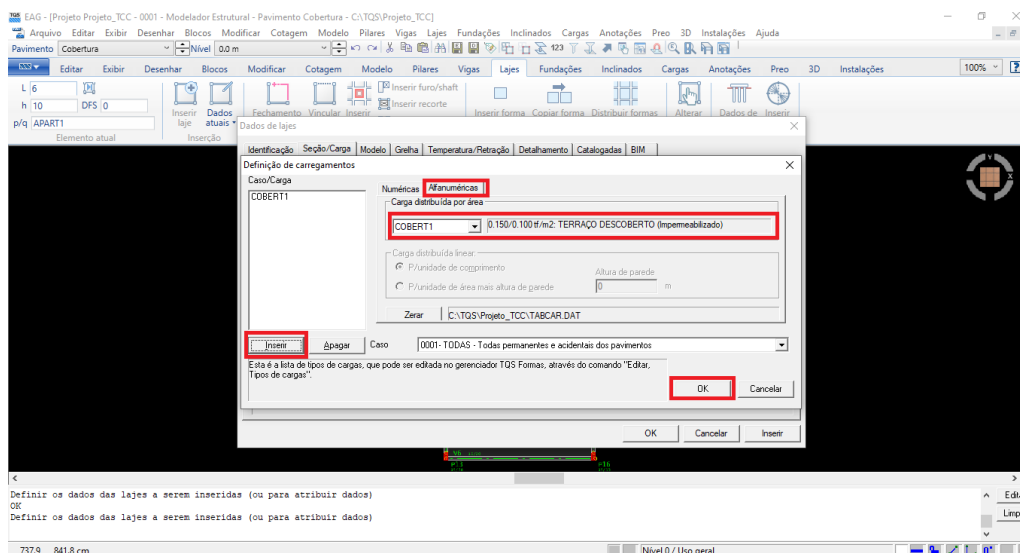
Figura 61 - Alterando carga da laje



Fonte: Nota do autor (2023)

Clica-se na aba “seção/carga”, posteriormente clica-se em “alterar” na parte de “carga distribuída”. Aparecerá a seguinte tela, conforme apresentado na figura 62.

Figura 62 - Escolha da nova carga

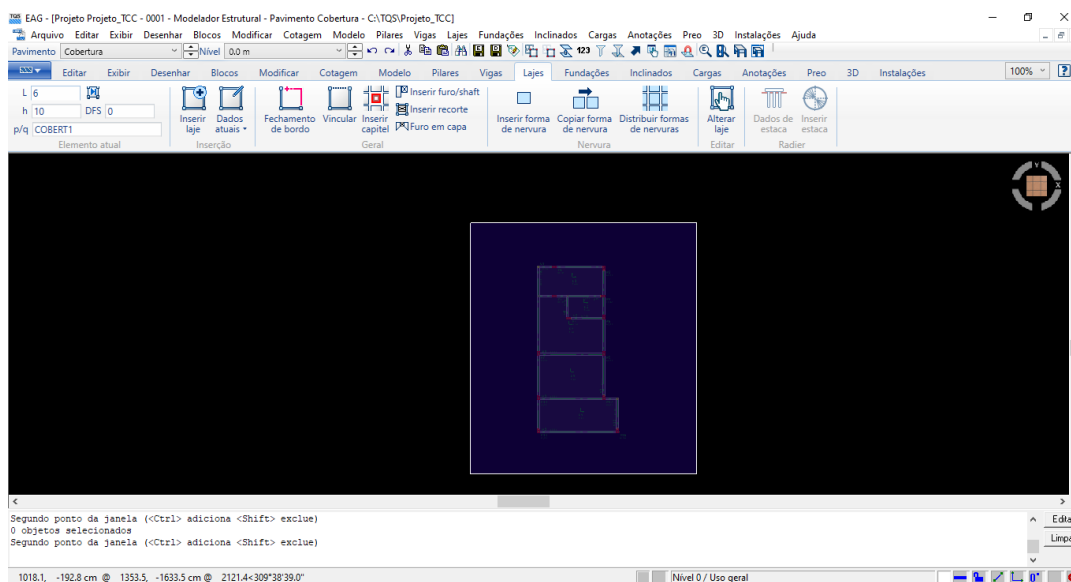


Fonte: Nota do autor (2023)

Clica-se na aba “alfanuméricas”, seleciona-se o tipo de carga, no caso será escolhido “COBERT1”, clica-se em “inserir” para confirmar o tipo de carregamento selecionado e clica-se em “ok”. Retornará para a tela anterior e clica-se em “ok” novamente.

Com o botão direito do mouse pressionado, seleciona-se todas as lajes, conforme apresentado na figura 63.

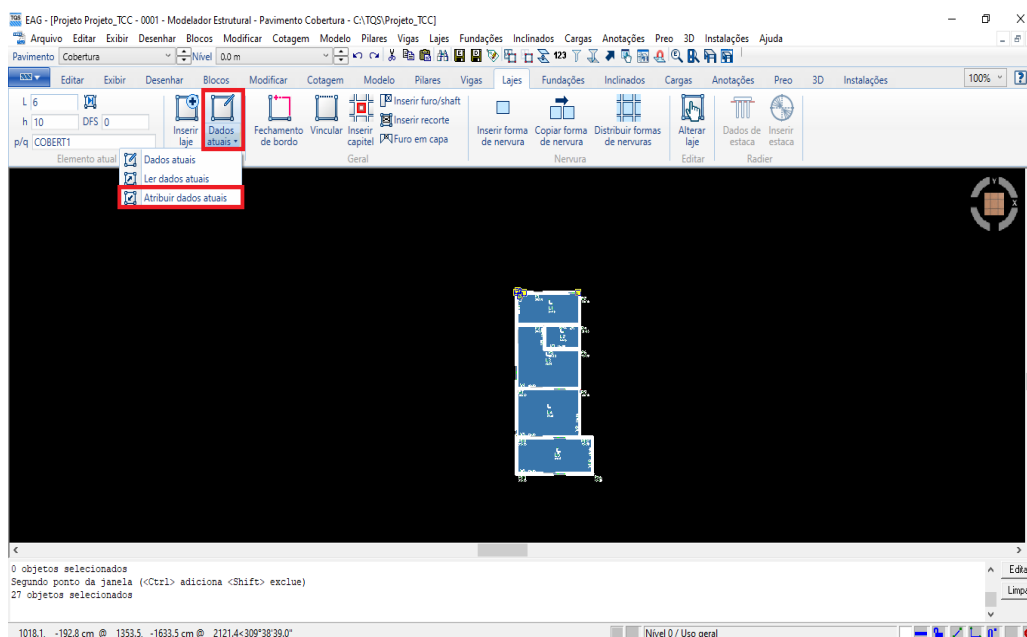
Figura 63 - Seleção múltipla de laje



Fonte: Nota do autor (2023)

Após selecionados, clica-se na aba “dados atuais” e seleciona-se “atribuir dados atuais”, conforme apresentado na figura 64.

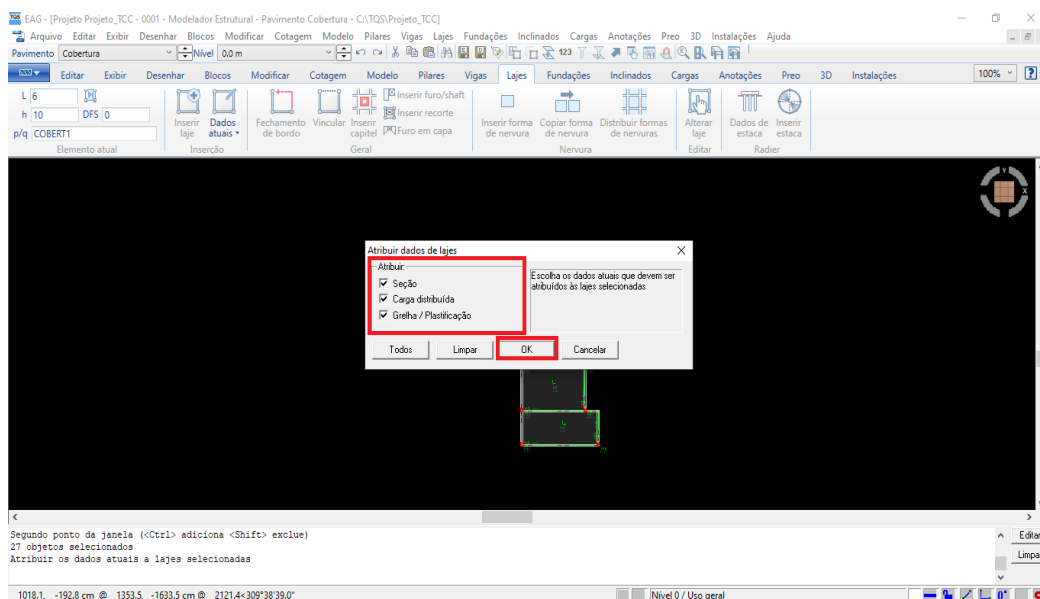
Figura 64 - Atribuindo dados as lajes



Fonte: Nota do autor (2023)

Deve-se selecionar os dados a serem atribuídos conforme apresentado na figura 65.

Figura 65 - Dados a serem atribuídos



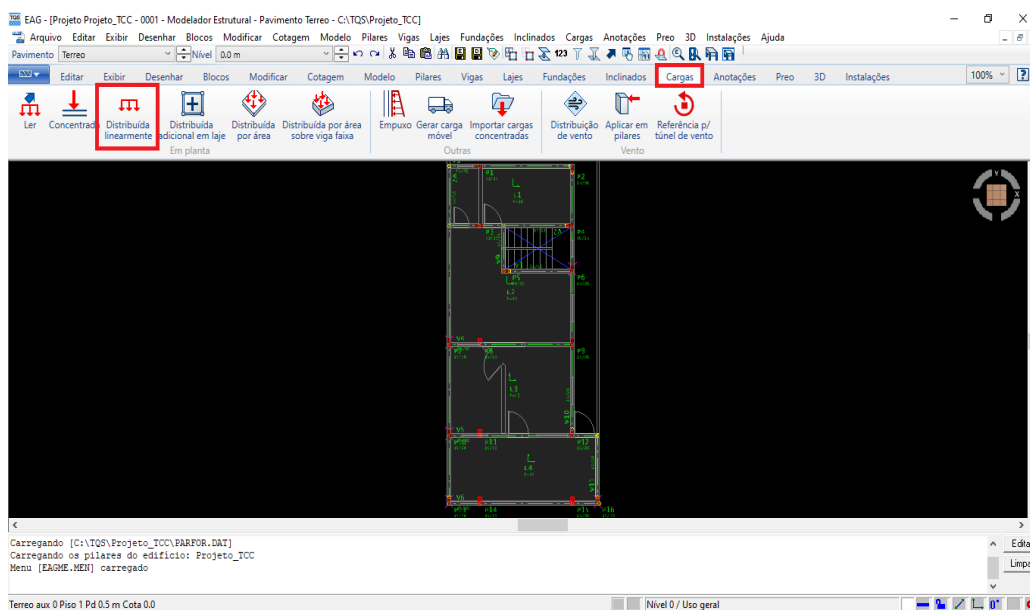
Fonte: Nota do autor (2023)

Após selecionada, clica-se em “ok” e serão atribuídas.

3.2.1.9. Lançamento da carga linear

Para o lançamento das cargas lineares, clica-se na aba “carga” e escolhe-se a opção “distribuída linearmente”, conforme apresentado na figura 66.

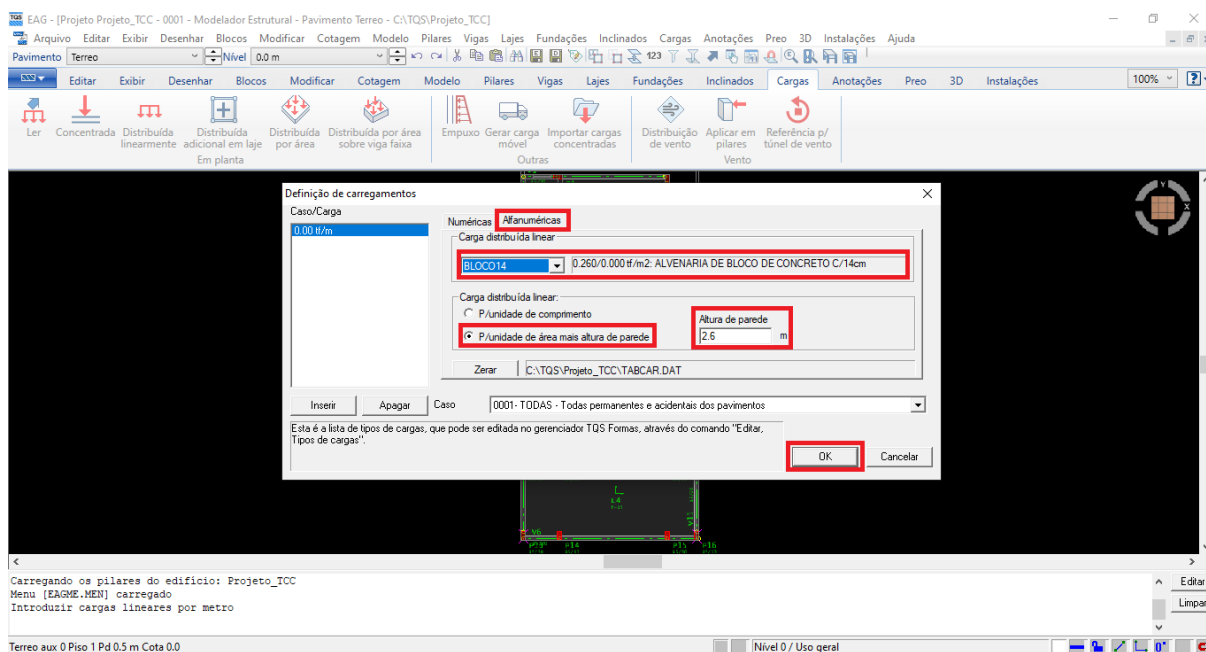
Figura 66 - Lançamento da carga linear



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá uma tela conforme apresentado na figura 67.

Figura 67 - Carga linear

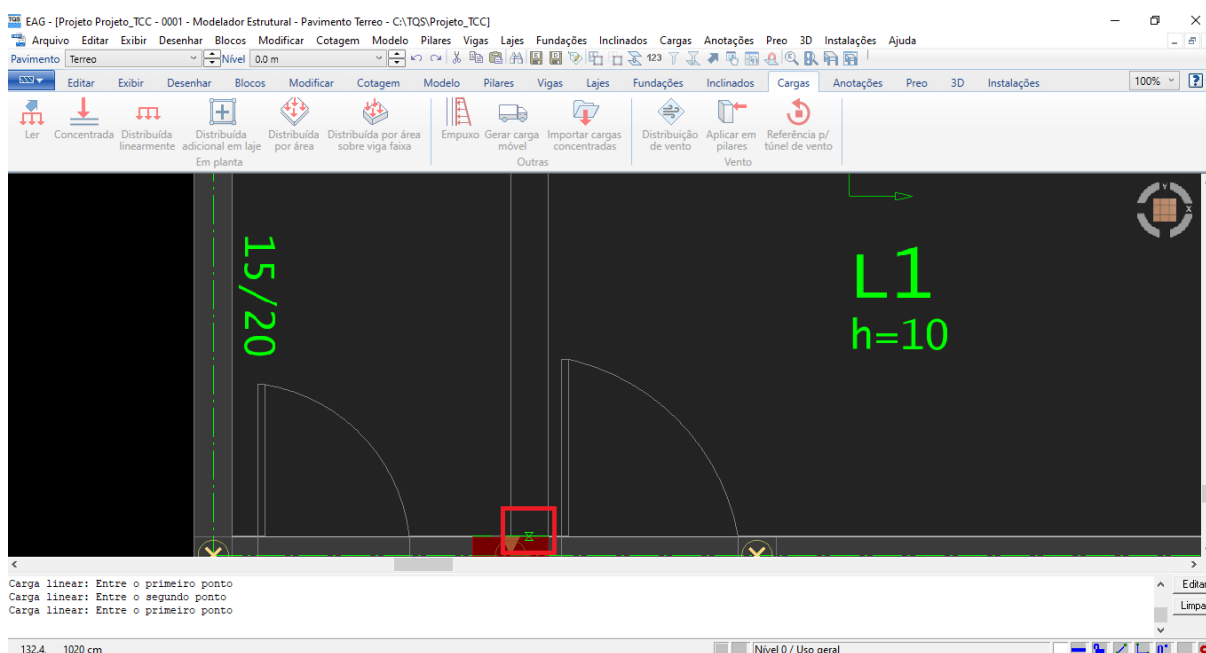


Fonte: Nota do autor (2023)

Para selecionar a carga de parede, clica-se em “alfanuméricas”, seleciona-se o tipo “P/unidade de área mais altura da parede”, o que permitirá aparecer a opção “BLOCO14”, após selecionado o tipo de carga, clica-se em “OK”.

Deve-se escolher a área que será colocada, como indicado na imagem a seguir, conforme apresentado na figura 68.

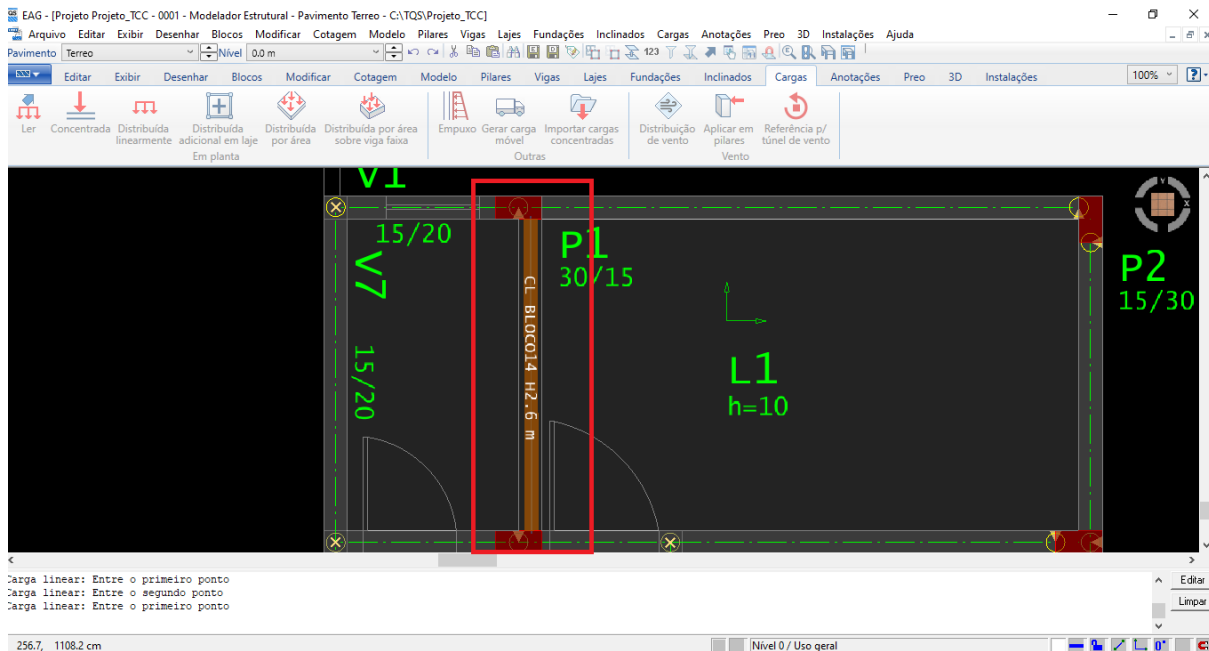
Figura 68 - Inserindo carga



Fonte: Nota do autor (2023)

Após selecionado o ponto de início e fim, ficará da seguinte maneira, conforme apresentado na figura 69.

