

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO ARAGUAIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL DE SOUSA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO COM
SISTEMAS COMPUTACIONAIS CONCILIADO A UTILIZAÇÃO DA REALIDADE
AUMENTADA**

BARRA DO GARÇAS - MT

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO ARAGUAIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL DE SOUSA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO COM
SISTEMAS COMPUTACIONAIS CONCILIADO A UTILIZAÇÃO DA REALIDADE
AUMENTADA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil – UFMT, Campus Universitário do Araguaia, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. Orientador: Dr^a Mariana Correa Posterlli.

BARRA DO GARÇAS - MT

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S586d Silva, Gabriel de Sousa.

DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO
ARMADO COM SISTEMAS COMPUTACIONAIS
CONCILIADO A UTILIZAÇÃO DA REALIDADE
AUMENTADA [recurso eletrônico] / Gabriel de Sousa Silva. --
Dados eletrônicos (1 arquivo : 97 f., il. color., pdf). -- 2023.

Orientadora: Mariana Correa Posterli.

TCC (graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal
de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Barra do
Garças, 2023.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://bdm.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

**ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO
TRABALHO DE CURSO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

ALUNO(A): GABRIEL DE SOUSA SILVA

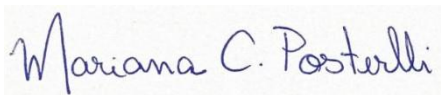
Aos dezoito dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e três, às treze horas e trinta minutos, em ambiente virtual (Google Meet), foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) **GABRIEL DE SOUSA SILVA**. A banca foi composta pelos seguintes professores: orientador **Prof. Dra. MARIANA CORREA POSTERLLI**, **Prof. VICTOR HUGO PERES SILVA** e **Prof. Me. LUIZ ANTÔNIO SARTI JÚNIOR**. O Trabalho de Curso tem como título: **DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO COM SISTEMAS COMPUTACIONAIS CONCILIADO A UTILIZAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA**. Após explanação no prazo regulamentar o(a) aluno(a) foi interrogado pelos componentes da banca. Terminada a etapa, os membros, de forma confidencial avaliaram o(a) aluno(a) e conferiram o(a) mesmo(a) o seguinte resultado **APROVADO**, proclamado pelo presidente da sessão. Dados por encerrados os trabalhos, lavrou-se a presente Ata, que será assinada pela banca e pelo(a) aluno(a).

Barra do Garças, 18 de outubro de 2023.

Aluno(a):



Banca:



Prof. Dra. Mariana Correa Posterlli (orientadora)
Universidade Federal de Mato Grosso

Documento assinado digitalmente

gov.br

VICTOR HUGO PERES SILVA

Data: 18/10/2023 14:42:38-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Victor Hugo Peres Silva (membro)
Universidade Federal de Mato Grosso



Prof. Me. Luiz Antônio Sarti Júnior (membro externo)
Universidade de Franca

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por permitir chegar até aqui, me abençoando e me dando forças para que eu não desistisse.

Agradeço aos meus pais, Claudio e Laura, por sempre me darem suporte e apoio, me ajudando todas as vezes que eu precisava.

Agradeço à minha avó Lindaura por ter me ajudado nos estudos ao longo dos anos, permitindo que eu conseguisse chegar até a universidade.

Agradeço à Rita Luís Martins de Sousa por estar comigo durante as longas noites enquanto fazia esse trabalho e me ajudando na obtenção das fotografias.

Agradeço a minha orientadora Mariana Correa Posterlli pelas ideias e auxílio no desenvolvimento desse.

RESUMO

A Engenharia contemporânea exige que os métodos de elaboração de projetos estejam de acordo com a velocidade e precisão que a era tecnológica do século XXI oferece. Para isso é necessário que o meio da construção civil esteja disposto a incorporar novas ferramentas capazes de expandir as possibilidades de desenvolvimento. Neste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentado uma sequência de passos para a obtenção de um modelo 3D capaz de ser visualizado e projetado em realidade aumentada em um canteiro de obras ou para estudo de viabilidade construtiva. Todos os procedimentos aqui demonstrados foram realizados em *softwares* computacionais, envolvendo projetos arquitetônicos, dimensionamento estrutural e modelagem tridimensional. Os objetivos consistem em definir uma arquitetura e apresentar um roteiro de integração entre os sistemas para a obtenção do sistema estrutural de uma casa térrea capaz de ser projetada por um aplicativo móvel em um dispositivo celular no local de sua possível construção. Ao final foi feito a projeção em um lote não edificado, apenas com vegetação, para demonstrar as funcionalidades da RA e as possíveis análises de serem feitas, tendo como resultados a aplicação prática proposta pelo trabalho com implementação dessa tecnologia no canteiro de obras, como o acesso de informações referentes a cada elemento estrutural, suas posições, referenciamento, visualização de armaduras e interferências locais.

Palavras-chave: Realidade Aumentada; Construção Civil; Concreto Armado; Projetos Estruturais; Sistemas Estruturais.