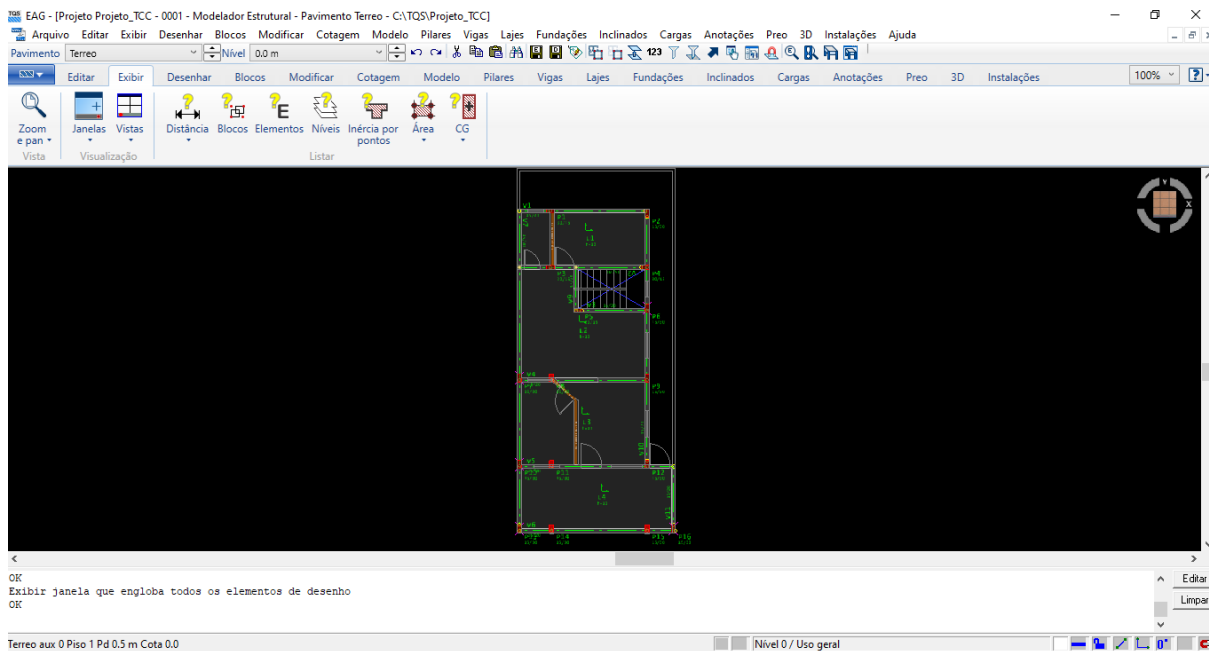
Figura 69 - Carga linear inserida



Fonte: Nota do autor (2023)

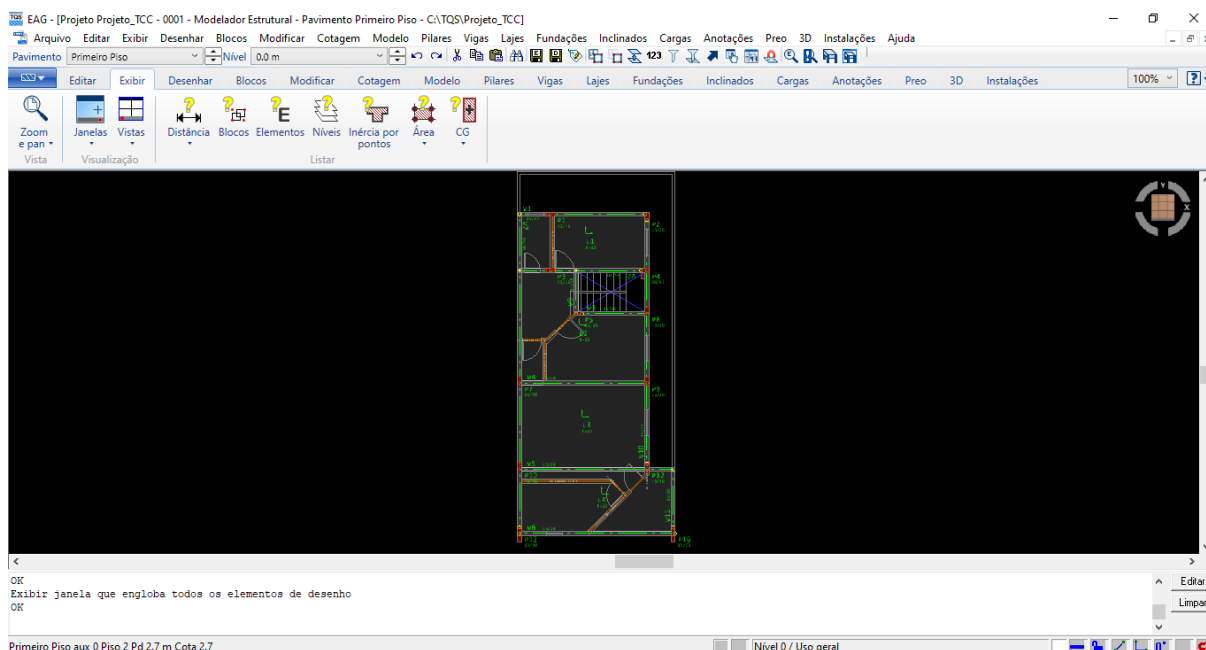
Repete-se esse processo para o pavimento superior e os outros carregamentos lineares do térreo, gerando o resultado apresentado nas figuras 70 e 71.

Figura 70 - Pavimento Térreo



Fonte: Nota do autor (2023)

Figura 71 - Pavimento Superior

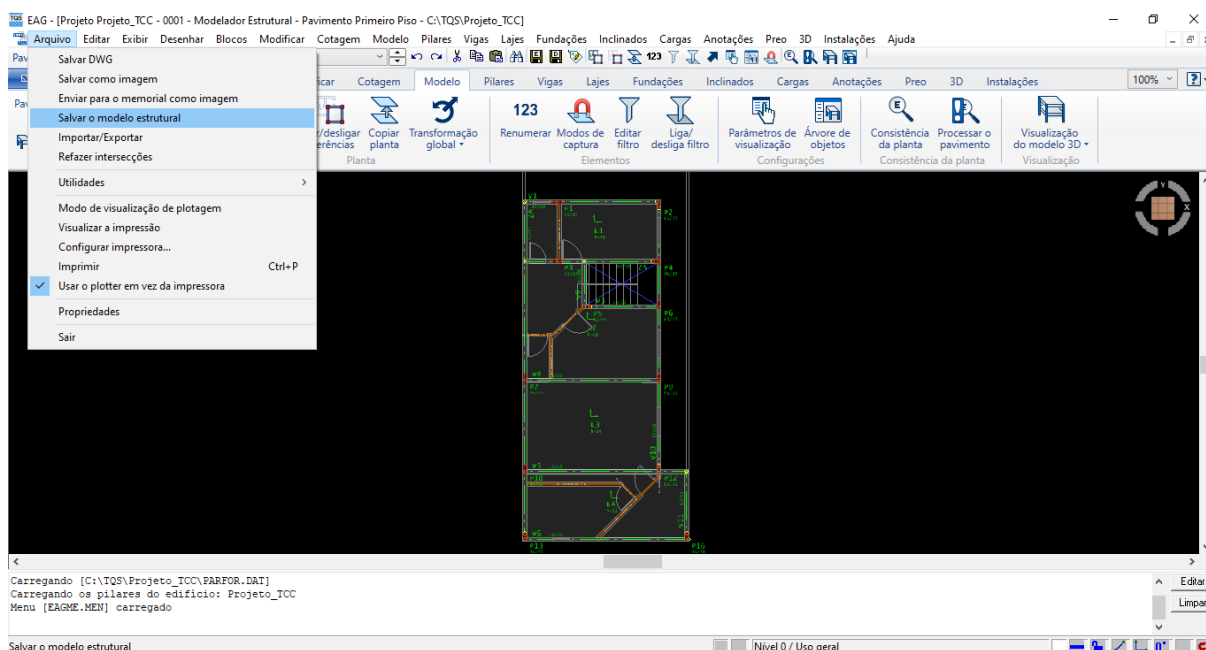


Fonte: Nota do autor (2023)

3.2.1.10. Lançamento da escada

Para o lançamento da escada, deve-se criar um piso auxiliar. O piso é criado na tela inicial do software. Para retornar à tela inicial, deve-se clicar na aba “arquivo”, em seguida, seleciona-se a opção “salvar modelador estrutural”. Isso permitirá o salvamento de todas as informações anteriormente inseridas, conforme apresentado na figura 72.

Figura 72 - Lançamento da escada

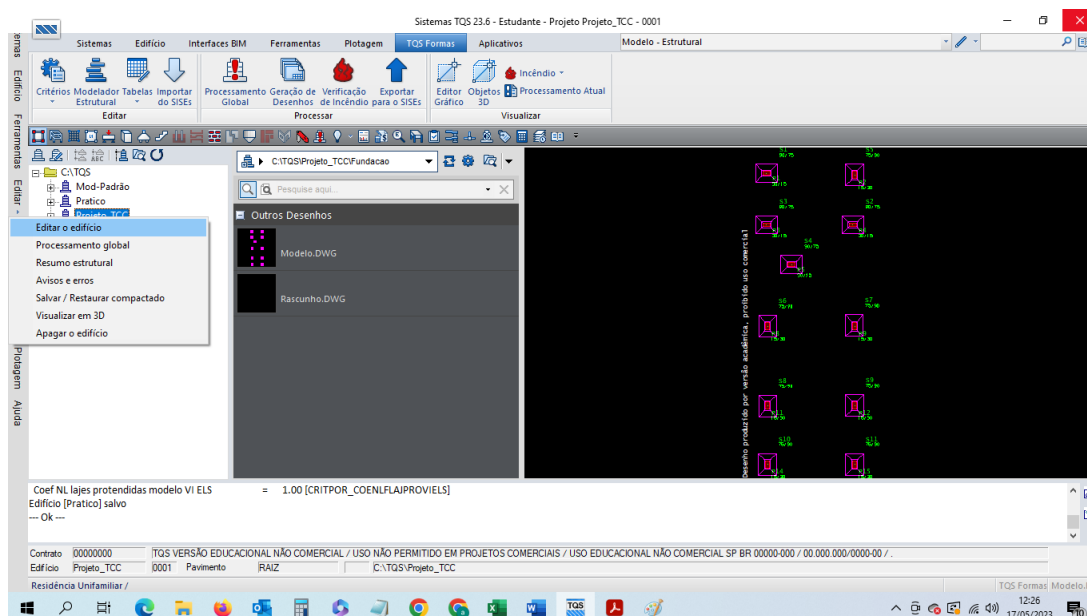


Fonte: Nota do autor (2023)

Posteriormente, fecha-se a janela.

Na tela inicial, seleciona-se o projeto o qual deseja-se inserir a escada, clica-se com o botão direito do mouse e seleciona-se a opção “editar o edifício”, conforme apresentado na figura 73 e figura 74.

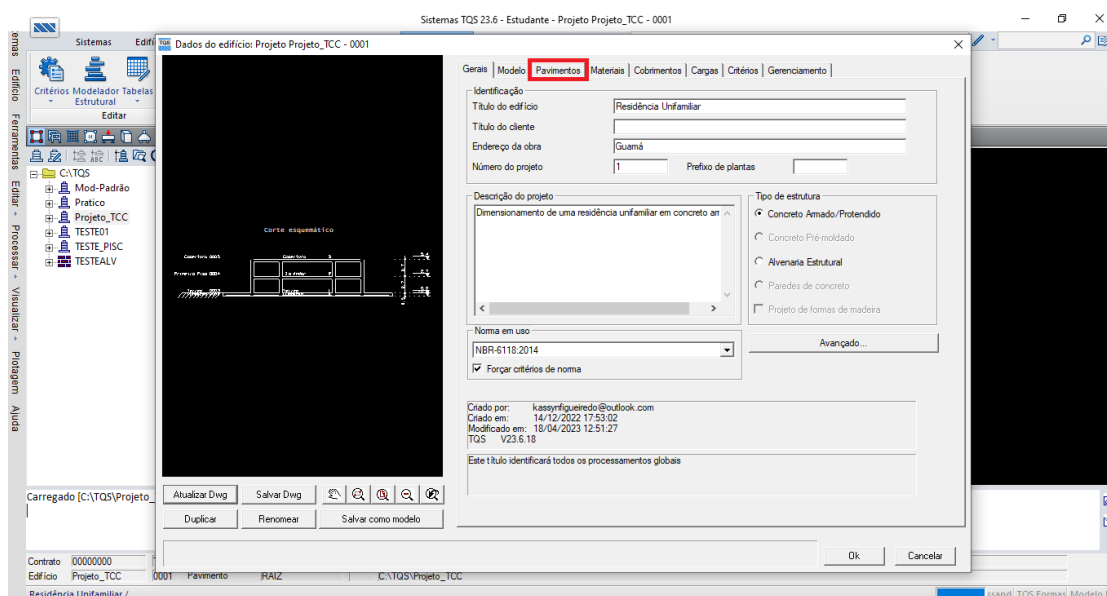
Figura 73 - Editar edifício



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá a seguinte tela:

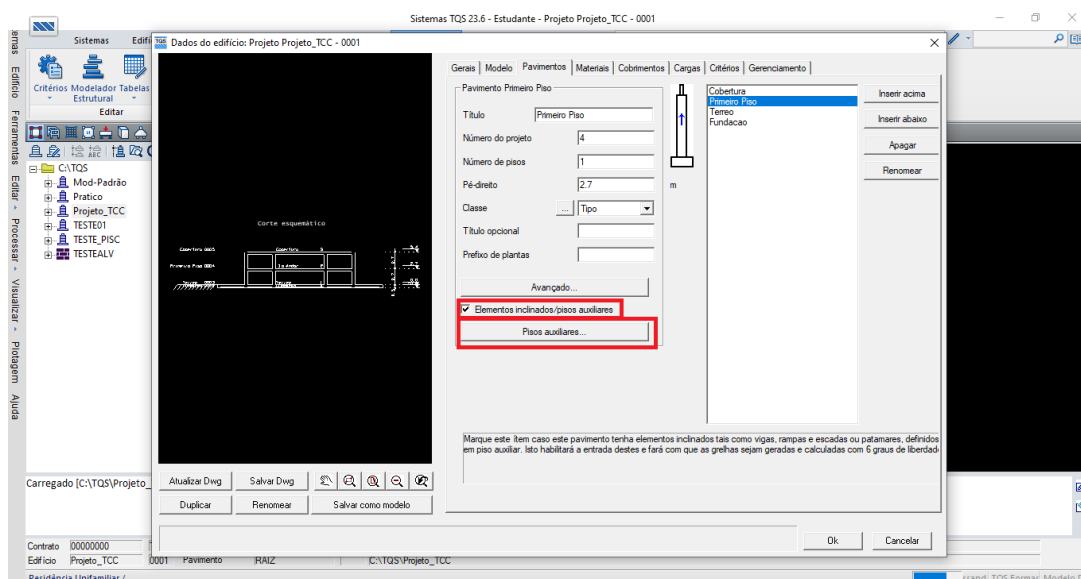
Figura 74 - Piso auxiliar



Fonte: Nota do autor (2023)

Seleciona-se a aba “pavimentos” para poder criar o piso auxiliar. Todo piso auxiliar deve ser criado do pavimento acima para o pavimento abaixo, fazendo com que ele seja intermediário entre os pavimentos desejados. Seleciona-se a opção “elementos inclinados/pisos auxiliares”, permitindo que seja selecionado logo abaixo a opção “pisos auxiliares”, conforme apresentado na figura 75.

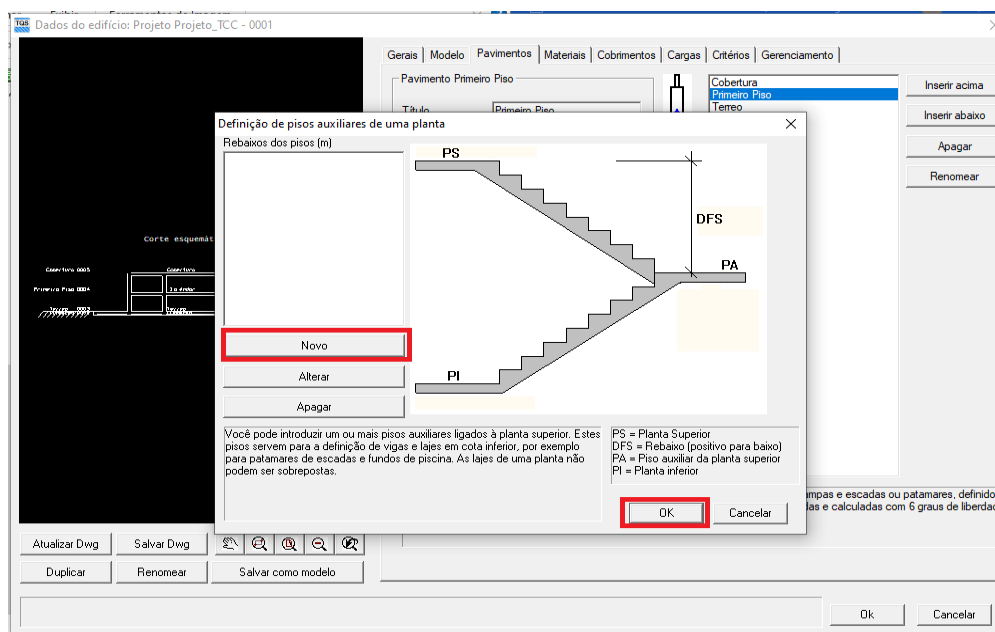
Figura 75 - Inserindo piso auxiliar



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá a seguinte tela, conforme apresentado na figura 76.

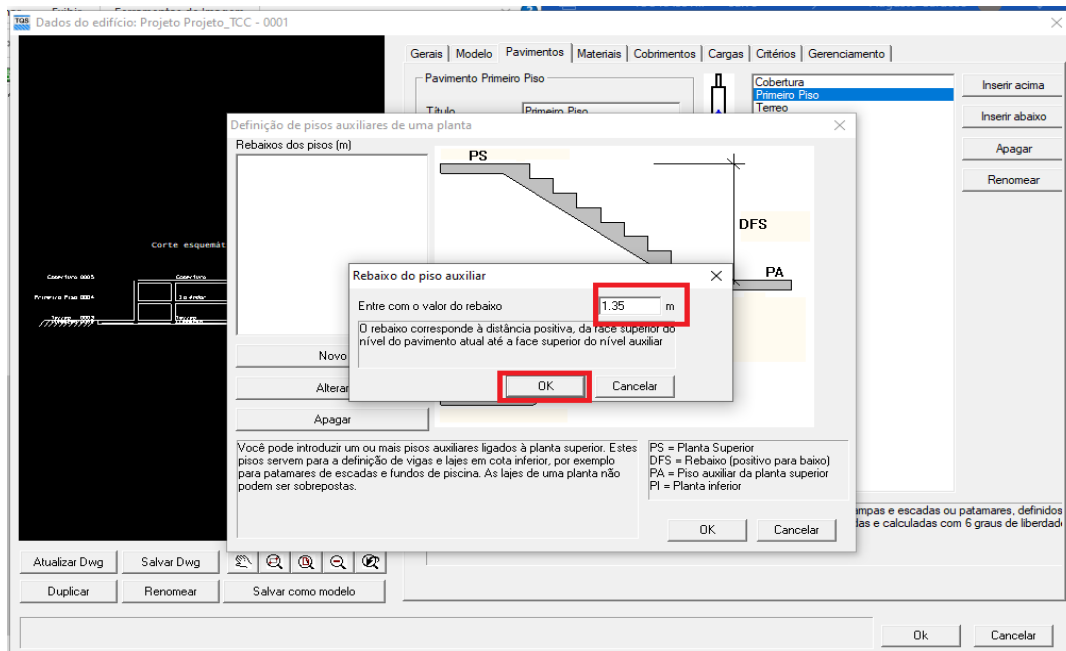
Figura 76 - Novo piso auxiliar



Fonte: Nota do autor (2023)

Clica-se em “Novo” para criar o rebaixo em metros, ao selecionar, aparecerá a seguinte tela, conforme apresentado na figura 77.

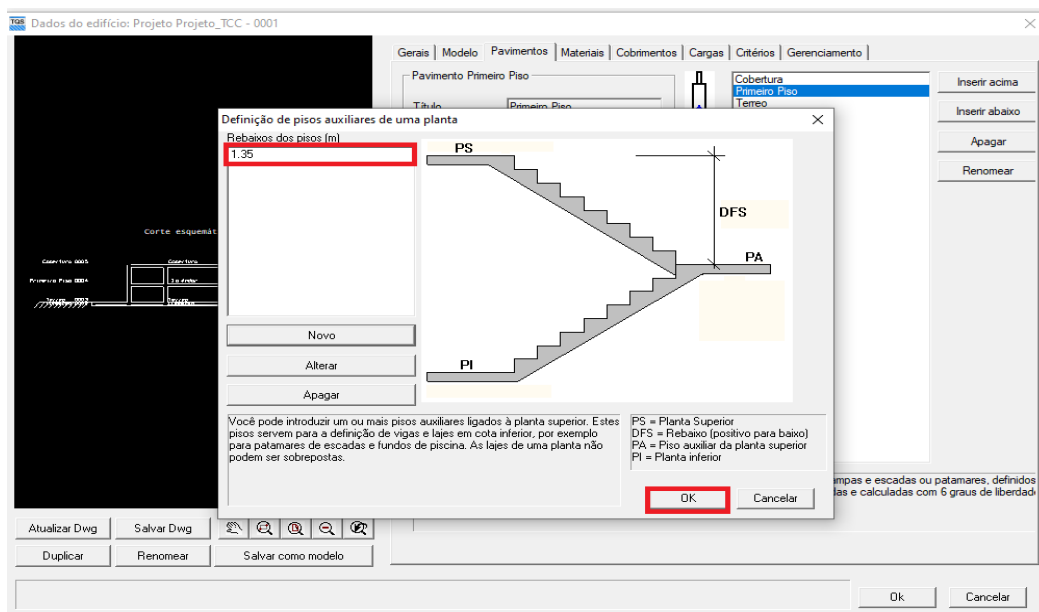
Figura 77 - Cota piso auxiliar



Fonte: Nota do autor (2023)

Devido haver apenas um piso auxiliar entre os dois pavimentos, será dividido em dois a altura. Após selecionada a altura do pavimento, clica-se em “OK”, conforme apresentado na figura 78.

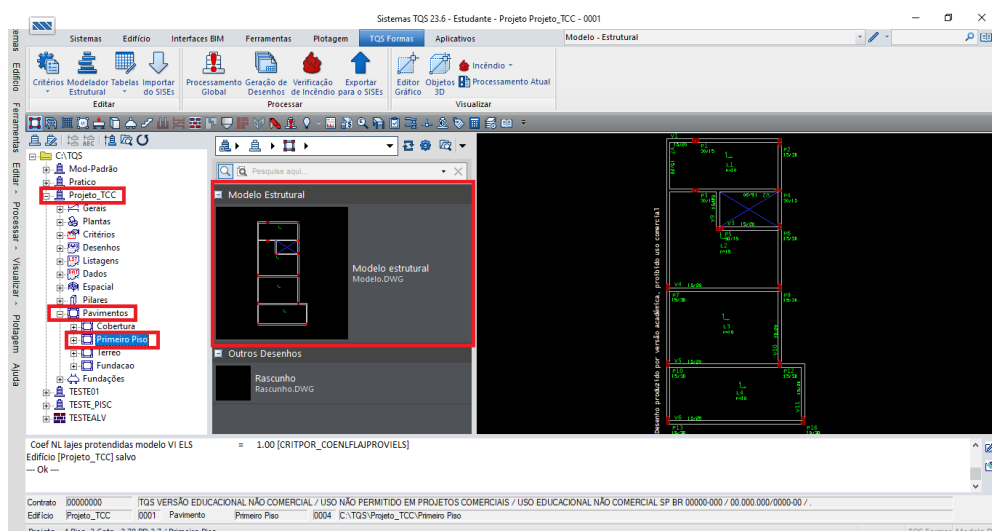
Figura 78 - Altura da cota



Fonte: Nota do autor (2023)

O rebaixo aparecerá com seu valor em metros, podendo ser adicionado outros valores de rebaixo. Clica-se em “OK” novamente. Na tela que retornará, clica-se em “OK” novamente, conforme apresentado na figura 79.

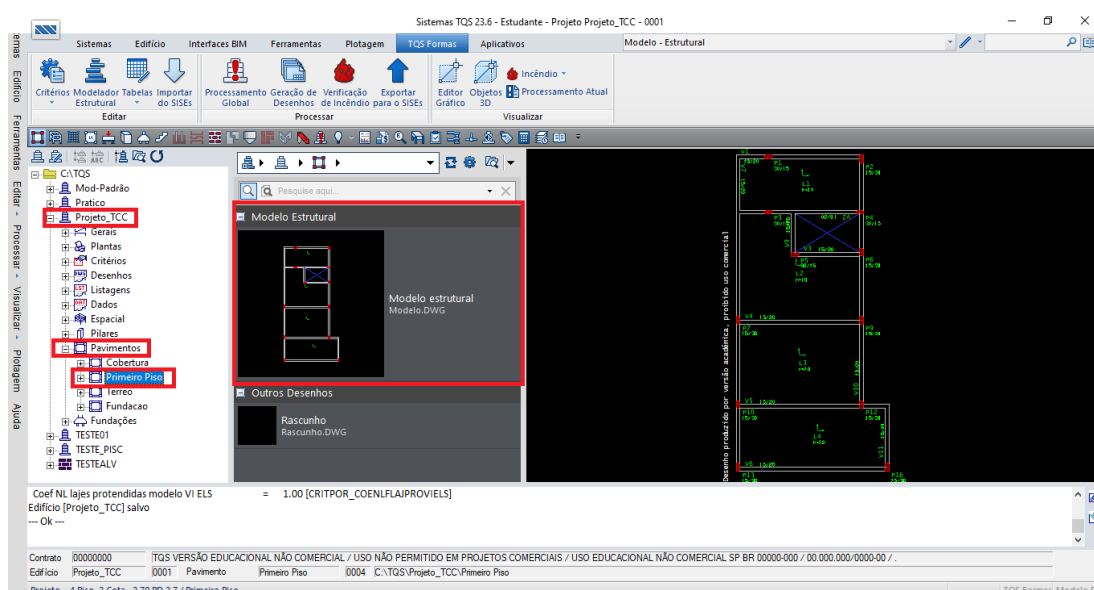
Figura 79 - Escolha do piso auxiliar



Fonte: Nota do autor (2023)

Seleciona-se o projeto o qual se trabalha, clica-se em “+” ao lado dele, clica-se em “+” localizado ao lado de pavimento, clica-se no pavimento desejado. Aparecerá o modelo estrutural, sobre ele, dê clique duplo e aparecerá o pavimento no modelador estrutural, conforme apresentado na figura 80.

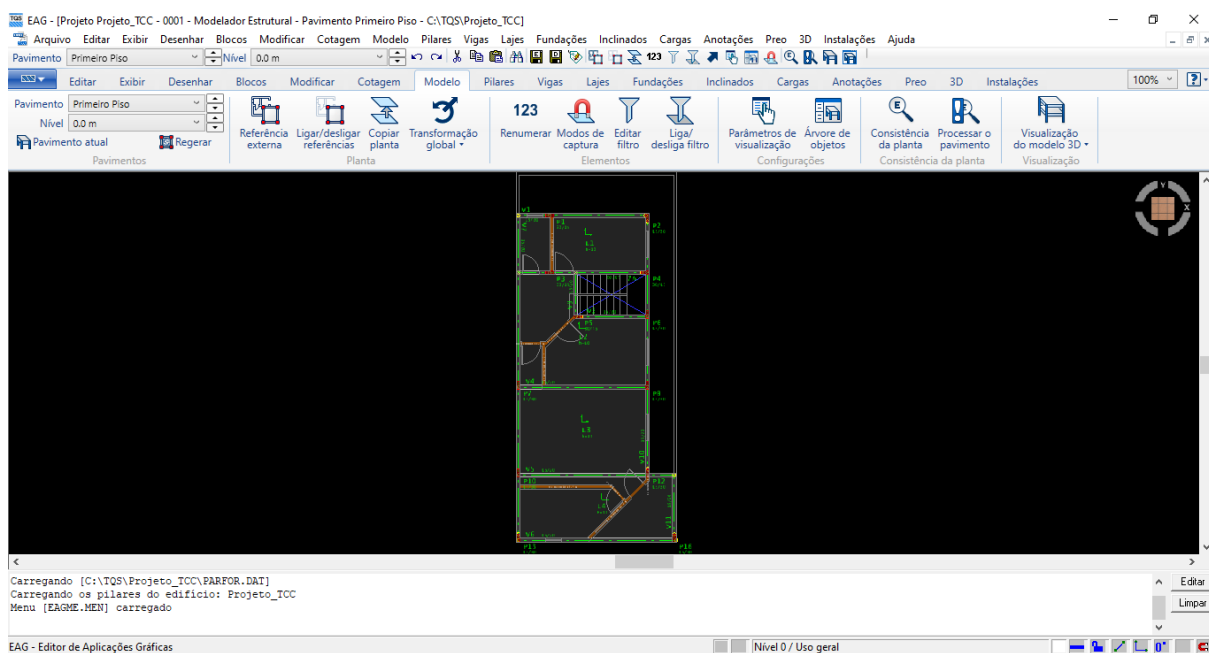
Figura 80 - Piso auxiliar



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá o pavimento selecionado, conforme apresentado na figura 81.

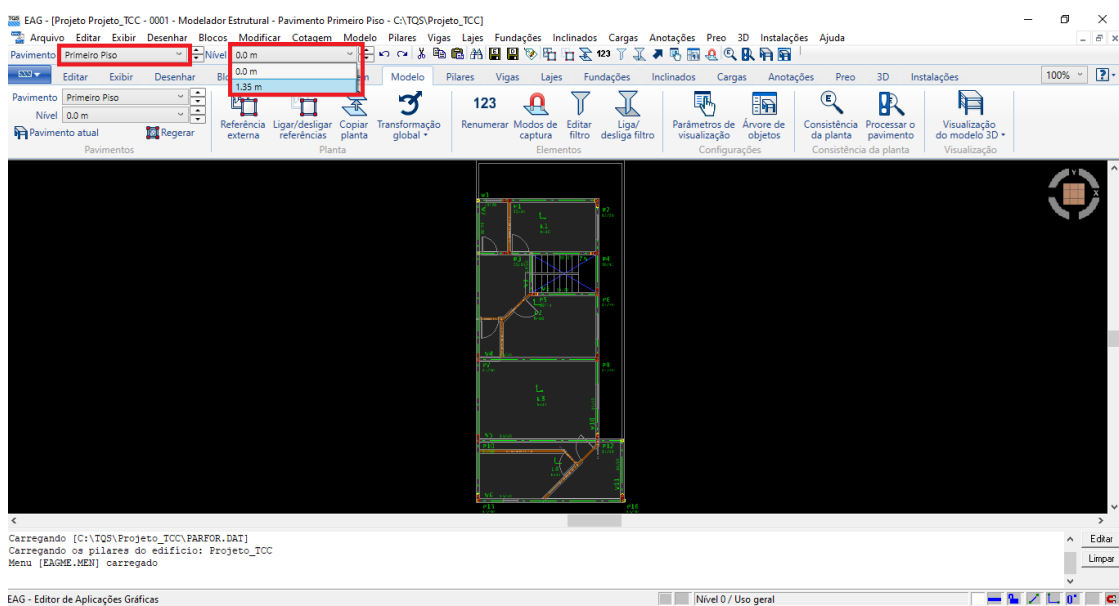
Figura 81 - Nível do piso auxiliar



Fonte: Nota do autor (2023)

Para poder iniciar o lançamento da escada, deve-se alterar o nível do pavimento a ser lançado. No caso, deve-se alterar para o patamar auxiliar, conforme apresentado na figura 82.

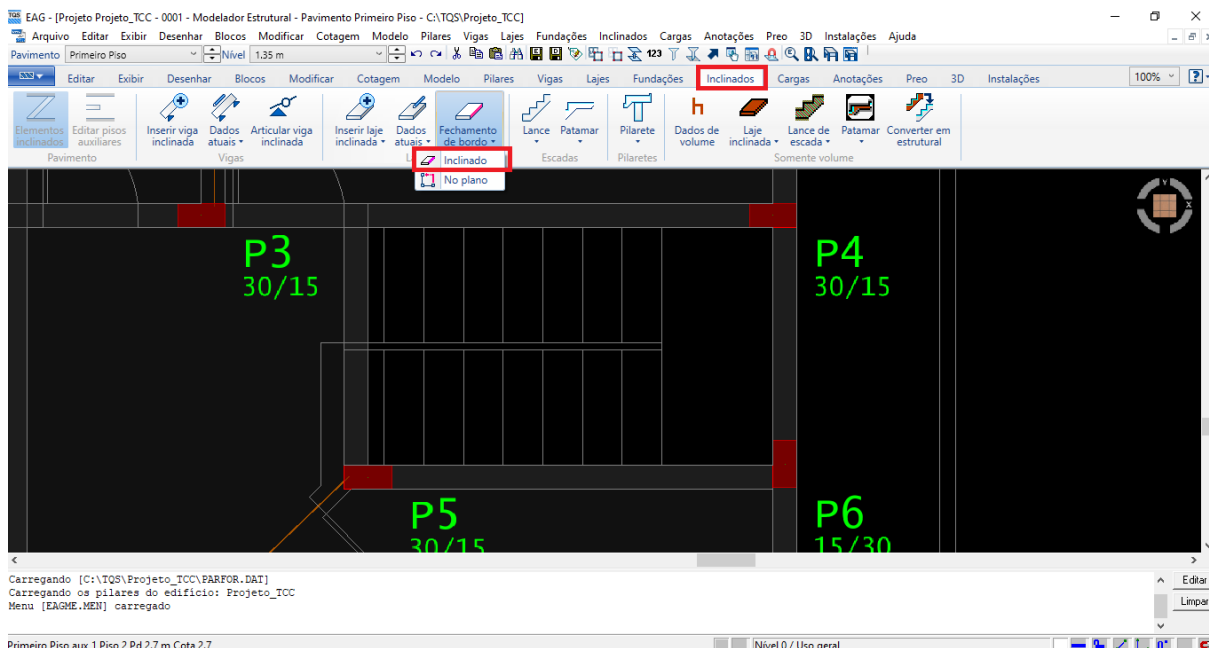
Figura 82 - Alteração do nível do pavimento



Fonte: Nota do autor (2023)

Deve-se criar uma espécie de “caminho” por onde a escada deverá percorrer. Para isso, deve-se ir em “inclinados”, clica-se em “fechamento de bordo” e seleciona-se “inclinado”, conforme apresentado na figura 83.

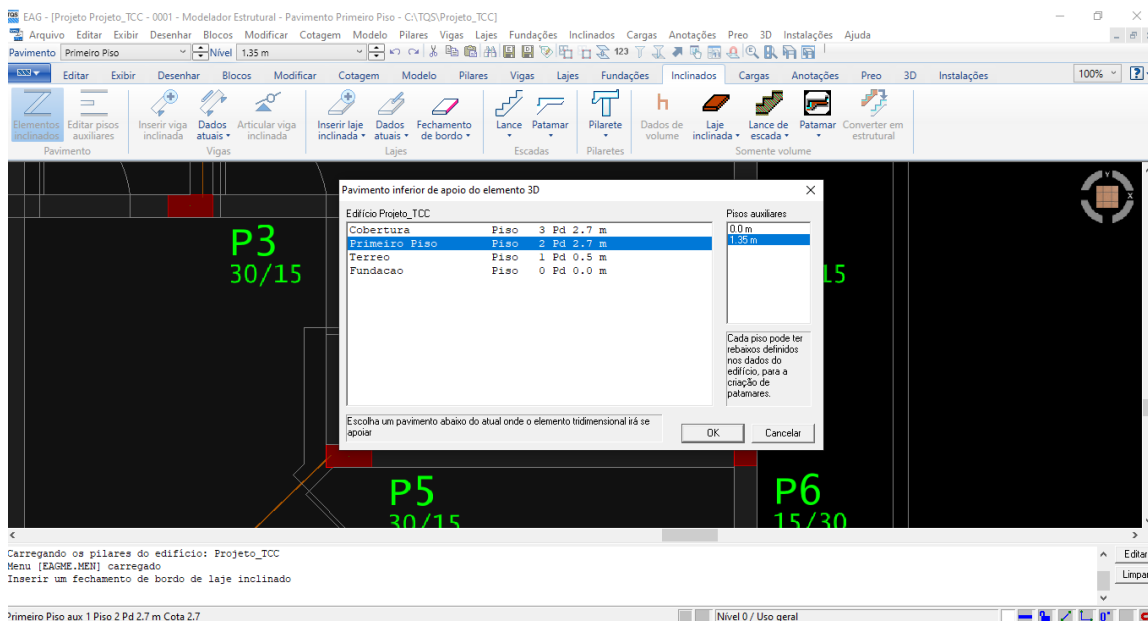
Figura 83 - Inserir fechamento de bordo



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá uma tela conforme apresentado na figura 84:

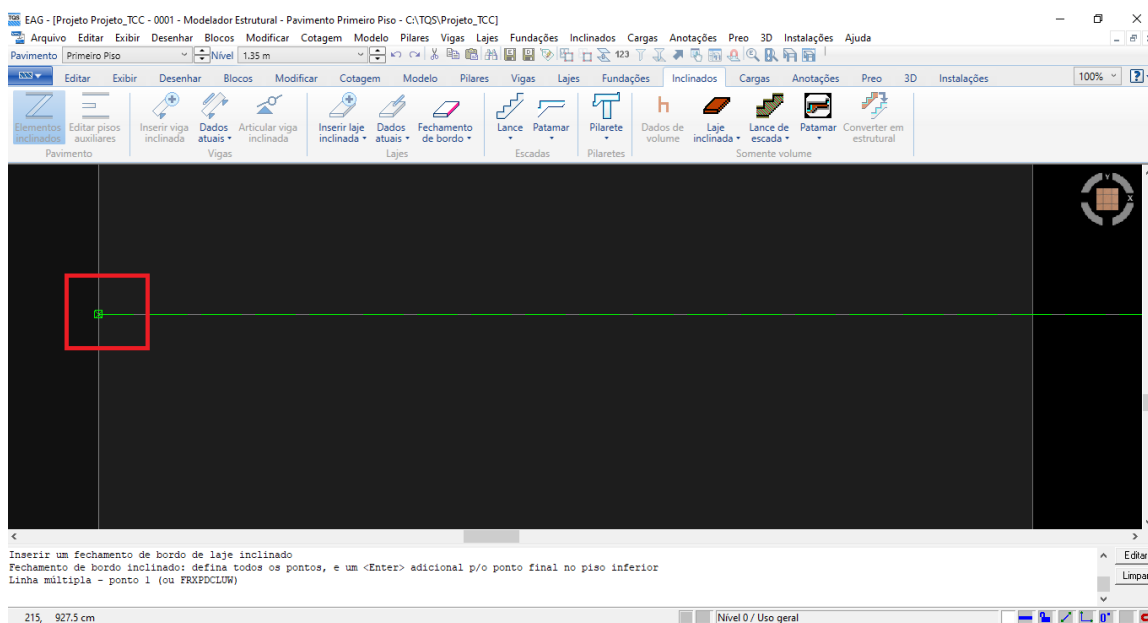
Figura 84 - Fechamento de bordo inclinado



Fonte: Nota do autor (2023)

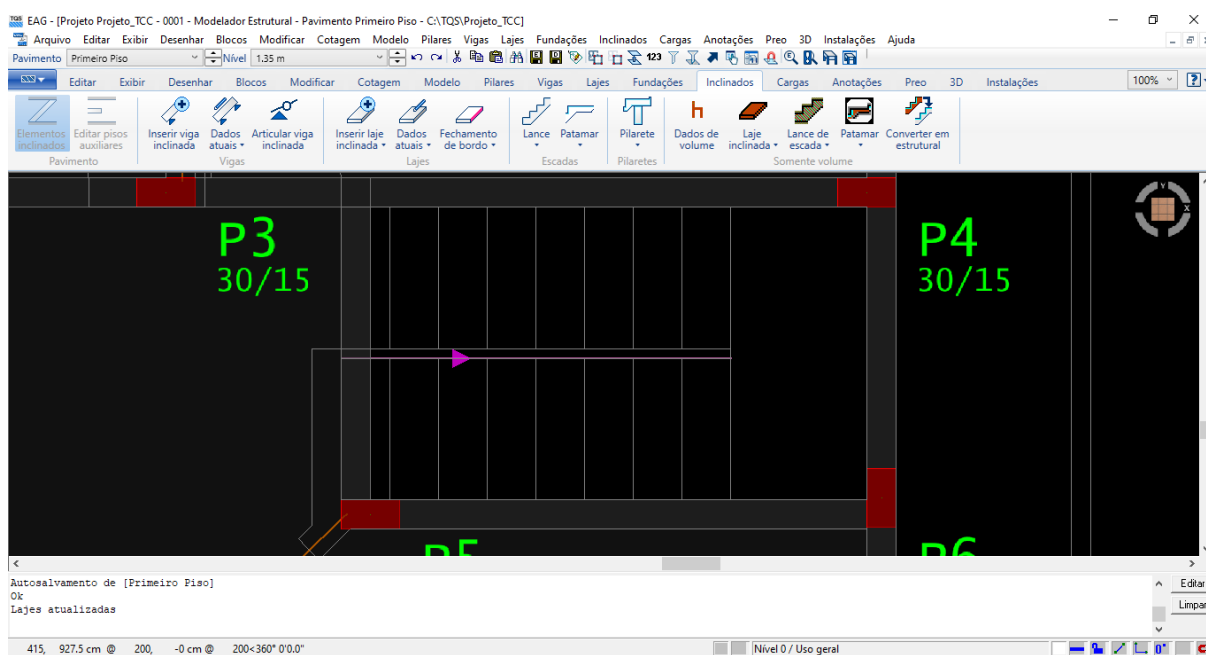
Deve-se escolher onde o elemento deverá se apoiar. No caso em questão, se apoiará no patamar auxiliar. Deve-se selecionar o primeiro ponto e após selecionado, deve-se apertar “Enter” para poder ir ao patamar auxiliar e selecionar o segundo ponto, conforme apresentado nas figuras 85 e 86.