ABSTRACT

Contemporary engineering requires that project development methods align with the speed and precision offered by the technological era of the 21st century. For this, the construction industry must be willing to incorporate new tools capable of expanding development possibilities. In this Final Course Work, a sequence of steps is presented for obtaining a 3D model that can be visualized and projected in augmented reality on a construction site or for a feasibility study. All procedures demonstrated here were carried out in computer software, involving architectural design, structural dimensioning, and three-dimensional modeling. The objectives are to define an architecture and present an integration roadmap between systems to obtain the structural system of a single-story house that can be projected by a mobile application on a cell phone at the site of its possible construction. In the end, a projection was made on an undeveloped lot, only with vegetation, to demonstrate the functionalities of AR and the possible analyses to be performed, with the practical application proposed by the work being the implementation of this technology on the construction site, such as access to information related to each structural element, its positions, referencing, visualization of reinforcements, and local interferences.

Keywords: Augmented Reality; Civil Construction; Reinforced Concrete; Structural Projects; Structural Systems.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM – *Building Information Modeling* (Modelagem de Informações da Construção)

RA – Realidade Aumentada

RV – Realidade Virtual

3D – Tridimensional (Três dimensões)

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CAA – Classe de Agressividade Ambiental

FCK – Fator de Compressão Característico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO	10
1.2	JUSTIFICATIVA	10
1.3	OBJETIVOS	11
1.3.1	Objetivo geral.....	11
1.3.2	Objetivos específicos	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1	INTRODUÇÃO À REALIDADE AUMENTADA (RA)	14
2.2	BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	16
2.3	REALIDADE AUMENTADA APLICADA À ENGENHARIA CIVIL.....	18
3	METODOLOGIA.....	20
3.1	Revit.....	21
3.2	AutoCAD.....	22
3.3	TQS.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
4.1	Precisão	70
5	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICES	78
	ANEXOS	79

1 INTRODUÇÃO

A utilização da Realidade Aumentada (RA) está transformando todos os segmentos da indústria. Desde o surgimento dos primeiros computadores no século XX, a evolução tecnológica propiciou saltos exponenciais e avanços em pesquisas e desenvolvimento. Agora, no século posterior já é possível encontrar máquinas potentes, capazes de realizar tarefas complexas e oferecer comunicação em praticamente todo o globo terrestre na palma da mão.

Ainda sendo um assunto recente e pouco utilizado no meio da engenharia de estruturas, entender, explorar e aplicar os benefícios dessa tecnologia pode trazer ganhos consideráveis em várias etapas de uma edificação. A popularização, portabilidade e disponibilidade de um *smartphone* já permite que toda essa mudança ocorra sem a aquisição de equipamentos específicos.

Incorporar essa nova ferramenta na indústria da construção torna-se um procedimento benéfico, produtivo e necessário para acompanhar o ritmo de desenvolvimento da civilização humana. “A informática, na sua essência, veio para aperfeiçoar a Engenharia de Estruturas, e jamais substituí-la” (KIMURA, 2018).

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Analisar, identificar, buscar soluções e implementações tecnológicas acessíveis que facilitem o andamento de uma edificação, bem como a redução de custos e retrabalhos, visando economia e menores prazos.

1.2 JUSTIFICATIVA

A implementação de novas tecnologias no meio de trabalho se faz fundamental num período onde a informação deve estar disponível de forma acessível e a rapidez inerente a execução do projeto. Embora a metodologia de trabalho ser pouco evoluída e resistente a mudanças na construção civil, iniciar e demonstrar o quão produtivo podem ser essas ferramentas traz ganhos significativos ao todo.

A decisão do tema deste presente trabalho foi devido à afinidade do autor com Tecnologia da Informação e a futura área de atuação, a Engenharia Civil. Entender o funcionamento de computadores e dos *softwares*, sendo a sua principal motivação para se tornar

Técnico em Informática ao longo do ensino médio. Além disso, devido a facilidade com programação e a contribuição ao curso com um aplicativo desenvolvido na linguagem Java para dispositivos *Android*, sempre viu esses dispositivos como ferramentas extremamente capazes de auxiliar, facilitar e agilizar o processo de acompanhamento e estudo de obras da construção civil.

Acompanhando a evolução do *hardware* dos aparelhos móveis, dos sistemas operacionais embarcados neles e as diversas possibilidades de utilização da realidade aumentada ao longo dos anos, nota-se que a utilização em construções de maneira prática já é possível de ser aplicada. Nesse contexto, o desenvolvimento deste trabalho será apresentar a conciliação dessas diversas tecnologias no dia a dia de um projetista estrutural.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

O trabalho tem por finalidade explorar a utilização de ferramentas digitais capazes de prover visualizações em realidade aumentada que possibilitem a expansão dos projetos estruturais em 3D ao mundo real e demonstrar os contrapontos, de modo que seja possível entender mais a proposta da RA e sua aplicação no dimensionamento de estruturas.