Figura 85 - Primeiro ponto



Fonte: Nota do autor (2023)

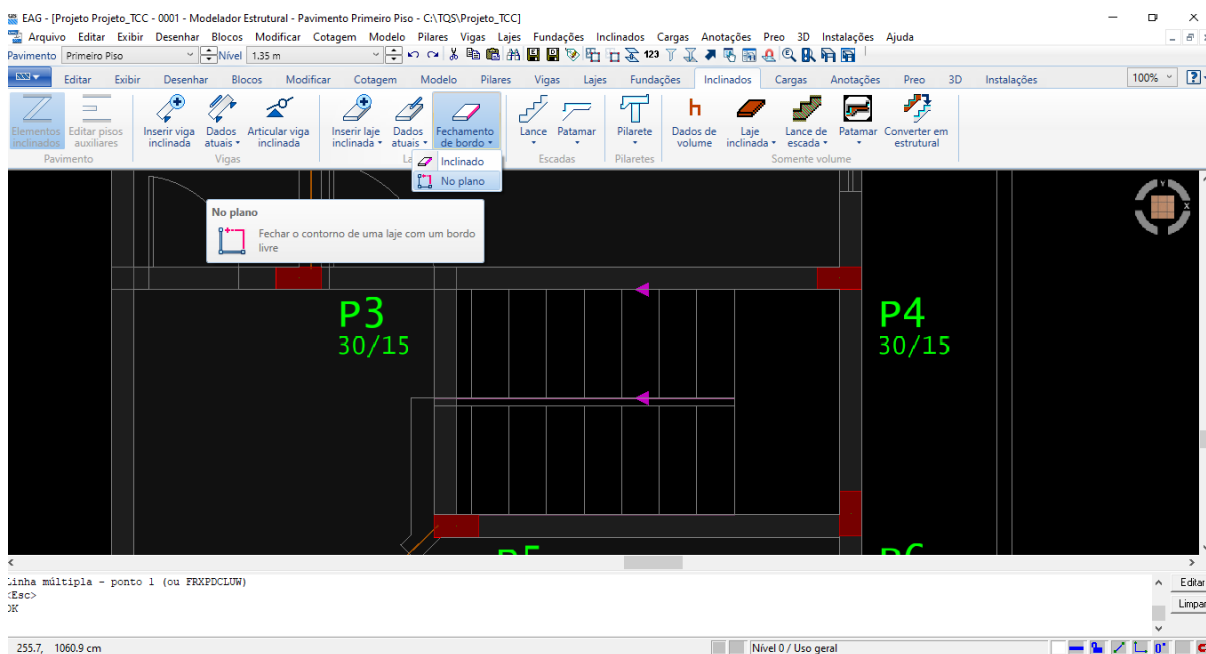
Figura 86 - Bordo inclinado fechado



Fonte: Nota do autor (2023)

Quando se seleciona o segundo ponto, aparece uma seta. Repete-se o procedimento até o fim da escada. Finalizando os fechamentos inclinados, deve-se selecionar “fechamento de bordo”, opção “no plano”, conforme apresentado na figura 87.

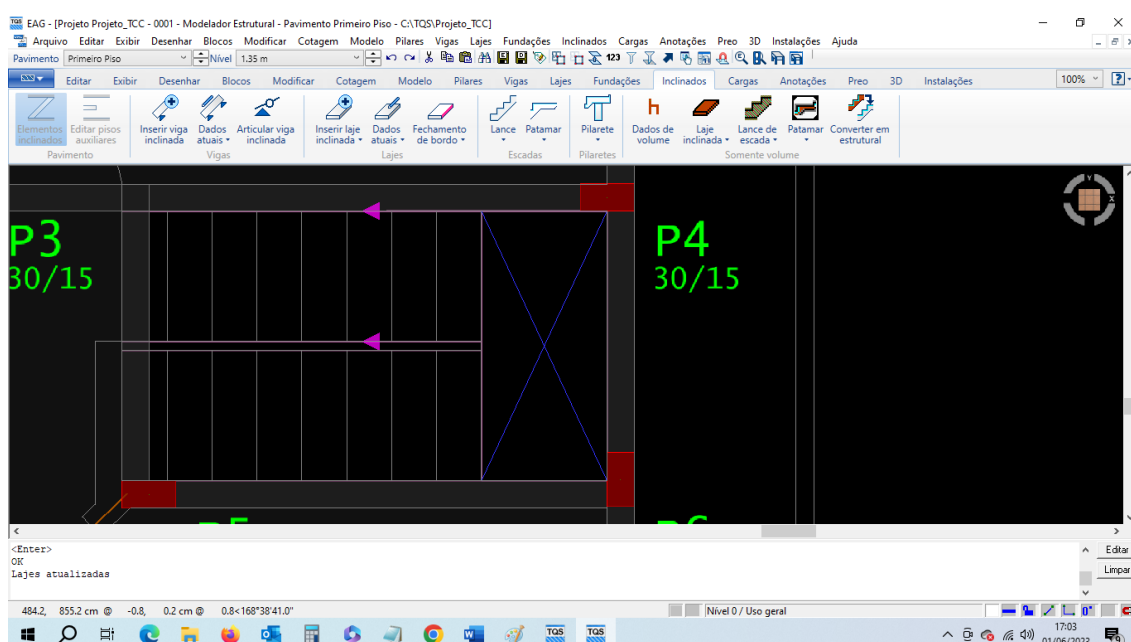
Figura 87 - Fechamento de bordo plano



Fonte: Nota do autor (2023)

O patamar será uma espécie de laje. Após feito, ele ficará da forma conforme apresentado na figura 88.

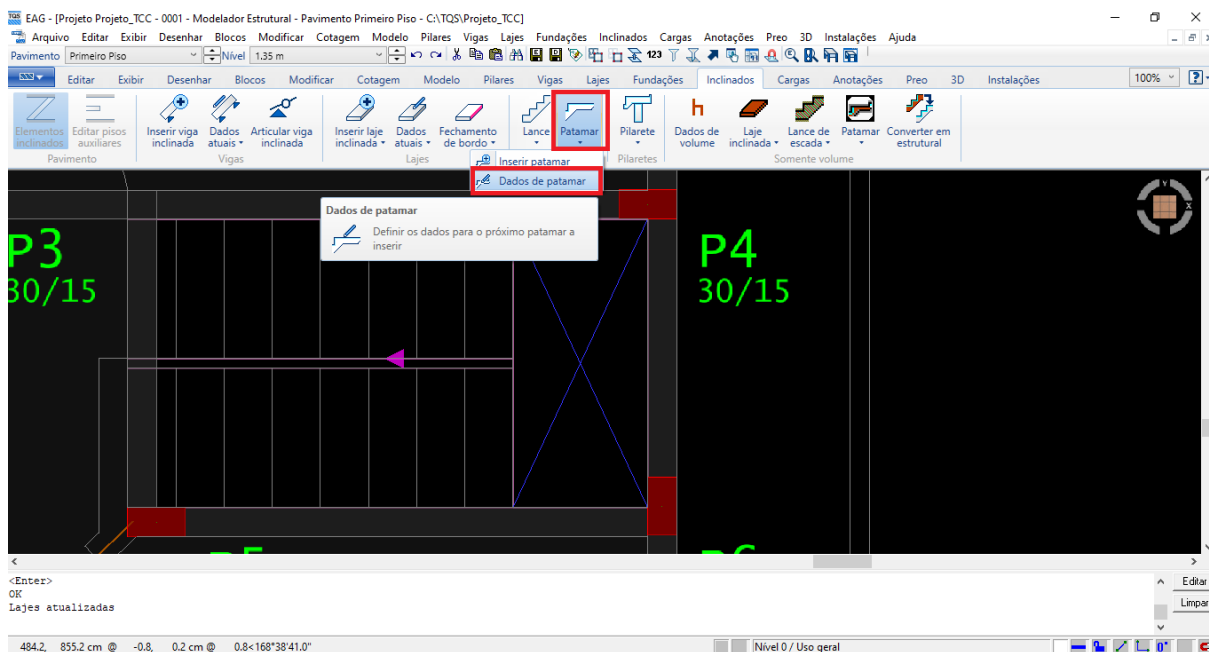
Figura 88 - Apresentação de bordo plano



Fonte: Nota do autor (2023)

Para se definir o patamar, clica-se em “patamar”, e posteriormente em “dados de patamar”, conforme apresentado na figura 89.

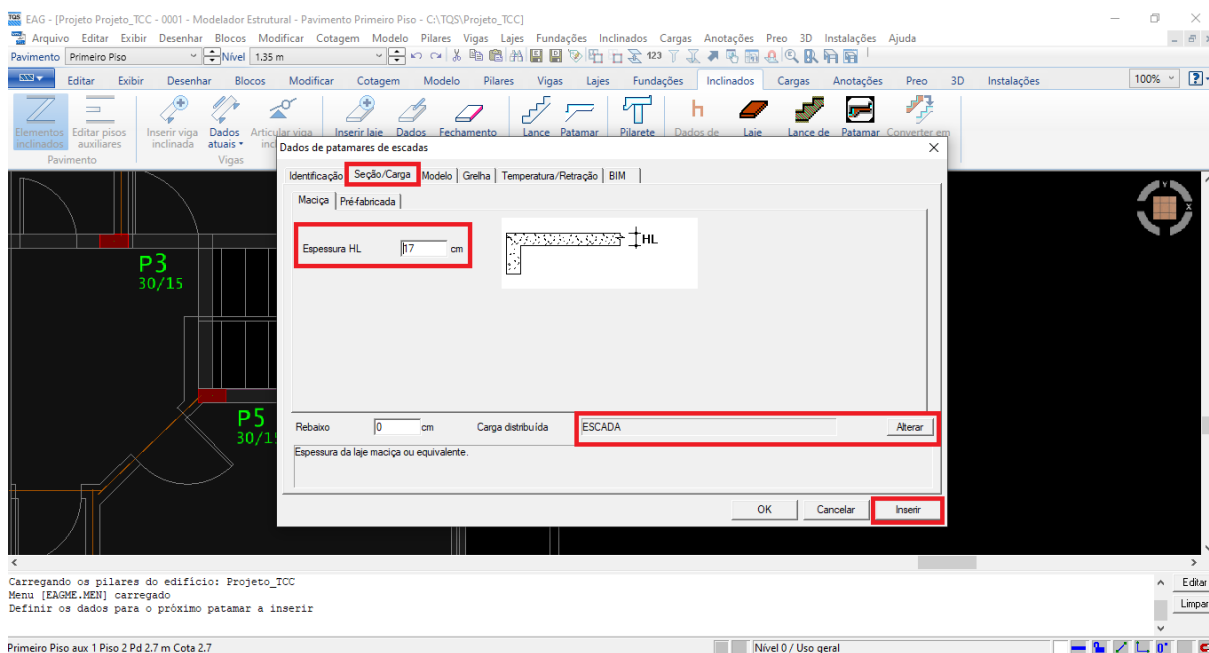
Figura 89 - Dados do patamar



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá a seguinte tela para a escolha dos dados, como a espessura da laje, a carga escolhida é “ESCADA”, clica-se em “inserir”, conforme apresentado na figura 90.

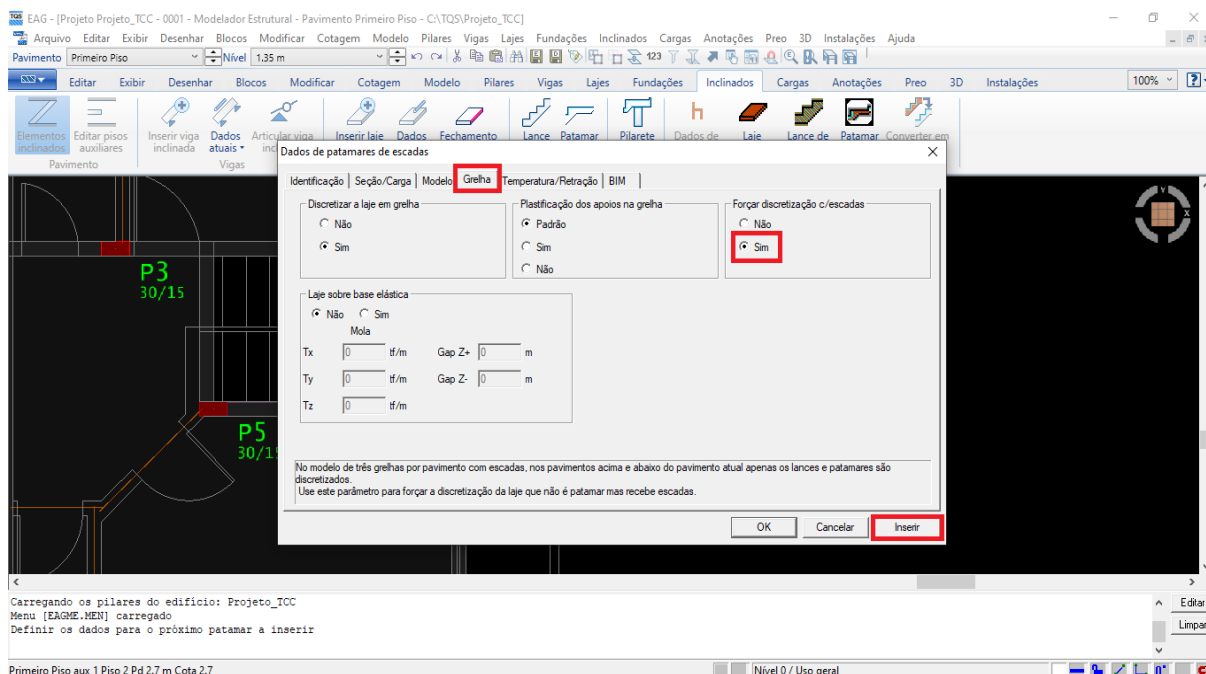
Figura 90 - Espessura da escada



Fonte: Nota do autor (2023)

Para o modelo poder ser uma escada auto portante, deve-se escolher na opção “grelha” e escolhe “forçar discriminação das escadas”, conforme apresentado na figura 91.

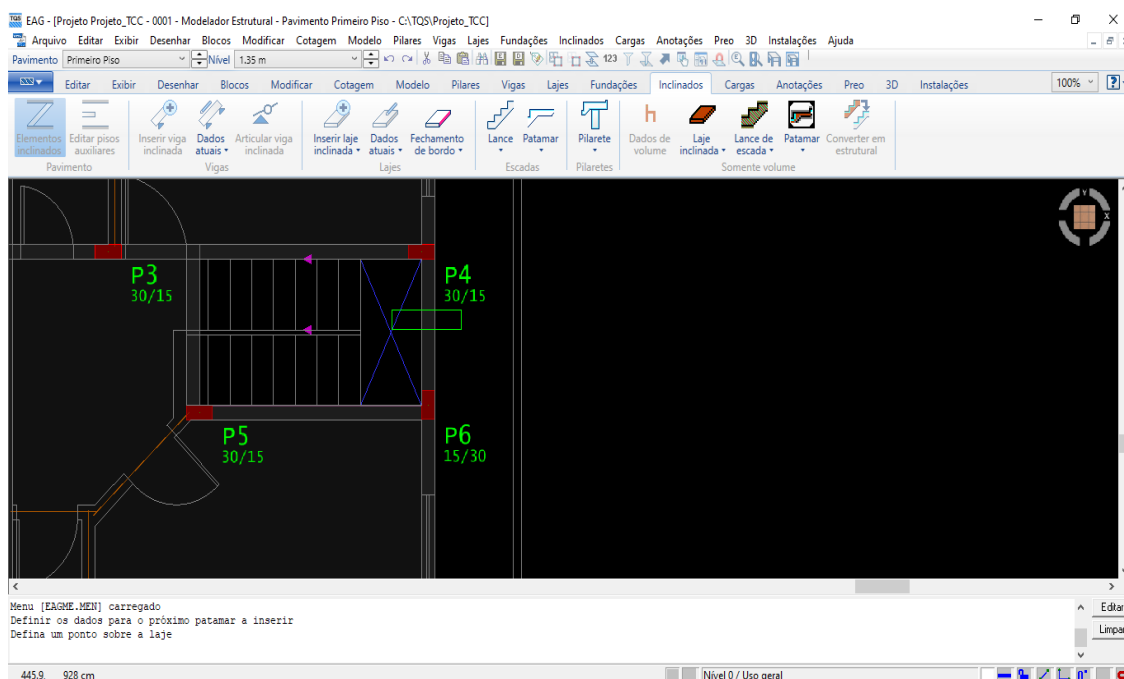
Figura 91 - Forçar discriminação das escadas



Fonte: Nota do autor (2023)

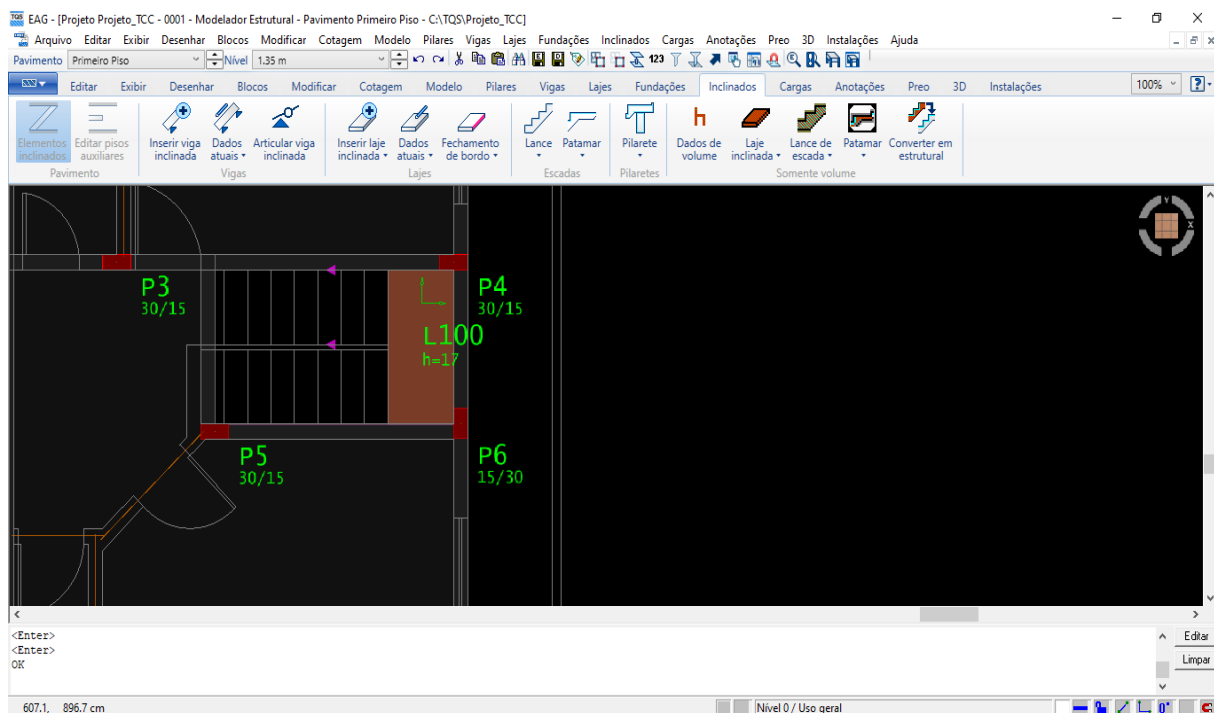
Após os dados selecionados, para inserir, aparecerá uma tela conforme apresentado nas figuras 92 e 93.

Figura 92 - Inserção da laje



Fonte: Nota do autor (2023)

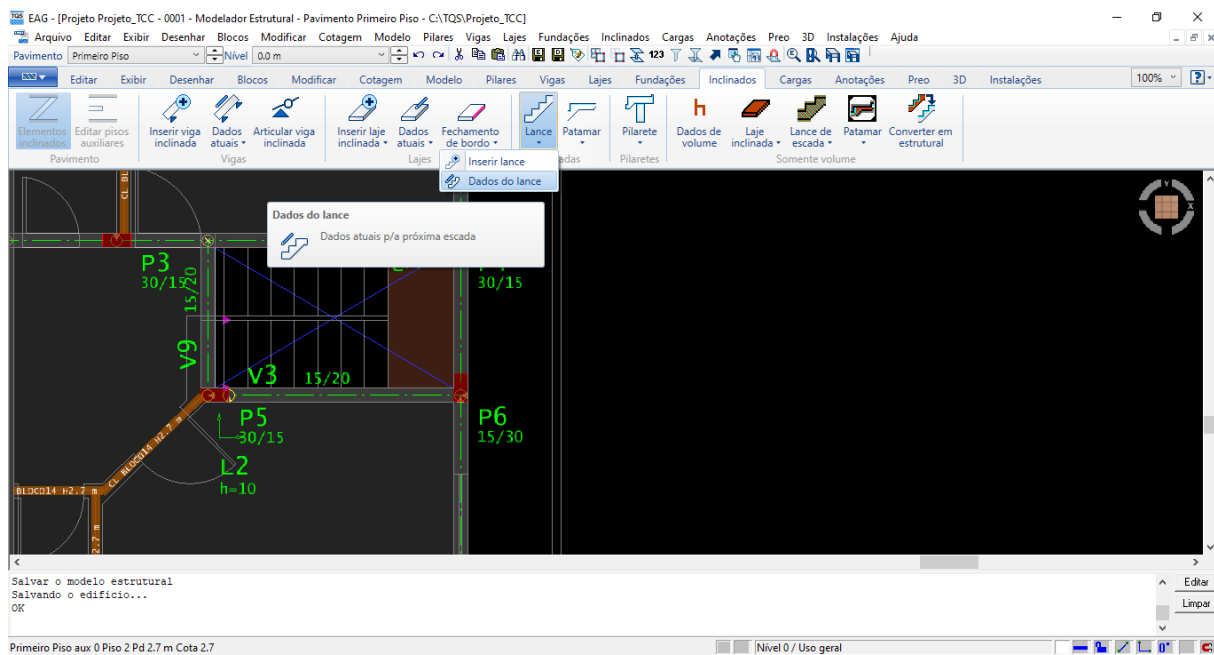
Figura 93 - Laje inserida



Fonte: Nota do autor (2023)

Para inserir o lance, escolhe-se as opções “dados do lance”, conforme apresentado na figura 94.

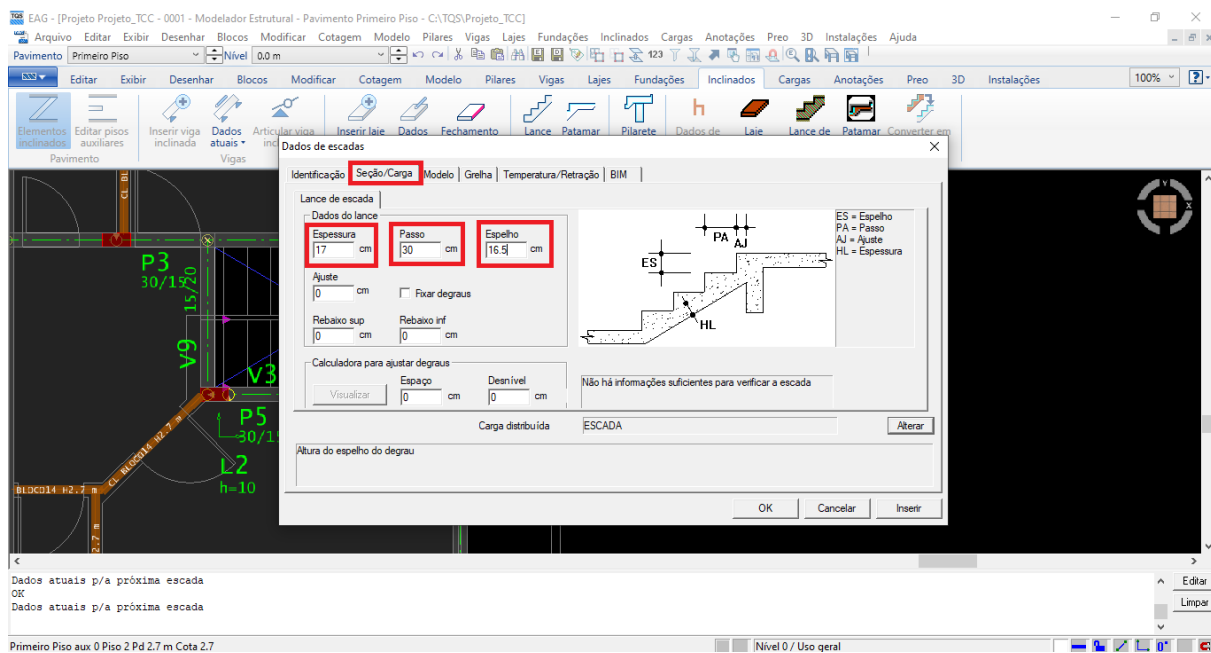
Figura 94 - Dados do lance



Fonte: Nota do autor (2023)

Após selecionar os dados do lance, aparecerá a seguinte tela, em que se escolherá a “espessura”, o “passo” e o “espelho”, conforme apresentado na figura 95.

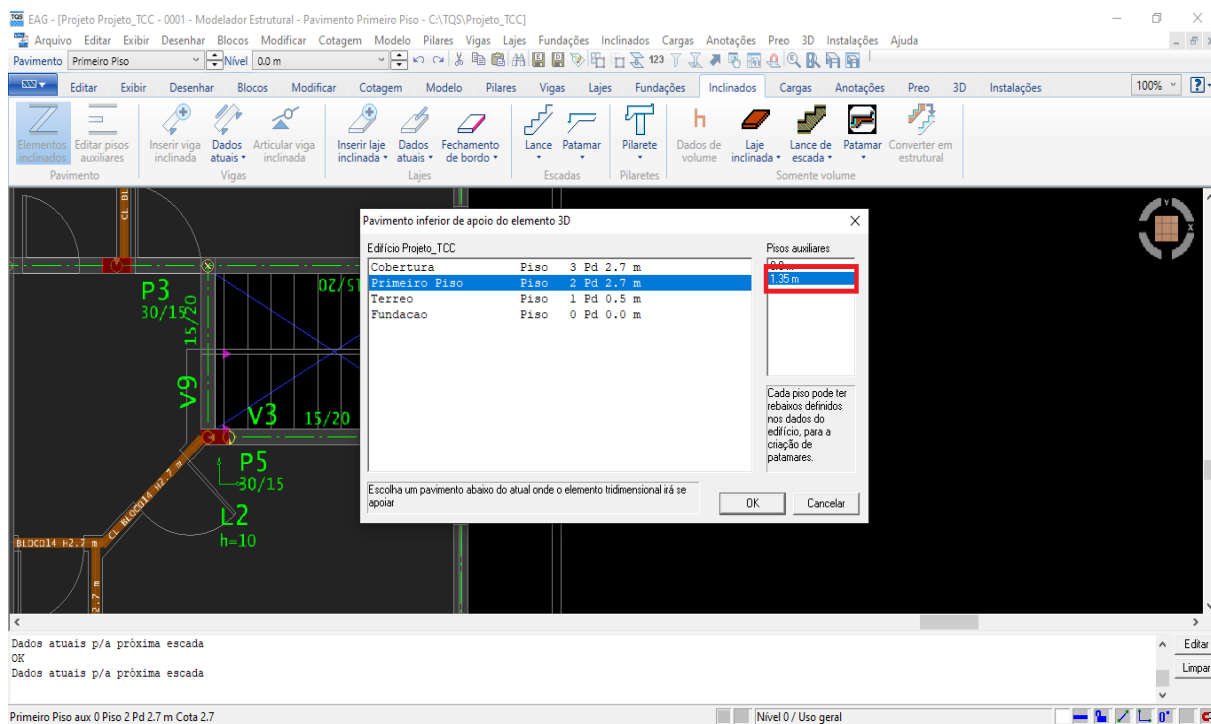
Figura 95 - Seção da escada



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá a seguinte tela para poder colocar o apoio do lance, conforme apresentado na figura 96.

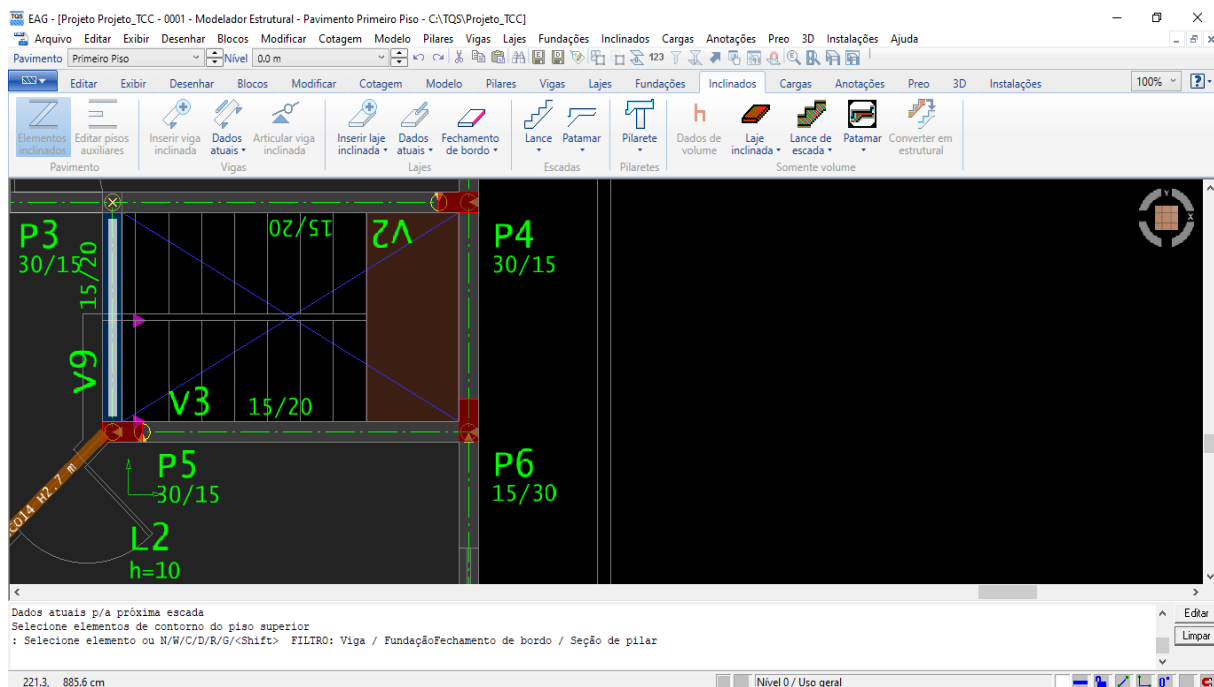
Figura 96 - Apoio do lance



Fonte: Nota do autor (2023)

Clica-se em “OK”. Seleciona-se a viga inicial, conforme apresentado na figura 97.

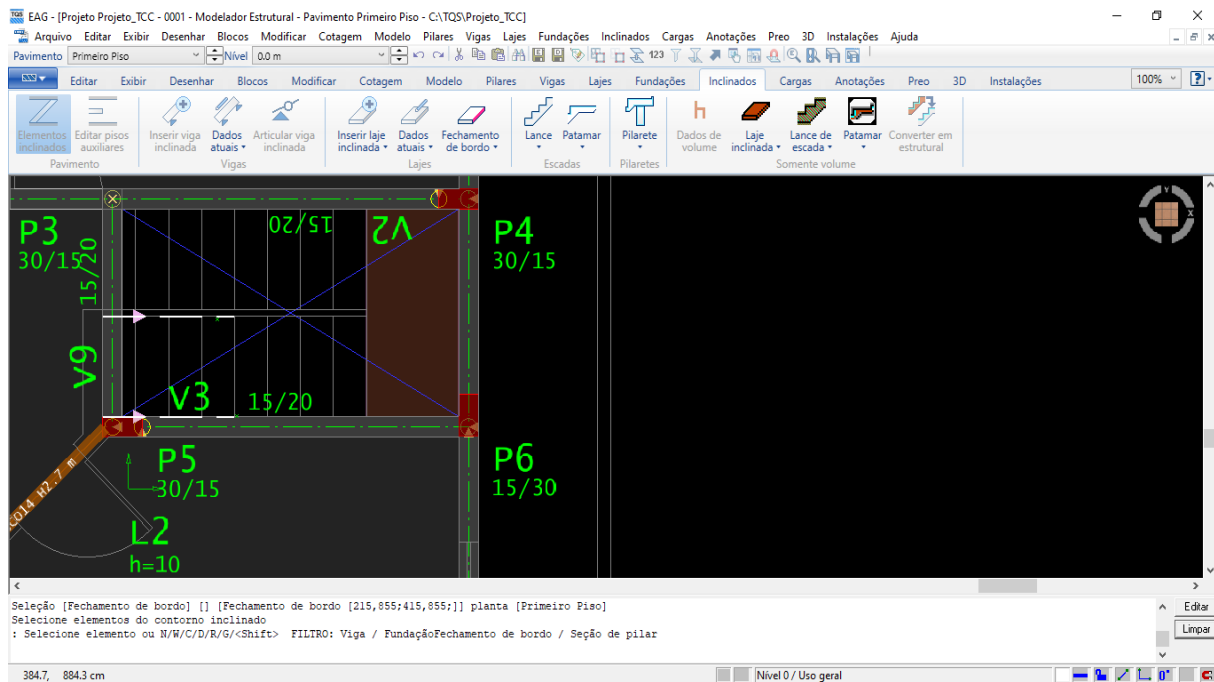
Figura 97 - Viga inicial



Fonte: Nota do autor (2023)

Clica-se em “enter”, seleciona-se as setas que dão a direção da escada, conforme apresentado na figura 98.

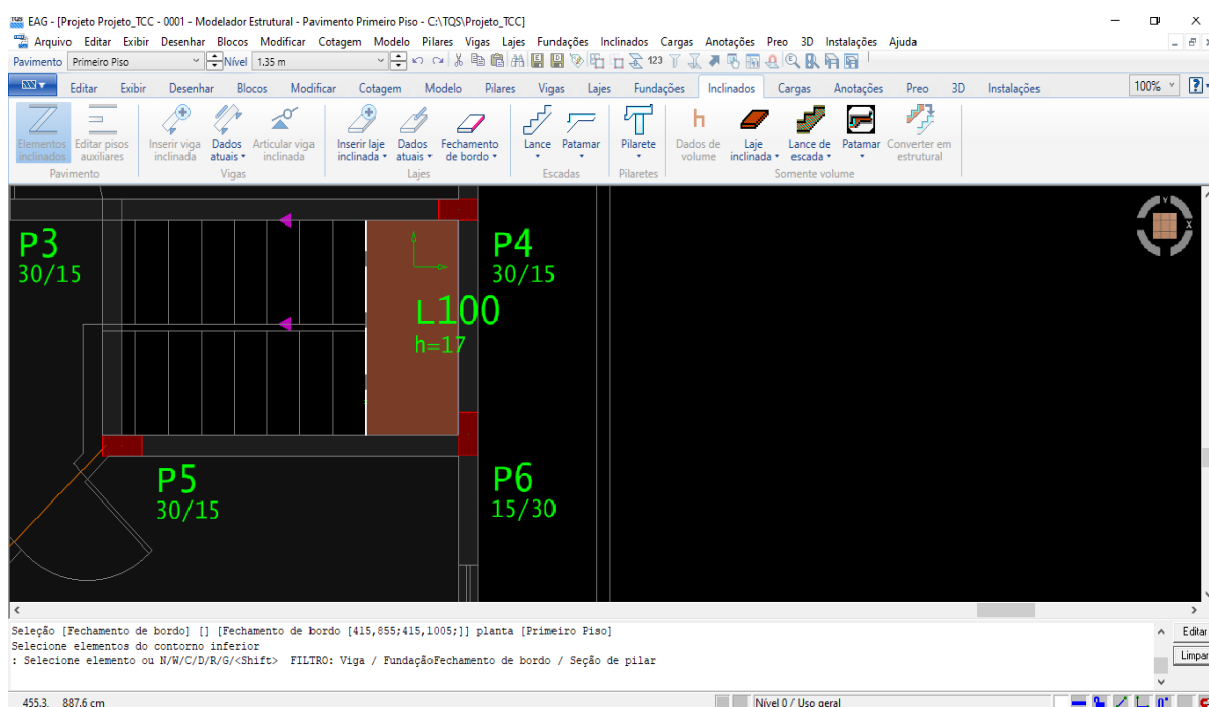
Figura 98 - Direção da escada



Fonte: Nota do autor (2023)

Seleciona-se a viga a qual a escada se apoiará, conforme apresentado na figura 99.

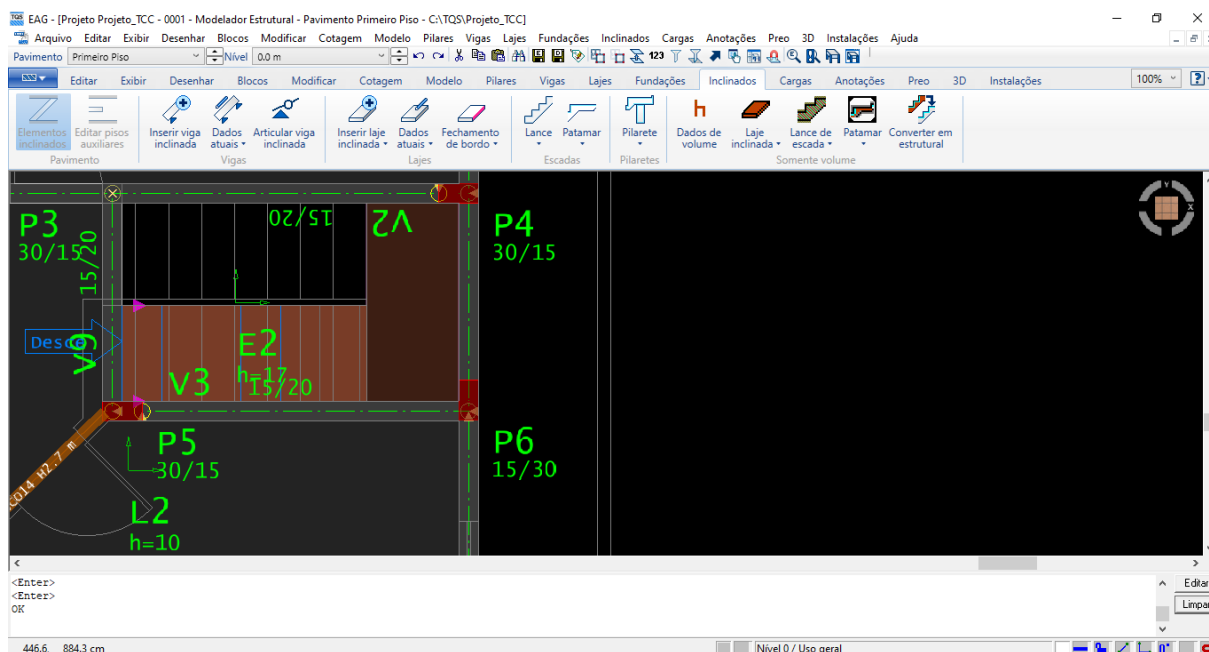
Figura 99 - Apoio da viga



Fonte: Nota do autor (2023)

Seleciona-se igual seleciona-se laje e clica-se em “enter”. Aparecerá o lance da seguinte forma, conforme apresentado na figura 100.

Figura 100 - Lance inserido



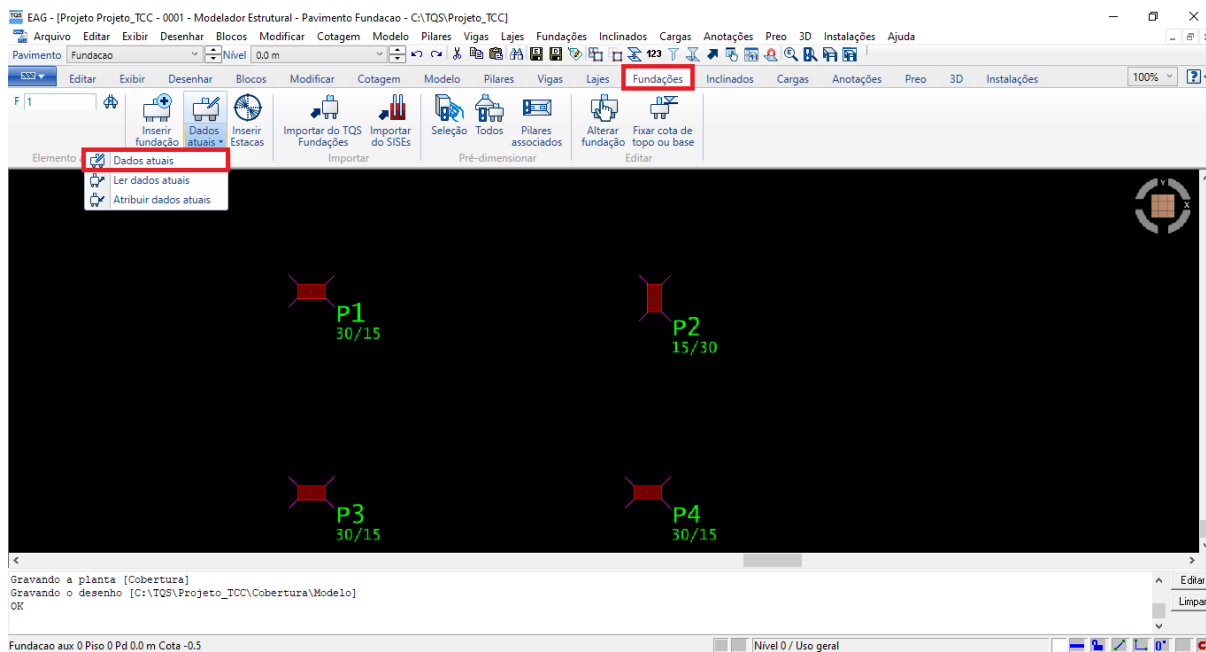
Fonte: Nota do autor (2023)

Repete-se para o nível abaixo.

3.2.1.11. Lançamento das sapatas

Para o lançamento das fundações, clica-se na aba “fundações” e seleciona-se a opção “dados atuais”, conforme apresentado na figura 101.

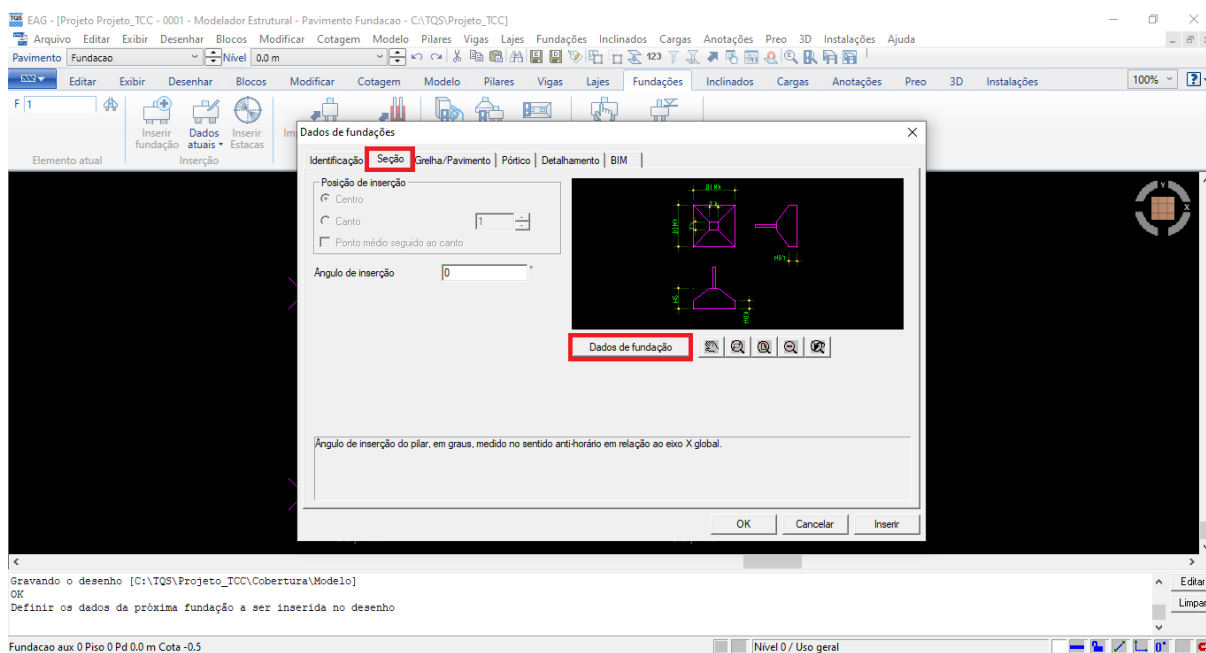
Figura 101 - Inserir fundações



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá uma tela conforme apresentado na figura 102.