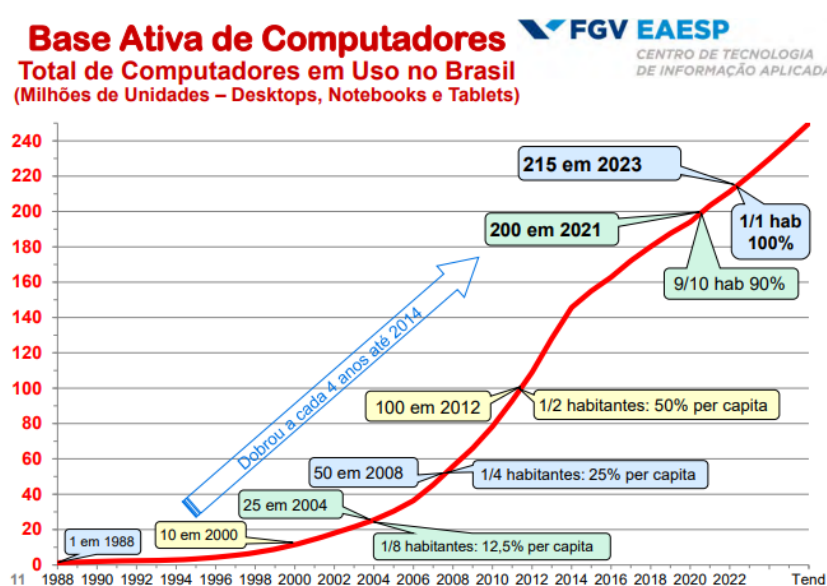
1.3.2 Objetivos específicos

- Demonstrar uma aplicação prática da utilização da RA na execução de estruturas de concreto armado através de um *smartphone*;
- Descrever os passos necessários para a visualização por realidade aumentada em um dispositivo móvel;
- Verificar as etapas nas quais a tecnologia pode ser melhor aproveitada;
- Discutir as possibilidades de aplicação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os computadores já fazem parte do dia-a-dia popular no Brasil. De acordo com os dados do pesquisador Meirelles (2023), existem 215 milhões de computadores ativos no país, o que significa a proporção de 1 por habitante, com tendências de aumento de utilização por empresas e fins pessoais. A Figura 1 apresenta o número de máquinas anualmente e projeção para os anos seguintes.

Figura 1 – Base ativa de computadores no Brasil

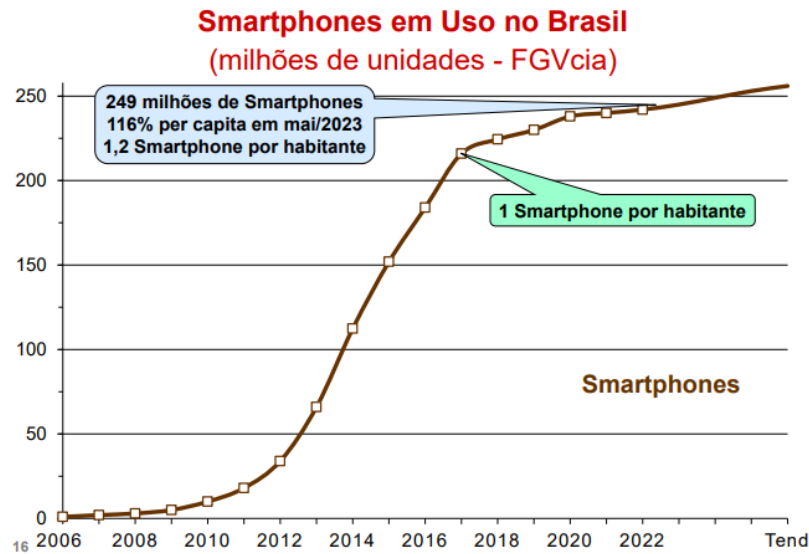


Fonte: Meirelles (2023)

A popularização e o acesso à dispositivos móveis revolucionou a forma de como as pessoas interagem e se comunicam. A ampla gama de outros aparelhos que podem ser substituídos por um aparelho celular, a multifuncionalidade e a interface de interação, sendo necessário apenas o dedo e não canetas específicas para telas sensíveis ao toque, são os principais fatores que contribuíram para essa aceitação popular.

De acordo com a pesquisa de Meirelles (2023), em 2017 já havia um *smartphone* por habitante no Brasil em 2017, sendo atualmente 1,2 por habitante em 2023. A Figura 2 apresenta um gráfico com o quantitativo ao longo dos anos, com intervalo anual, onde é claramente possível notar esse salto.