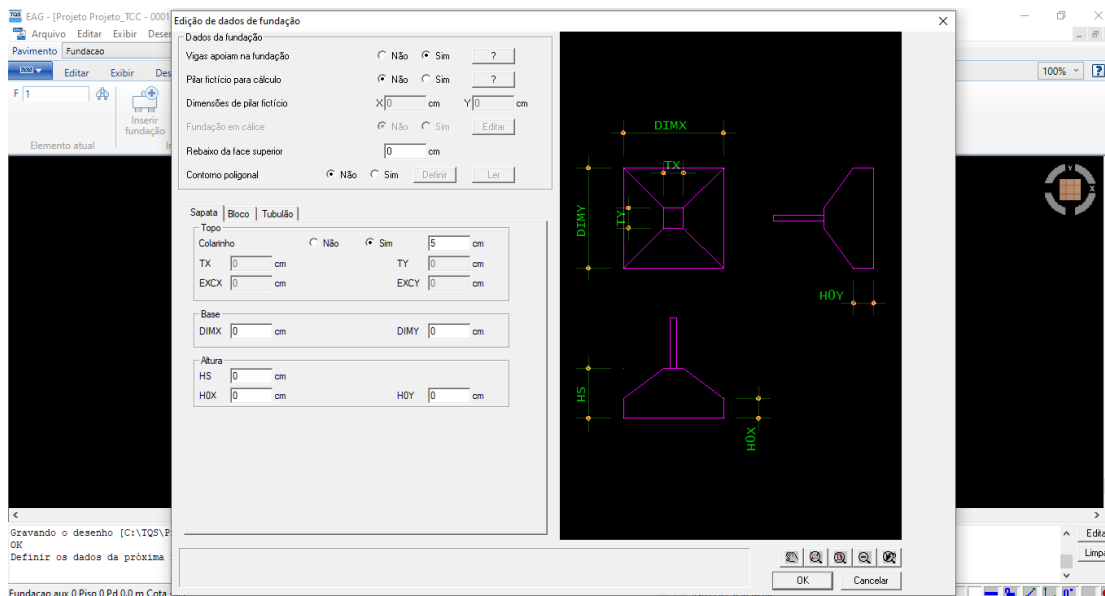
Figura 102 - Dados da fundação



Fonte: Nota do autor (2023)

Seleciona-se a aba “seção” e clica-se em “dados da fundação” para selecionar as dimensões da fundação. Ao clicar, aparecerá a seguinte tela, conforme apresentado na figura 103.

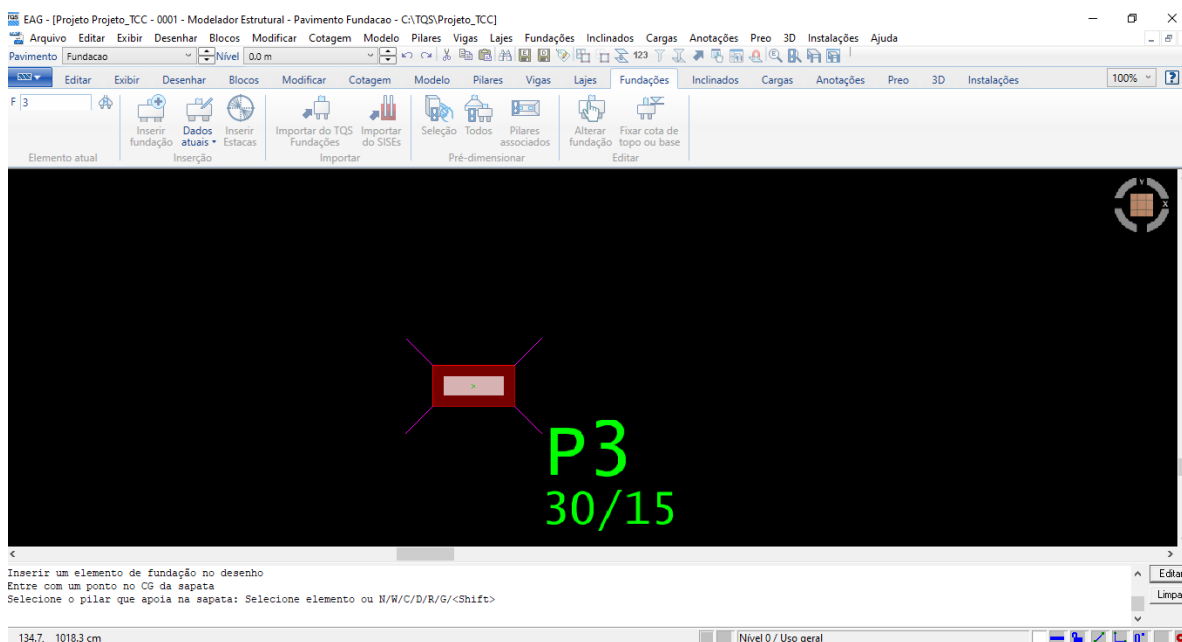
Figura 103 - Dimensões da sapata



Fonte: Nota do autor (2023)

Após selecionadas as dimensões, retornará à tela anterior e clica-se em “inserir”. Deve-se selecionar o Centro de Gravidade do pilar e em seguida clicar fora do pilar para adicionar a fundação, conforme apresentado na figura 104.

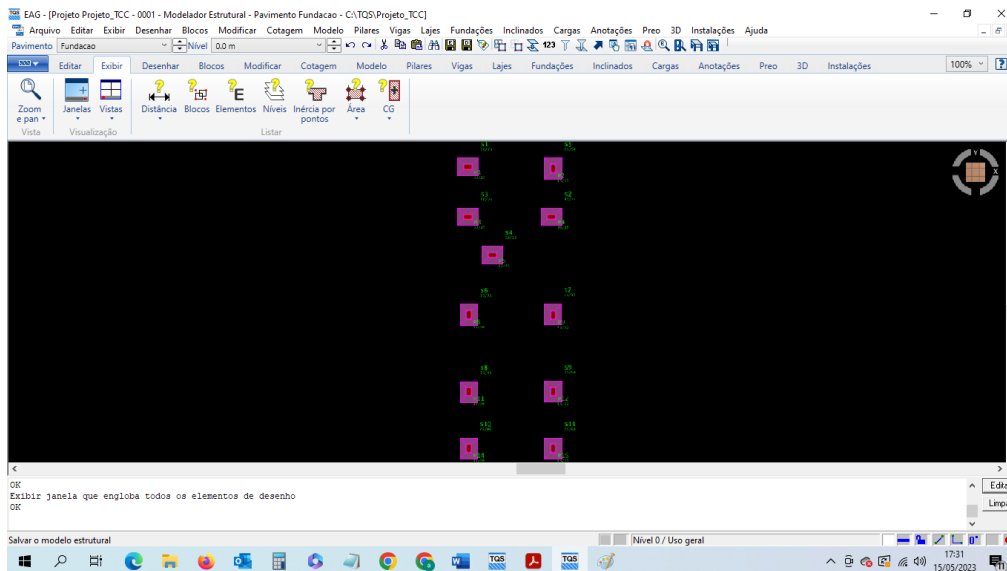
Figura 104 -Inserindo a fundação no pilar



Fonte: Nota do autor (2023)

Deve-se repetir o processo até todas as fundações estiverem inseridas. Ao fim do processo, a edificação se apresentou da seguinte maneira, conforme apresentado na figura 105.

Figura 105 - Fundações inseridas



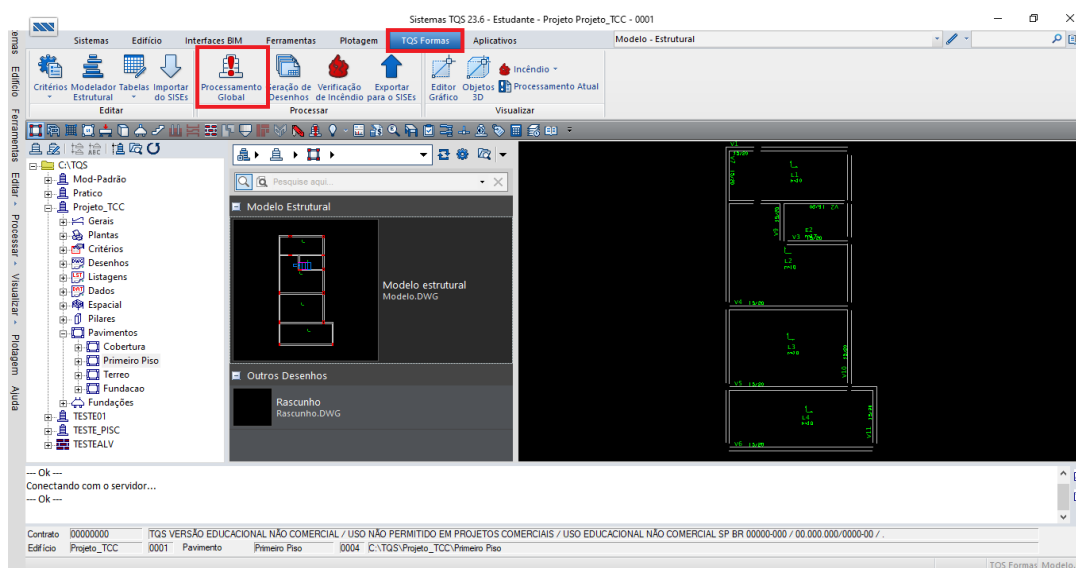
Fonte: Nota do autor (2023)

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Processamento global

Para o processamento global, deve-se voltar à tela inicial do software, na aba “TQS Formas”, na parte de “Processar”, clica-se em “Processamento Global”, conforme apresentado na figura 106.

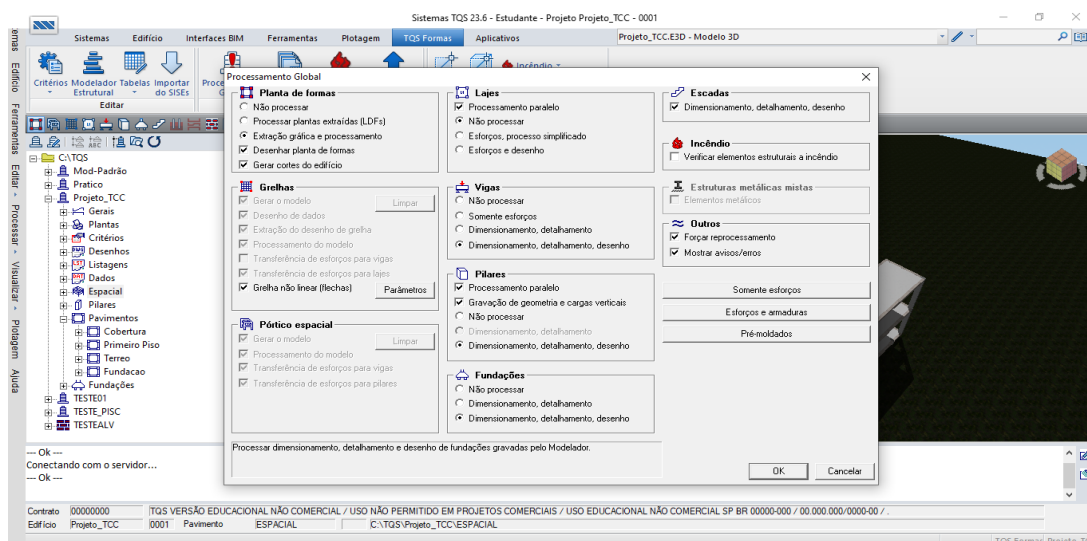
Figura 106 - Processamento global



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá a seguinte tela para escolher as opções de processamento, conforme apresentado na figura 107.

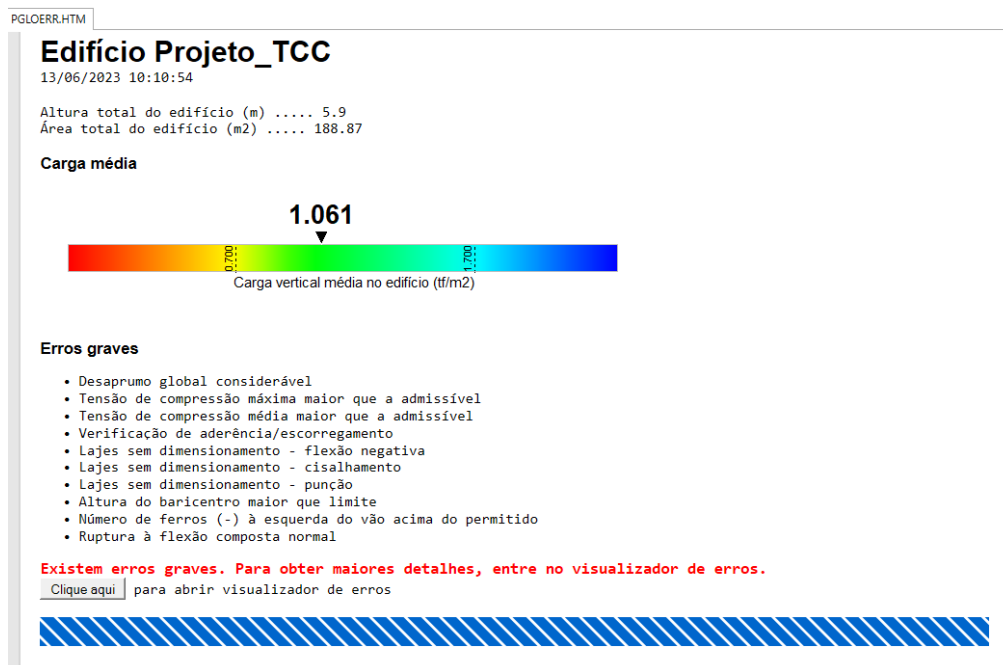
Figura 107 - Escolha do tipo de processamento



Fonte: Nota do autor (2023)

Clica-se em “OK” e será iniciado o processamento global. Após o término do processamento, aparecerá a seguinte tela, conforme apresentado na figura 108.

Figura 108 - Fim do processamento global

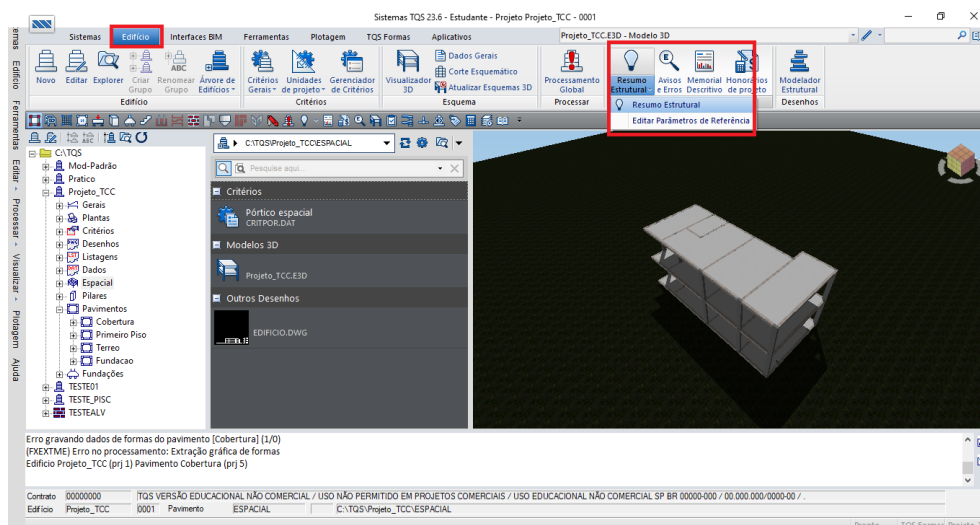


Fonte: Nota do autor (2023)

4.2. Resumo estrutural

Para visualizar o resumo estrutural após o processamento global, clica-se na aba “Edifício” e seleciona-se a opção “Resumo estrutural”, conforme apresentado na figura 109.

Figura 109 - Resumo estrutural



Fonte: Nota do autor (2023)

O resumo apresenta-se da seguinte forma, permitindo diversas opções para a análise da estrutura, conforme apresentado na figura 110.

Figura 110 - Opções resumo estrutural

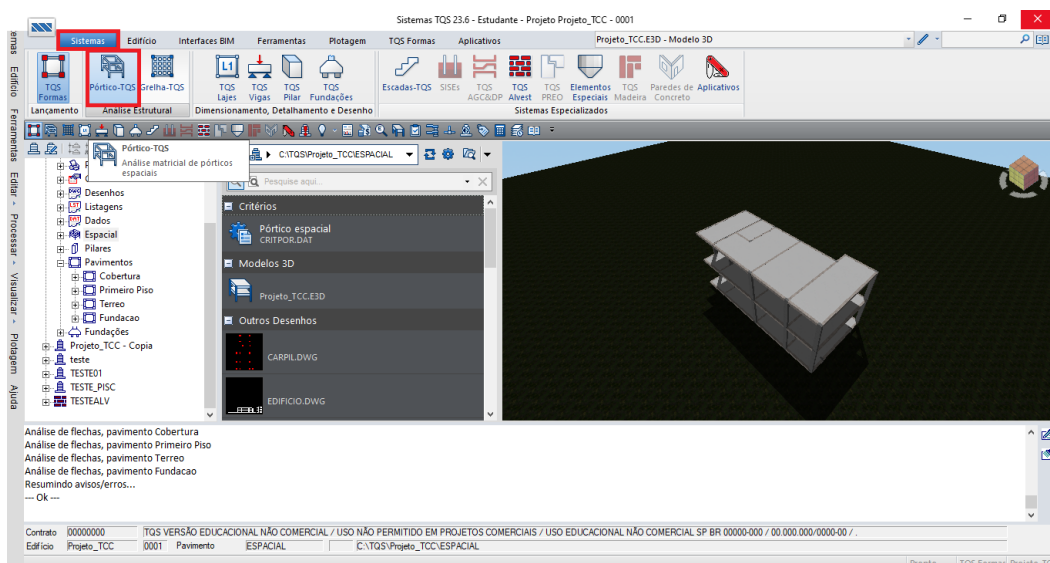


Fonte: Nota do autor (2023)

4.3. Visualizador de esforços de pórtico espacial

Para visualizar os esforços, clica-se na aba “Sistemas”, e seleciona-se “Pórtico-TQS”, conforme apresentado na figura 111.

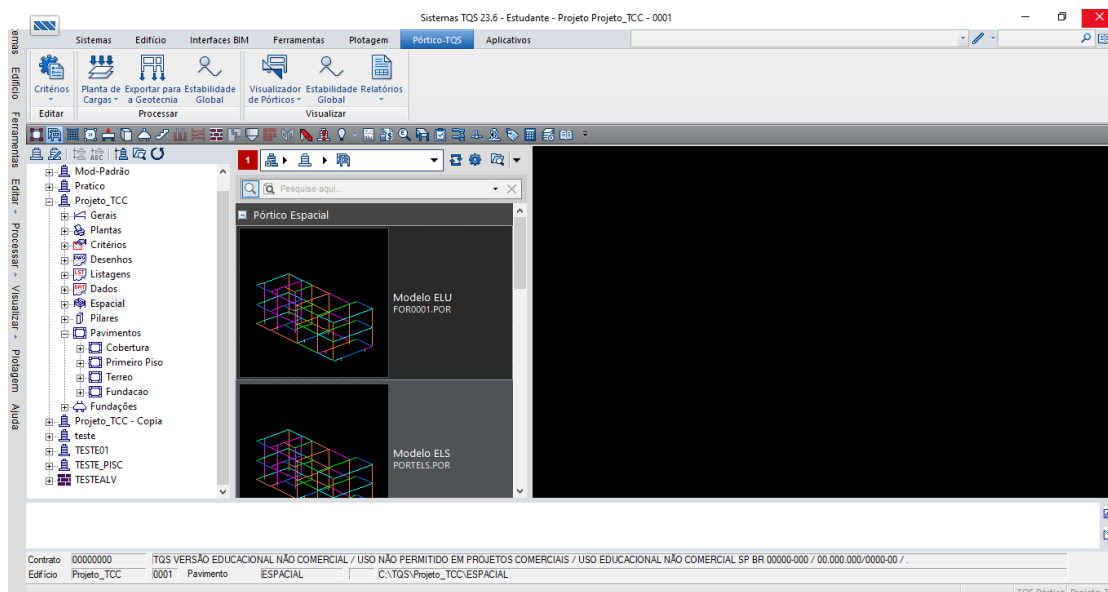
Figura 111 - Esforços pórticos especiais



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá as seguintes opções de Estado Limite de Serviço (ELS) e Estado Limite Último (ELU), conforme apresentado na figura 112.