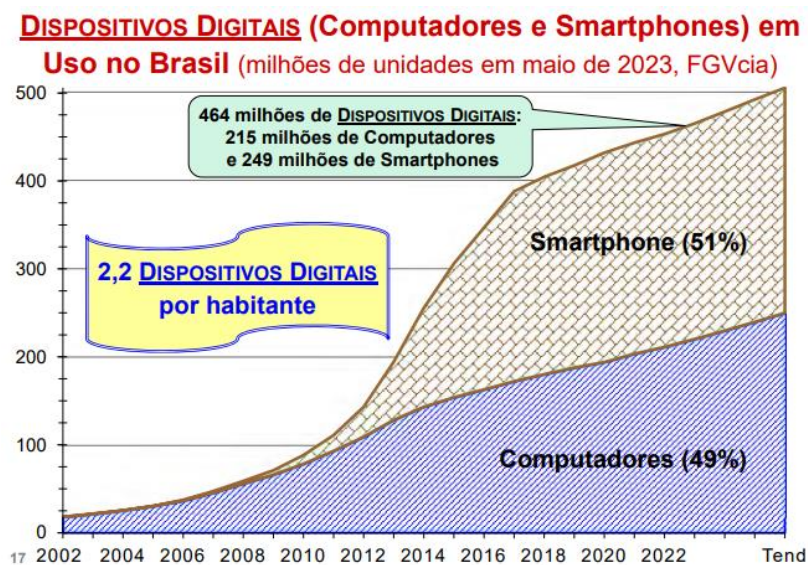
Figura 2 – *Smartphones* em uso no Brasil



Fonte: Meirelles (2023)

Ainda de acordo com o professor e pesquisador, a combinação da utilização desses aparelhos tecnológicos soma 2,2 por pessoa. Mesmo que com apenas 2 pontos percentuais de diferença, os *smartphones* são mais utilizados, como é possível conferir na Figura 3, visto que o tamanho menor que *desktops* e *tablets* agrega grande peso na utilização durante a jornada de trabalho.

Figura 3 – Dispositivos digitais em uso no Brasil



Fonte: Meirelles (2023)

Sendo tão úteis e indispensáveis no cotidiano moderno, é possível aproveitar desses benefícios na cadeia produtiva de uma edificação. “Os profissionais dessas áreas, sejam eles arquitetos, técnicos ou engenheiros, necessitam de constante atualização de seus conhecimentos, para que possam acompanhar o ritmo das exigências na construção civil”. (FERRARO, 2020, p. 6).

De acordo com Halpin e Woodhead (2004) a gestão do projeto promove menores custos e maiores lucros, sendo então todos os métodos possíveis de melhorar a execução bem-vinda. Tendo em consideração esses dados e fatores como portabilidade e a grande evolução na capacidade de processamento desses dispositivos, incorporá-los no meio da construção civil torna-se um passo a mais para os requisitos que o mercado exige da engenharia contemporânea: precisão, agilidade e menores custos.

2.1 INTRODUÇÃO À REALIDADE AUMENTADA (RA)

A forma de interação entre homens e máquinas vem se transformando à medida que novas tecnologias surgem. Com isso, ferramentas computacionais podem simular diferentes tipos de realidade para promover imersões específicas entre o real e o virtual. Para Tori e Hounsell (2020, p. 12) o “virtual se refere a ambientes ou elementos que são sintetizados por meio de dispositivos digitais e que podem ser replicados de forma imaterial”. Como parte do real, os autores definem que “se refere a ambientes ou elementos que o usuário considere como sendo pertencentes à sua realidade”.

Para Sack *et al.* (2021, p. 381) “a difusão da computação móvel tem tornado as ferramentas de realidade virtual e aumentada cada vez mais acessíveis, e os projetistas e construtores continuam a inventar novas maneiras de explorá-las para entregar informações de projeto”. Se tratando de realidades digitais, existem a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA).

A RV pode gerar ambientes diversos, sendo necessários certos equipamentos para interação, como óculos, capacetes especiais ou demais equipamentos com sensores que promovem a imersão. De acordo com a definição de Jerald (2015, p.9, tradução nossa) “é um ambiente digital gerado por computador que pode ser experimentado e interagido como se o ambiente fosse real”. Segundo a *Microsoft* (2023), uma das empresas de tecnologia responsáveis pela produção de aparelhos que proporcionam essa experiência, os custos na engenharia e construção podem ter redução de 14%. A Figura 4 ilustra o óculo de RV *HoloLens 2*, da própria companhia, capaz de gerar as imagens no próprio aparelho.