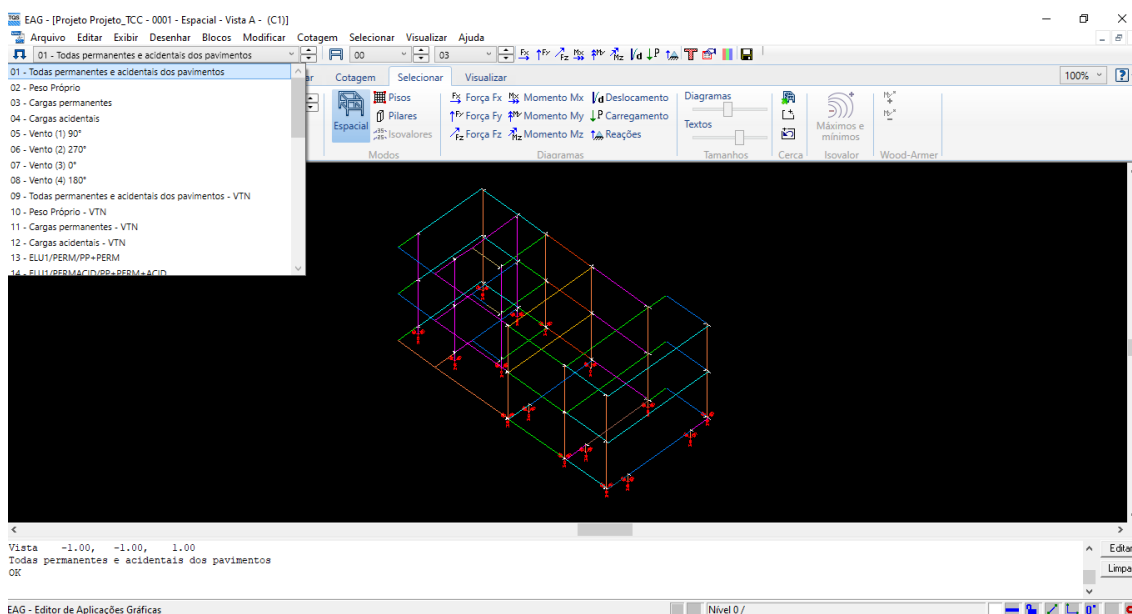
Figura 112 - Opções pórticos especiais



Fonte: Nota do autor (2023)

Para o exemplo do trabalho, será demonstrado o ELU. Pode-se escolher as mais diversas combinações da estrutura, os momentos, deslocamentos, etc. A análise da estrutura não será aprofundada, por não ser o objetivo do trabalho, porém para analisar, as ações são apresentadas conforme a figura 113.

Figura 113 - Opções de ações

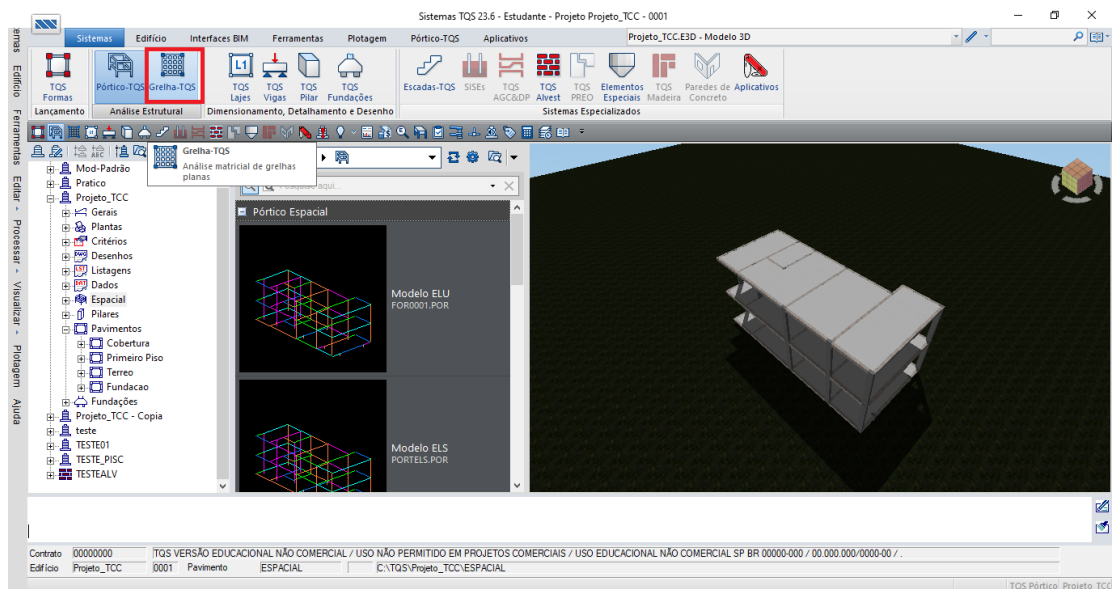


Fonte: Nota do autor (2023)

4.4. Visualizador de grelhas do pavimento

Para visualizar as grelhas do pavimento, clica-se em “Sistemas” e seleciona-se “grelhas-TQS”, conforme apresentado na figura 114.

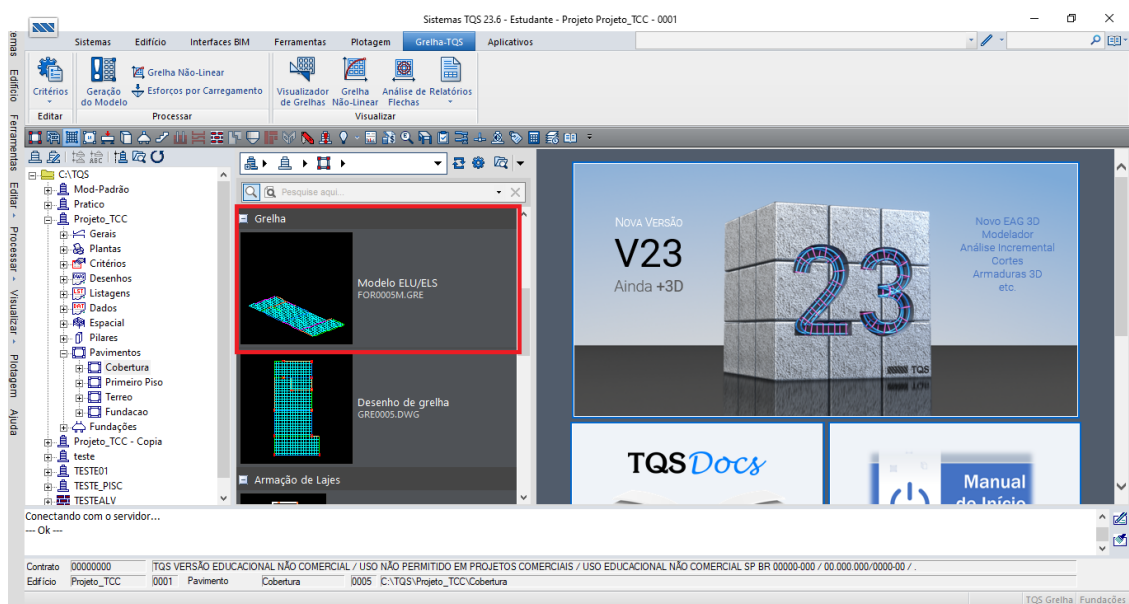
Figura 114 - Visualizador de grelhas



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá a tela conforme apresentado na figura 115.

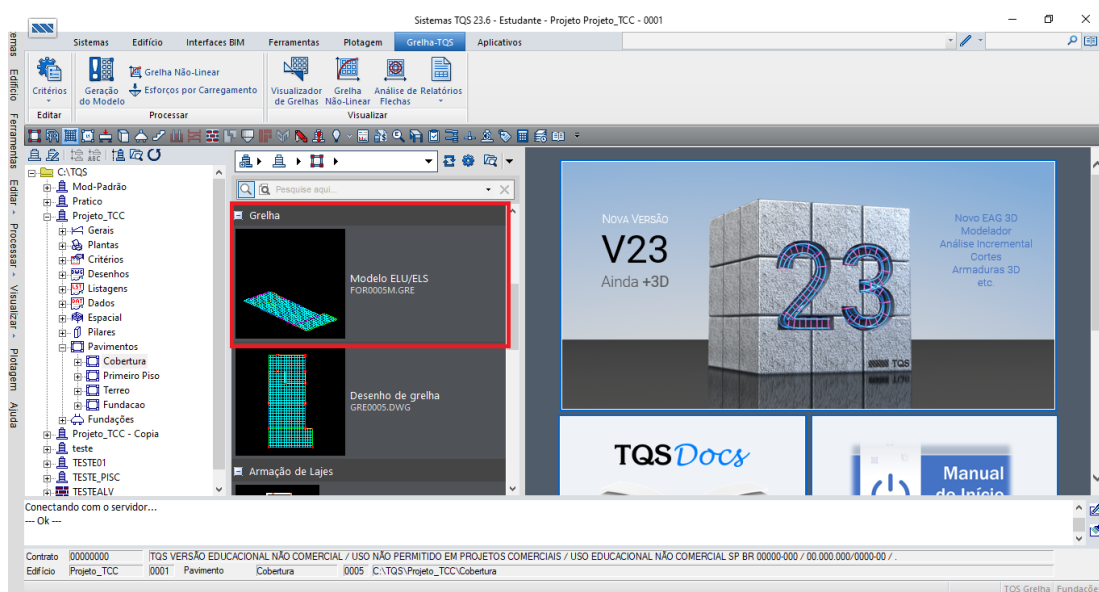
Figura 115 - Modelo de grelha



Fonte: Nota do autor (2023)

Seleciona-se o “modelo ELU/ELS”, conforme apresentado na figura 116.

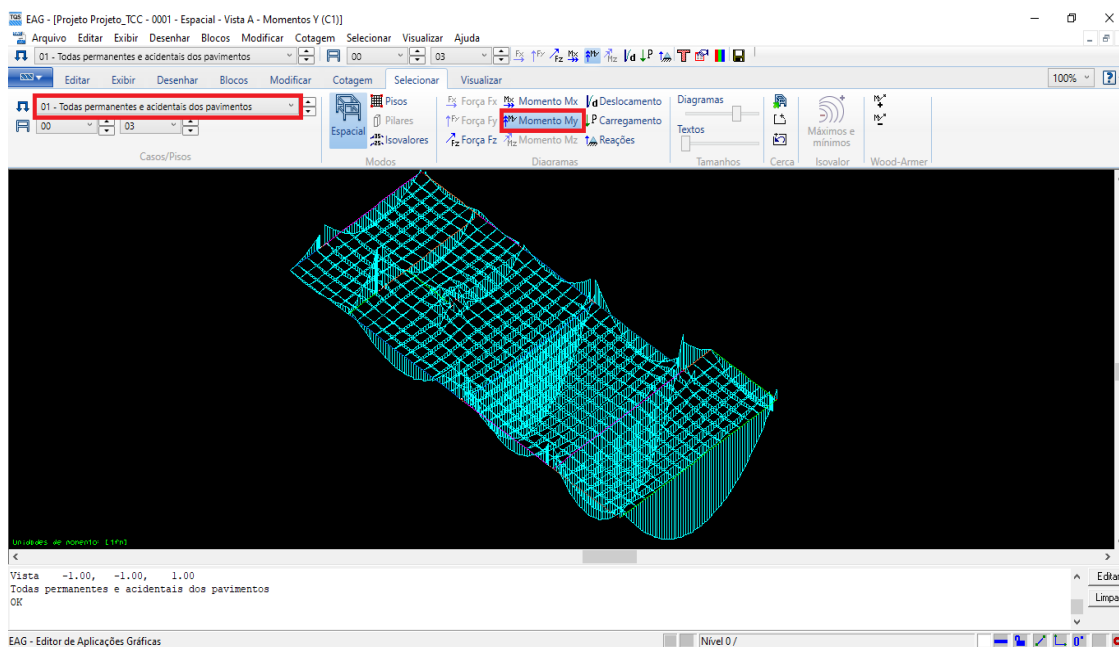
Figura 116 - Modelo ELU/ELS



Fonte: Nota do autor (2023)

A exemplo de uma das análises, escolheu-se o “Momento em y” para demonstrar com todas as cargas da edificação, conforme apresentado na figura 117.

Figura 117 - Momento em Y com todas as ações

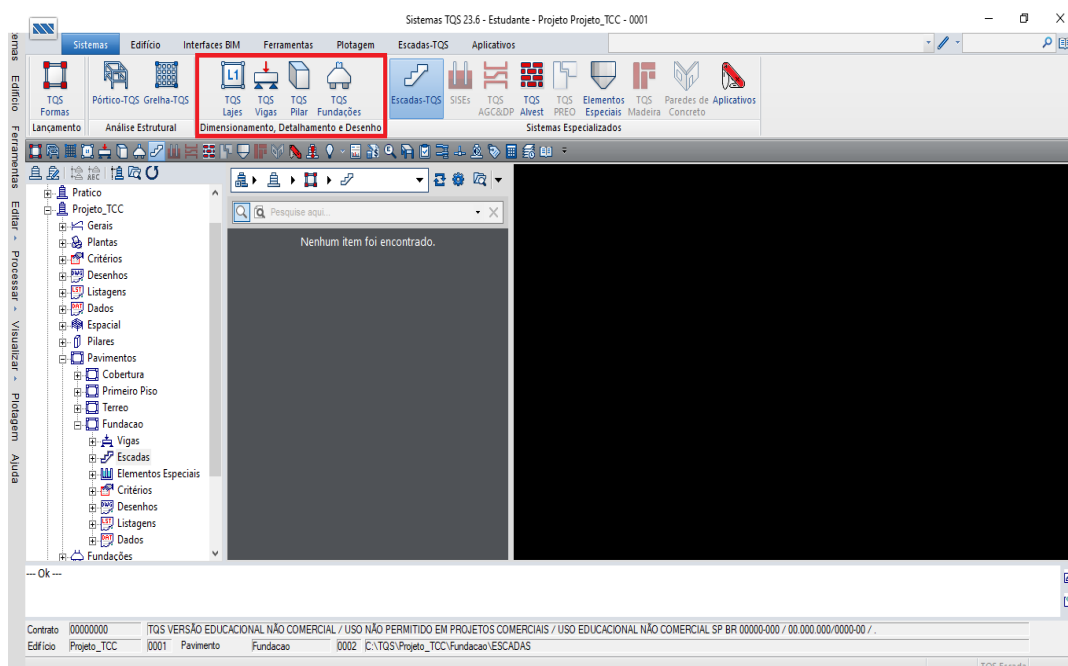


Fonte: Nota do autor (2023)

4.5. Detalhamento das lajes

Na aba “Sistemas” pode-se obter todos os detalhamentos e relatórios, podendo escolher entre lajes, vigas, pilares e sapatas, conforme apresentado na figura 118.

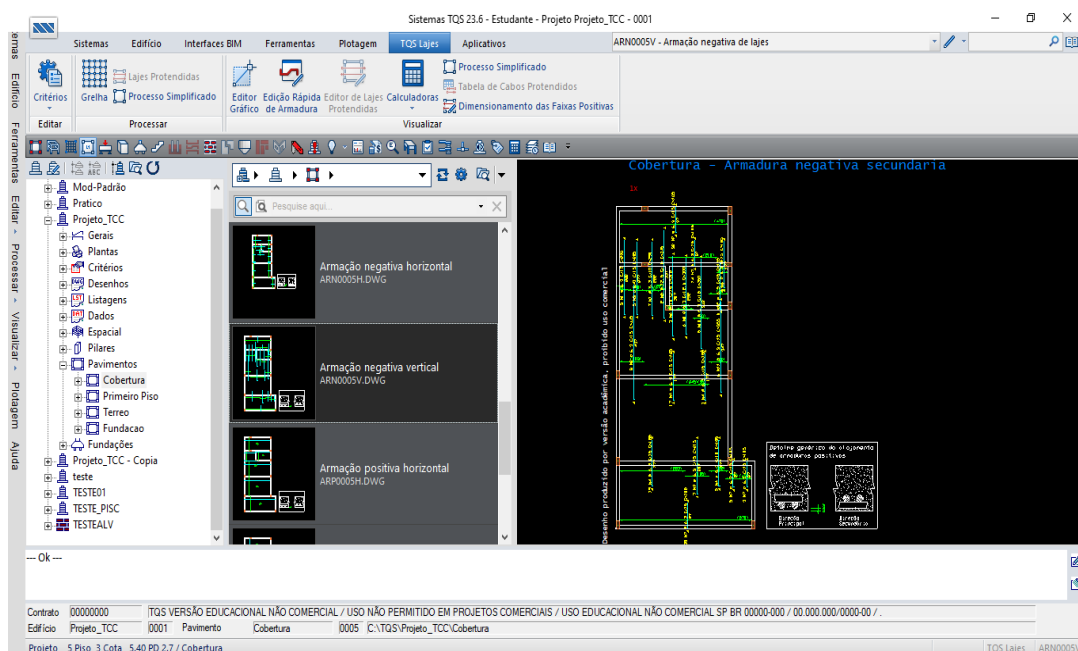
Figura 118 - Opções de detalhamento



Fonte: Nota do autor (2023)

Escolhe-se a opção “TQS Lajes” e aparecerá a seguinte tela, conforme apresentado na figura 119.

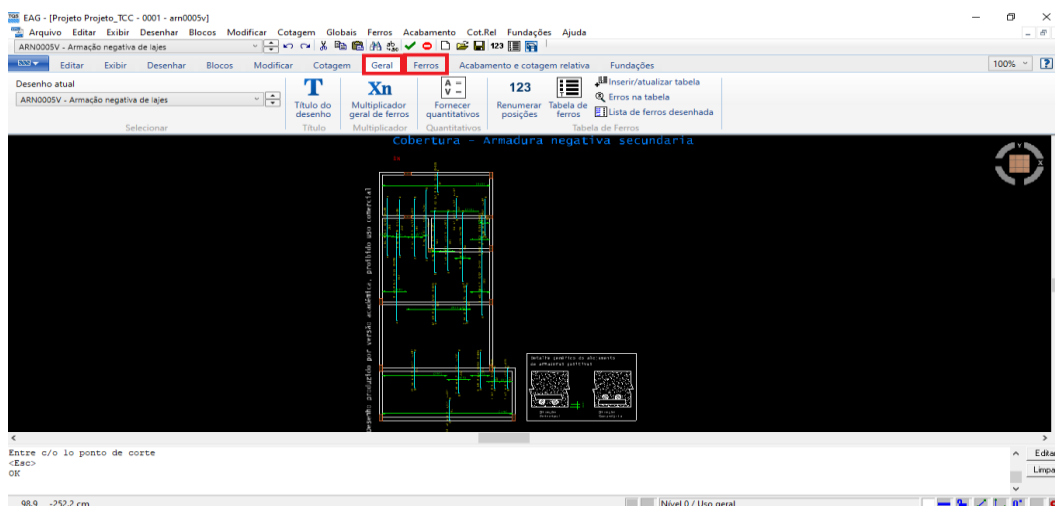
Figura 119 - Detalhamento de laje



Fonte: Nota do autor (2023)

Pode-se escolher qualquer uma para se analisar as armaduras, abrindo o editor com um clique duplo na armação escolhida. Para exemplificar, será aberto o editor da “armação negativa vertical”, conforme apresentado na figura 120.

Figura 120 - Opções em laje



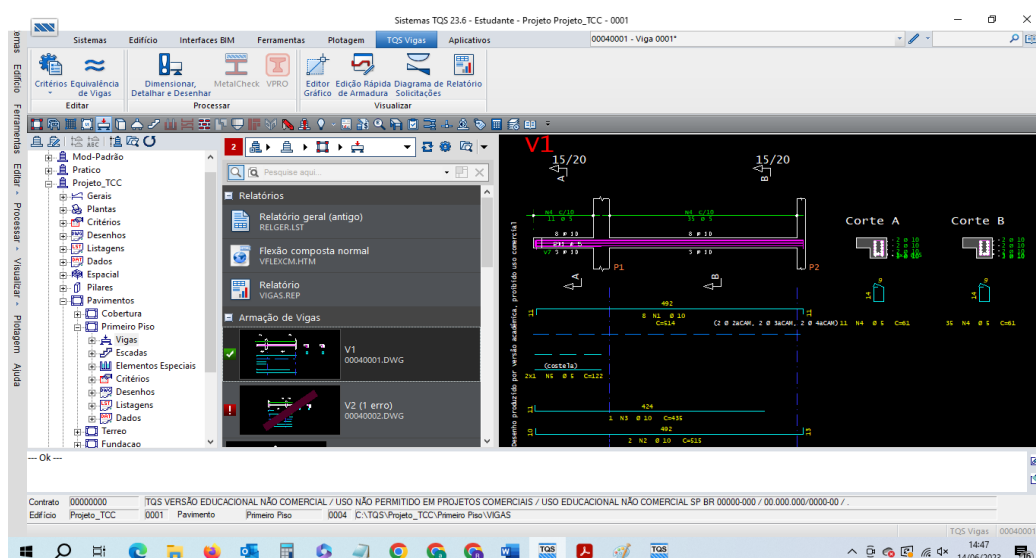
Fonte: Nota do autor (2023)

Na aba “Geral” pode-se verificar a armadura enquanto na aba “Ferros” pode-se editá-las.