Figura 4 – HoloLens 2 aplicado a sistemas de instalações prediais



Fonte: Microsoft (2023)

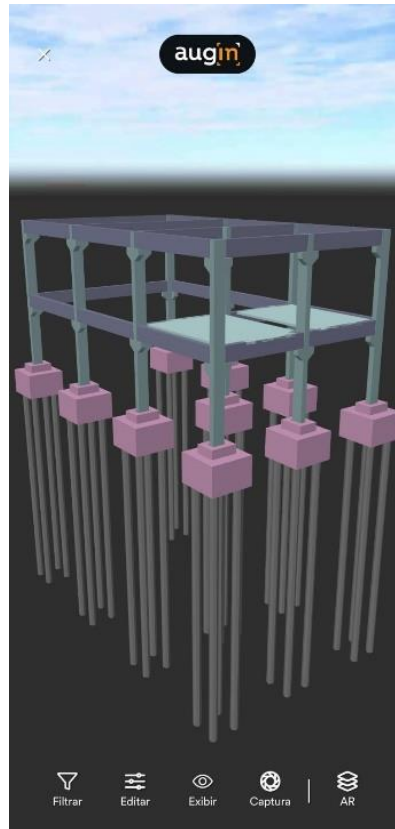
A RA apresenta uma proposta que mescla o mundo real e virtual, podendo ser entendida como:

Esta tecnologia sobrepõe as informações de um modelo na imagem da câmera do dispositivo móvel. Na construção, isso significa que um usuário pode visualizar conteúdos de um modelo BIM, sejam gráficos, sejam alfanuméricos, sobrepostos diretamente em sua visão do prédio e nos contextos de espaço e tempo corretos. (Sacks *et al.*, 2021, p. 264).

A visualização de edificações da construção civil por RA dá-se através de exportações de aplicações que possuem o *Building Information Modeling* (BIM) como pilar de desenvolvimento. Isso dá-se ao fato da possibilidade de “carregar” informações específicas nos projetos gerados por essa metodologia de desenvolvimento.

No contexto deste presente trabalho, será demonstrado um modelo 3D desenvolvido e calculado na aplicação TQS, da TQS Informática, e aplicado no Augin, da Augin, que será responsável pela apresentação do projeto em RA. Na Figura 5 observa-se a captura de tela de um modelo estrutural no aplicativo, rodando num dispositivo *Android*, onde é possível notar os elementos que compõem o sistema estrutural e diferentes colorações.

Figura 5 – Demonstração do Augin



Fonte: Autor (2023)

2.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

A necessidade de compatibilizar projetos de diferentes disciplinas é fundamental a qualquer projeto de engenharia. Com o avanço dos computadores na segunda metade do século XX, foi possível a criação de programas capazes de realizar essa tarefa. “O mecanismo do processo BIM consiste na elaboração do modelo 3D inteligente do empreendimento por intermédio de ferramentas apropriadas” (CARDOSO, 2020, p. 19).

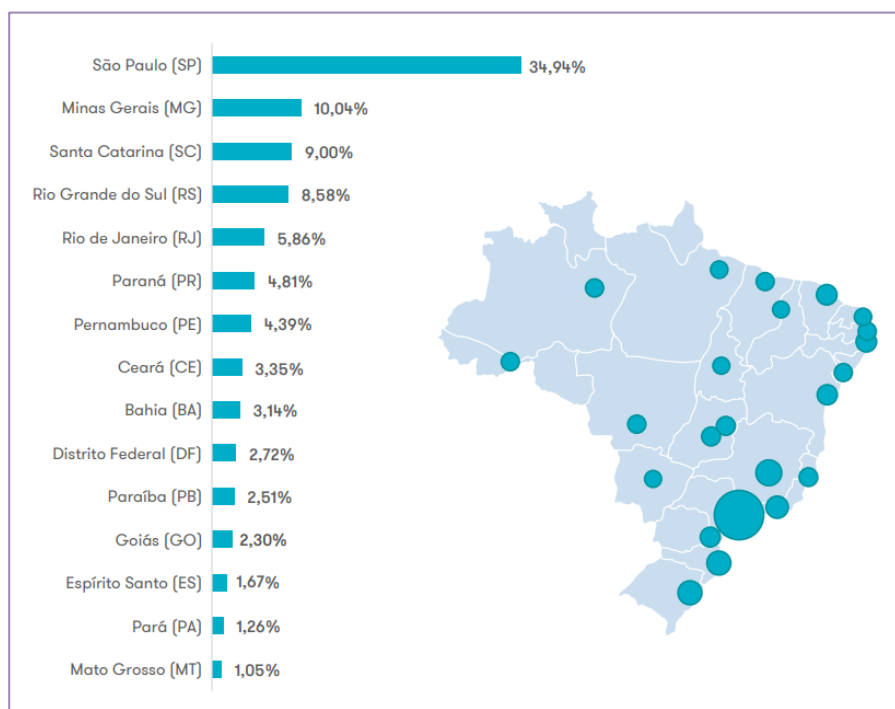
Segundo Sacks *et al.* (2021, p. 364) “o BIM não é uma coisa ou um tipo de *software*, mas um processo de informações de negócios que, em última análise, envolve amplas mudanças na indústria da construção civil”. Traduzido como Modelagem de Informações da Construção, essa metodologia torna os projetos e análises extremamente eficazes aos engenheiros por ser capaz de oferecer tais possibilidades.

“Em um mundo cada vez mais tecnológico, em que as profissões estão se ajustando às novas tecnologias e processos disponíveis, o BIM entra como elemento-chave na área de

arquitetura e construção” (HILGENBERG; SANTOS JUNIOR, 2020, p. 26). Portanto, os profissionais e empresas da área necessitam estar em constante mudança e atualização de seus métodos produtivos.

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (2016) a indústria da construção é comumente vista como resistente à implantação de novas tecnologias, optando por se manter nos métodos construtivos usuais, porém vem aderindo ao BIM em todo o mundo. Também para Sacks *et al* (2021) a implantação de ferramentas tecnológicas nos canteiros de obras é lenta, porém vem crescendo no ramo da construção civil. Como é possível observar na Figura 6, a aceitação da metodologia no país ainda segue em desenvolvimento, com concentração na região sudeste.

Figura 6 – Maturidade BIM no Brasil



Fonte: Sienge (2023)

Portanto, a aderência da RA, que tem como requisito uma modelagem 3D proveniente de programas que tem como essa metodologia como princípio pode ser facilitada, visto que a exportação entre aplicativos é possível e está cada vez mais comum, com tendências de adesão pelas empresas.

Devido a implementação do Decreto 10.306 (BRASIL, 2020) que estabelece a utilização do *Building Information Modeling* na execução direta ou indireta de obras e serviços

de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, o setor da construção civil está tendendo cada vez mais a adequação às novas ferramentas tecnológicas.

Contando ainda com planos de ação e modernização tecnológica para a transformação digital nos diversos ramos da indústria pelo Governo Federal, como a formalização da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (Câmara I4.0, 2019), em 3 de abril de 2019, o país passa por grandes incentivos para utilização da metodologia nos projetos.

Além dos benefícios que esses programas oferecem para o desenvolvimento e gestão, é possível ainda obter representações tridimensionais (3D) dos modelos, sendo esses os produtos finais que serão exportados às plataformas de RA, diretamente na aba de ferramentas do *software*.

2.3 REALIDADE AUMENTADA APLICADA À ENGENHARIA CIVIL

São vários os fatores que influenciam na decisão de utilização de elementos de concreto com aço numa edificação, como: mão de obra, custo, tipo e localização da obra. Carvalho e Figueiredo Filho (2014) ressaltam ainda que o peso de cada peça deve ser levado em consideração, pois serão necessários maquinários específicos para sua fabricação, transporte e posicionamento.

“De forma simplificada, a elaboração de um projeto estrutural pode ser subdividida em quatro etapas principais: definição de dados ou concepção estrutural, análise estrutural, dimensionamento e detalhamento, e emissão das plantas finais” (KIMURA, 2018). A RA pode ser aplicada nos 3 primeiros itens, sendo:

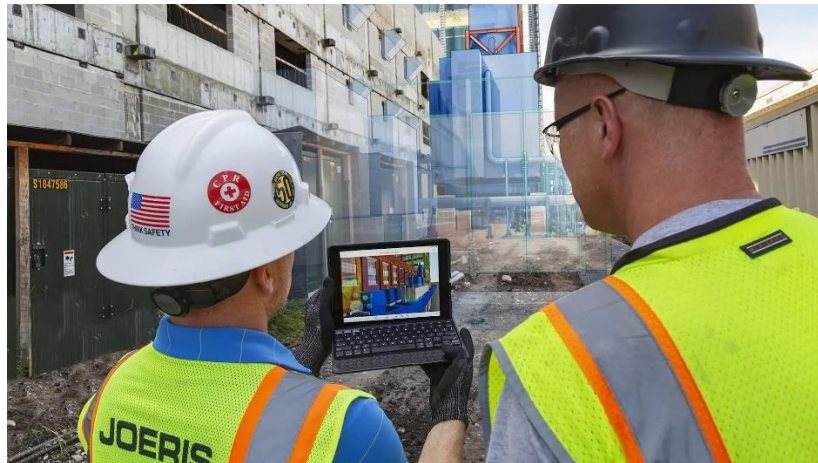
- Concepção estrutural: estudar diversas formas estruturais projetando a edificação em tamanho real, ainda em fase de projeto, comparando a volumetria, as construções vizinhas e fatores condicionantes de cargas acidentais, como corredores de vento formados pelo relevo e edificações ao entorno.

- Análise estrutural: estudar a estabilidade global dos pórticos e verificar as ligações entre elementos.

- Detalhamento: acesso as dimensões das peças a serem moldadas e as especificações das armaduras.

Na Figura 7 é possível observar uma aplicação da tecnologia, no qual é projetado na tela do dispositivo, e não em formato de holograma, o que será construído em sobreposição ao ambiente atual.

Figura 7 – Sobreposição da RA no ambiente real



Fonte: Ellis (2021)

A projeção de sistemas hidrossanitários, de aquecimento, elétricos, de cabeamento telefônico e de rede, de instalações de incêndio, do posicionamento de alvenarias e sistemas elevatórios torna a aplicação ainda mais abrangente. Tendo essas informações de fácil acesso, na palma da mão, o profissional sabe exatamente o posicionamento e o tipo de cada item, sendo possível sanar as dúvidas de maneira bem rápida e não sendo necessário esperar superiores hierárquicos para auxiliar, minimizando o prazo e aumentando a produtividade.