4.6. Detalhamento e relatório das vigas

Após selecionar a aba “Sistemas”, a opção “TQS vigas”, aparecerá a seguinte tela contendo as opções de viga, conforme apresentado na figura 121.

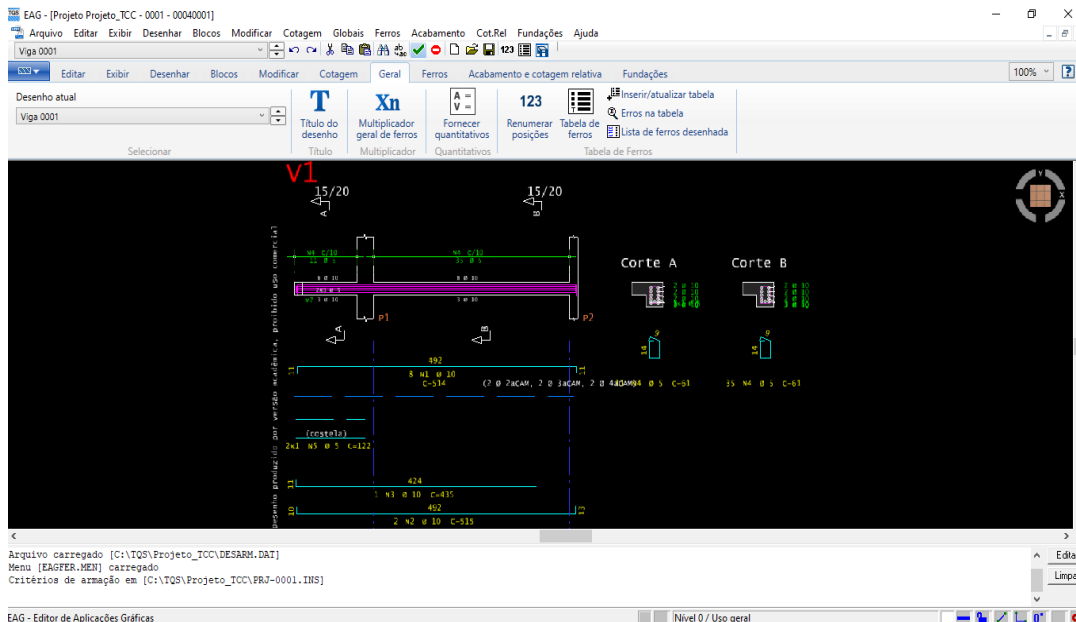
Figura 121 - TQS Vigas



Fonte: Nota do autor (2023)

Para analisar a viga, clica-se duas vezes na mesma. Para exemplificar será visualizada a viga 01, conforme apresentado na figura 122.

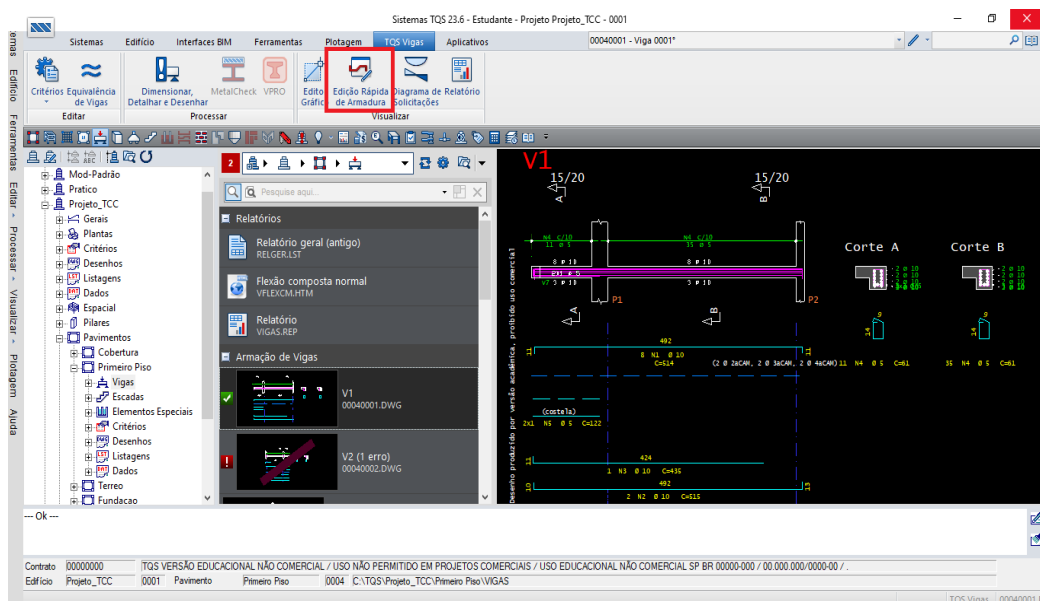
Figura 122 - Análise da viga



Fonte: Nota do autor (2023)

Para editar de forma rápida a viga, na aba “TQS Vigas”, clica-se na aba “Edição Rápida de armadura”, conforme apresentado na figura 123.

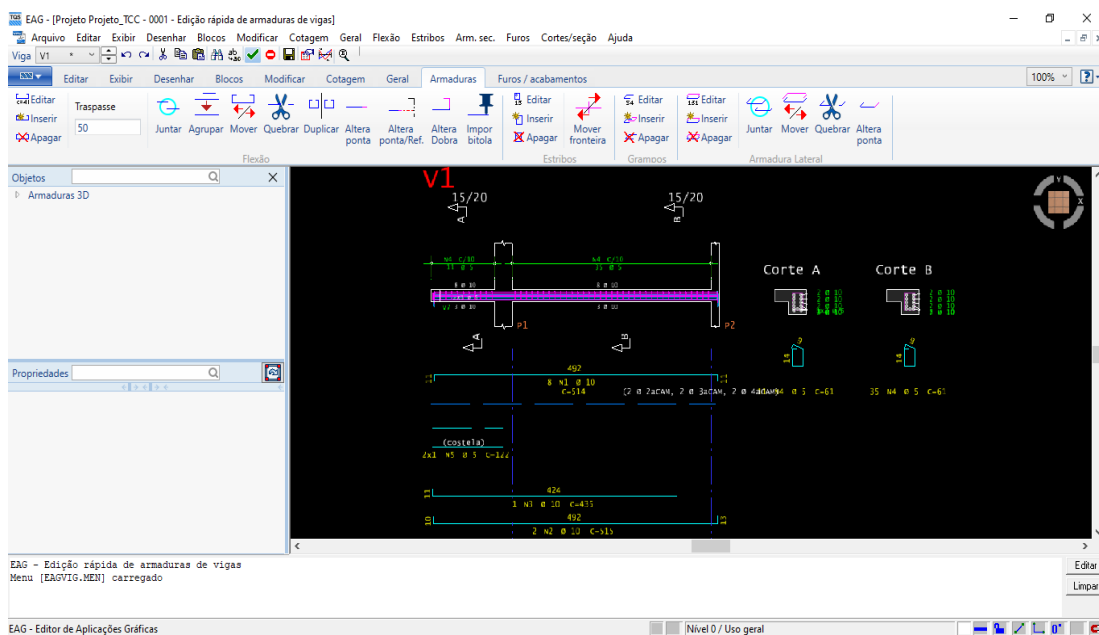
Figura 123 - Editor rápido de vigas



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá a seguinte tela, conforme apresentado na figura 124.

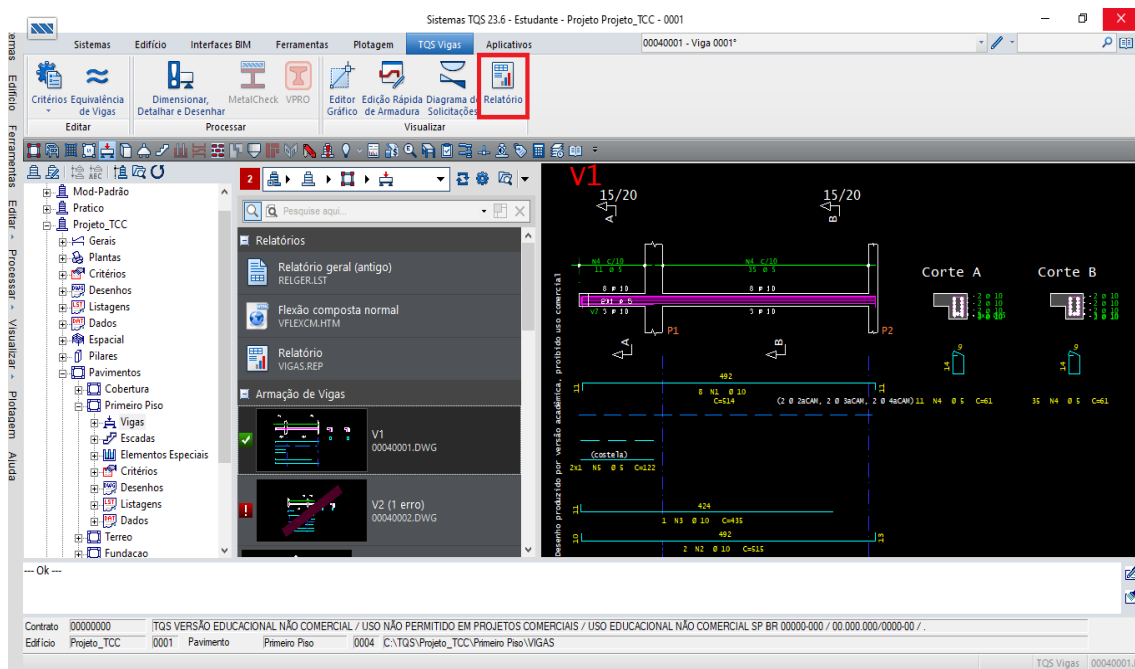
Figura 124 - Opções do editor



Fonte: Nota do autor (2023)

O software apresenta diversas opções de alteração na armadura de forma intuitiva, podendo ser feitas as mais diversas modificações. Para gerar o relatório das vigas, na aba “TQS vigas”, clica-se em “Relatório”, conforme apresentado na figura 125.

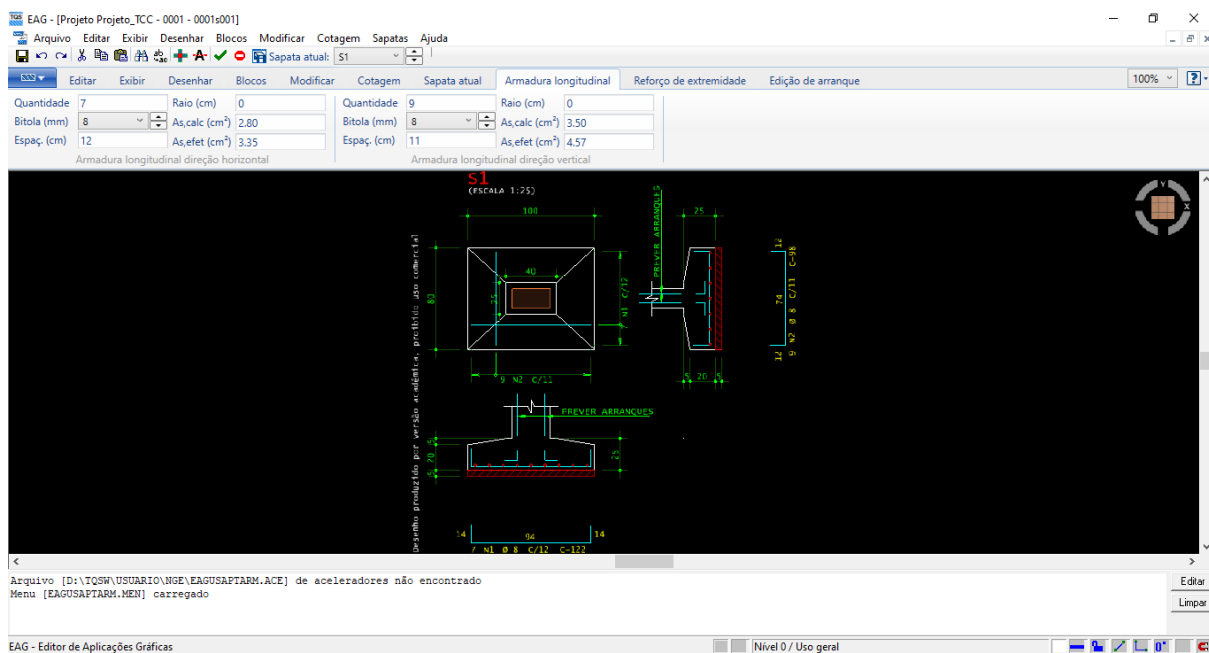
Figura 125 - Relatório



Fonte: Nota do autor (2023)

Aparecerá a seguinte tela para analisar separadamente cada viga e modificar conforme a necessidade, conforme apresentado na figura 126.

Figura 128-Editor rápido de armadura de sapata

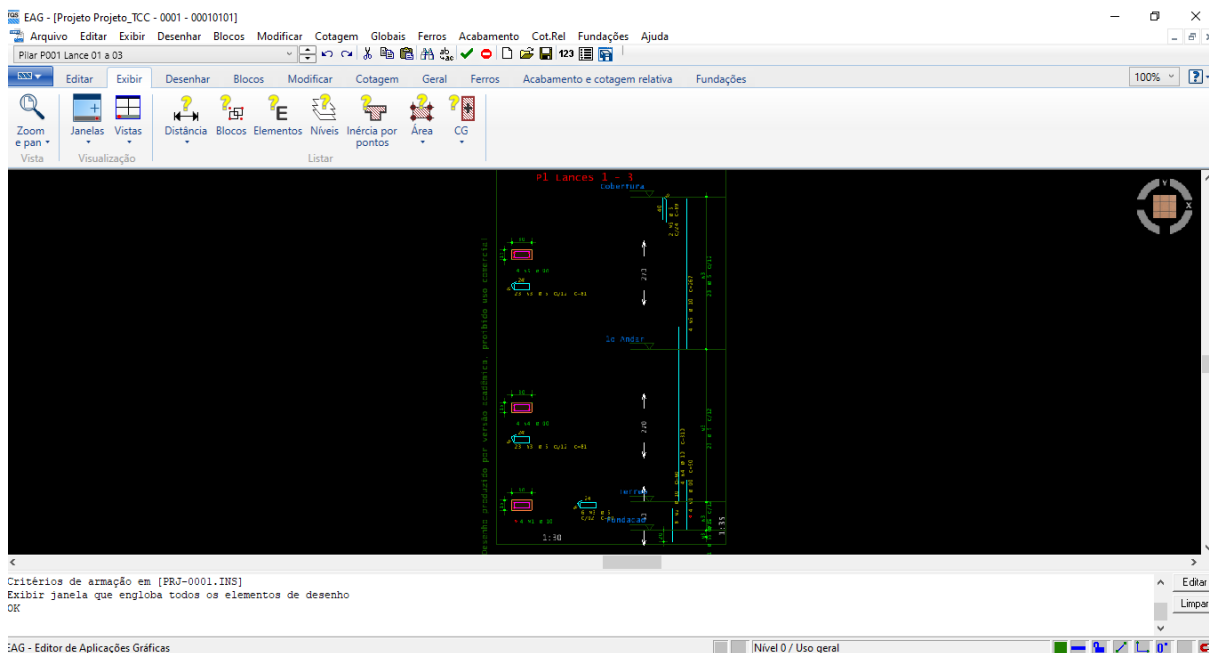


Fonte: Nota do autor (2023)

4.8. Detalhamento e relatório dos pilares

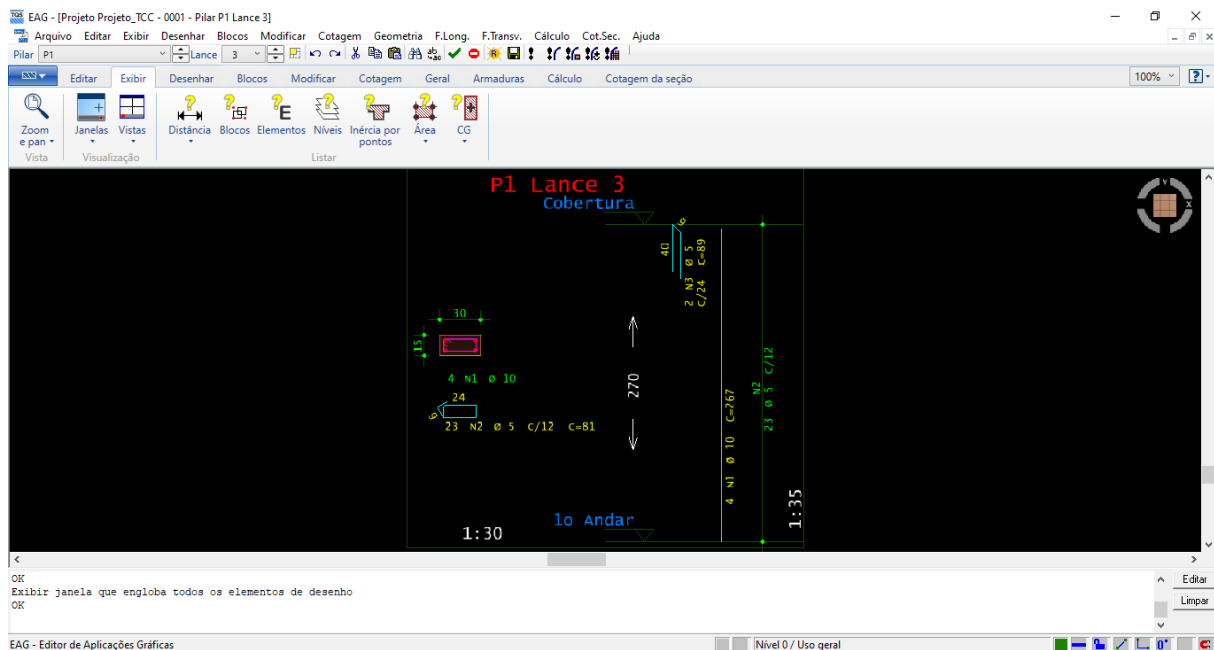
Para exemplificar a visualização dos pilares, a figura 128 mostra o pilar P1 enquanto a figura 129 mostra a tela de edição rápida de armadura do lance entre o primeiro pavimento e a cobertura.

Figura 129- Pilar P1



Fonte: Nota do autor (2023)

Figura 130 - Editor rápido de armaduras



Fonte: Nota do autor (2023)

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um manual de dimensionamento de elementos estruturais utilizando o software TQS, visando ser um guia prático e completo para os discentes e profissionais da área da engenharia civil. A abordagem didática adotada, com uso de ilustrações e apresentação clara da sequência a ser seguida, contribuiu para a assimilação dos conceitos.

O manual abrangeu os principais elementos utilizados em edificações de concreto armado, fornecendo orientação desde as cargas até a apresentação dos critérios de segurança que são apresentados nas normas brasileiras.

A ferramenta permite a concepção estrutural de forma fácil e intuitiva, através de sua interface gráfica de fácil compreensão, permitindo conceber e analisar a estrutura de forma rápida, não levantando dúvidas durante o projeto.

Os conhecimentos teóricos para a compreensão dos resultados são primordiais para a melhor utilização do software, permitindo ao engenheiro a busca das melhores soluções de cada projeto.

Sugere-se para o desenvolvimento de trabalhos futuros:

- Comparação pelos resultados dos cálculos analíticos com os resultados oferecidos pelo TQS;
- Análise de estruturas de outras edificações;
- Comparar os resultados obtidos com outros softwares;
- Otimização dos resultados obtidos pelo TQS;
- Utilização do TQS junto ao software REVIT;
- Análise, dimensionamento e orçamento pelo software TQS.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1988). NBR 6123: **Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). NBR 8681: **Ações e segurança nas estruturas - Procedimento**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2007). NBR 7480: **Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2008). NBR 8800: **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2014). NBR 6118: **Projetos de estrutura de concreto - Procedimentos**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2015). NBR 8953: **Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2016). NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2018). NBR 5739: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2019). NBR 6120: **Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2022). NBR 12655: **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro.

BASTOS, P. S. (2019). Notas de aula da disciplina Estrutura de concreto I. Em BASTOS, **Fundamentos do concreto**. Baurú, São Paulo: Universidade Estadual Paulista.

CARNEIRO, Ronaldson José de França Mendes. **Projetos de concreto armado**. 2016. 12 f. Notas de aula.

PANTOJA, RICARDO DOS SANTOS. **Cálculo, análise e detalhamento de elementos estruturais em concreto armado de residência utilizando o software CYPECAD**. 2022.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, [S. 1.], 2022.

PINHEIRO, L. (2007). **Fundamentos de concreto e projeto de edifícios**. Em L. PINHEIRO, C. D. MUZARDO, & S. P. SANTOS. São Carlos: Universidade de São Paulo - USP.

REBELLO, Y. C. (2000). **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Zigurate Editora.

REBELLO, Y. C. (2007). **Bases para projeto estrutural na arquitetura**. São Paulo: Zigurate Editora.