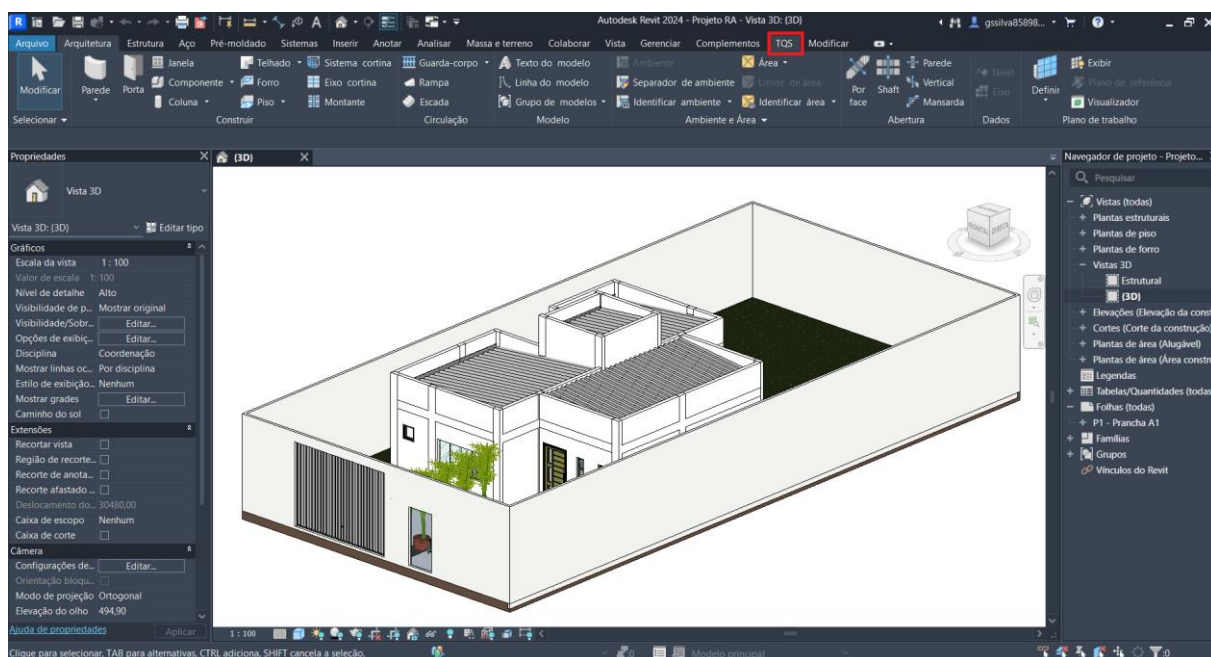
3 METODOLOGIA

A realização dos procedimentos desse Trabalho de Conclusão de Curso deu-se em um computador operando o sistema operacional Windows 10, versão 22H2, com um processador de quatro núcleos AMD Ryzen 5 2500U com Radeon Vega Mobile Gfx de 64 bits, com *clock* de 2.00 GHz, 8,00 GB de memória RAM, e GPU NVIDIA GeForce GTX 1050, com 4 GB de memória. O dispositivo móvel possui um sistema operacional Android, na versão 13, com processador de oito núcleos Samsung Exynos 1380, de 64 bits, com *clock* de 2 GHz a 2,4 GHz, 8,00 GB de memória RAM e GPU Mali-G68 MP5.

No desenvolvimento do projeto foram usados vários programas computacionais na finalidade de demonstrar a integração das diferentes ferramentas disponíveis atualmente, envolvendo cálculos estruturais, geração de pranchas e modelagem 3D. A interação entre Revit e o TQS é facilitada pois existe um *plugin* que pode ser baixado gratuitamente no *site* da própria TQS Informática. Para isso, basta escolher a versão do Revit que há na máquina, fazer o *download* e instalar.

Após a instalação, haverá no programa da Autodesk uma nova aba no painel de ferramentas de nome “TQS”, como mostrado na Figura 8.

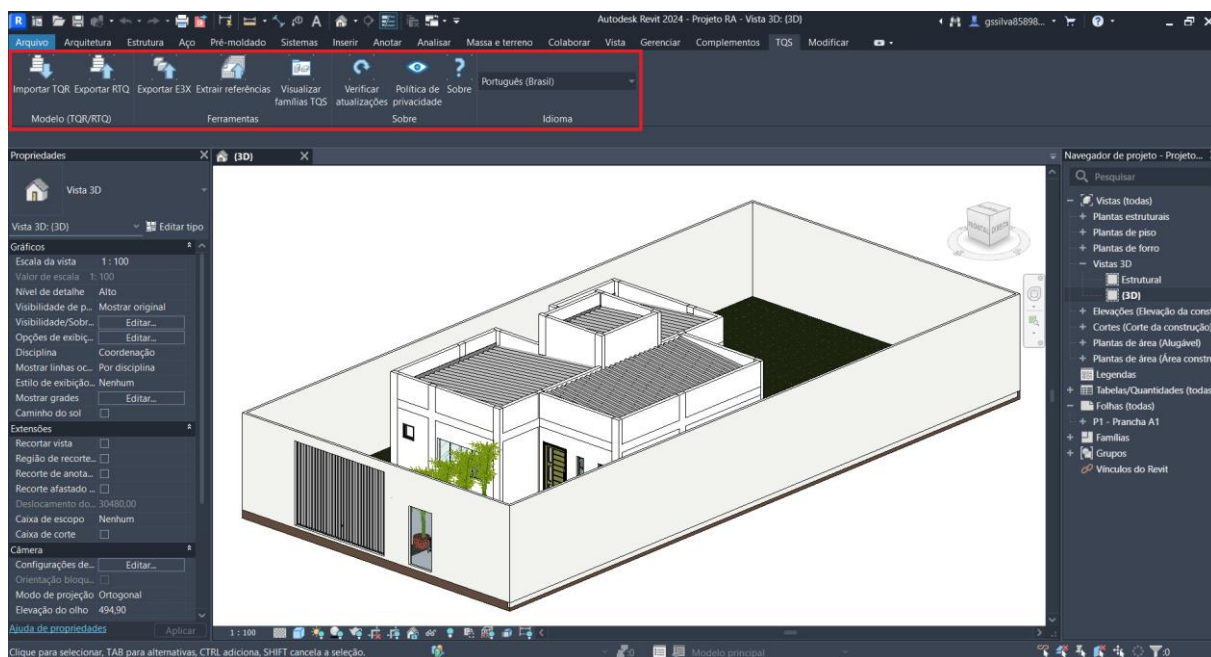
Figura 8 – Aba “TQS” no Revit



Fonte: Autor (2023)

Ao clicar no *plugin*, uma nova aba de opções referentes ao programa é mostrada. Os botões disponíveis são mostrados na Figura 9. Para este trabalho foram utilizados três dessas opções, sendo “Exportar RTQ”, “Extrair referências” e “Visualizar famílias TQS”, nas quais tem as seguintes finalidades:

Figura 9 – Opções do *plugin* do TQS



Fonte: Autor (2023)

Exportar RTQ: serve para exportar um modelo do Revit ao TQS.

Extrair referências: serve para exportar as plantas de referência do Revit já num formato compatível com o TQS.

Visualizar famílias TQS: serve para utilizar, no Revit, famílias de elementos estruturais do próprio TQS e evitar incompatibilidade entre os modelos nos sistemas.

A utilização do *plugin* agiliza o desenvolvimento e a interação entre os softwares, facilitando o ritmo de desenvolvimento e compatibilizações de projetos.

3.1 Revit

Para este trabalho foi utilizado o Autodesk Revit 2024. Inicialmente, as pranchas arquitetônicas foram desenvolvidas no Revit. Nesse programa foram realizados os desenhos arquitetônicos, modelagem 3D (arquitetônico e estrutural), as pranchas arquitetônicas, de

locação e cobertura, os cortes, levantamento das áreas e extraído as tabelas de esquadrias. De maneira a facilitar a integração Revit/TQS a unidade de medida utilizada foi o centímetro, visto que é a padrão do *software* estrutural.

Como maneira de preparar o ambiente de desenvolvimento, o arquivo modelo do Revit (*template*) foi configurado previamente com a unidade utilizada nos desenhos e a importação das famílias de portas, janelas, pisos, componentes estruturais, telhados, madeiramentos e demais elementos de anotação que facilitassem e propiciassem a melhor produtividade.

Como à medida em que vai sendo lançada a arquitetura 2D já vai sendo gerada a modelagem em 3D, foi necessário definir também os níveis, sendo: Térreo, PD (Pé direito), Platibanda e Topo caixa d'água. A partir dessas referências de altura foram lançados todos os elementos. Para as vigas e pilares foram utilizadas as famílias próprias do TQS, que estão disponíveis na aba “Visualizar famílias TQS” do *plugin* instalado.

Após lançar todos os componentes estruturais e arquitetônicos foi realizada a verificação de interferência, para saber se algum elemento estava sobreposto ao outro. Essa análise foi realizada principalmente para ajustar as paredes em relação as vigas e pilares, pois, posteriormente, as referências de parede seriam extraídas do Revit para serem importadas ao TQS, que utilizaria essa informação nos cálculos como cargas distribuídas nas paredes.

Finalizado as etapas de modelagem arquitetônica, foi realizada a extração das informações que seriam utilizadas no TQS. Todas essas referências foram obtidas diretamente nas abas do *plugin*, no próprio Revit. Primeiramente foram exportadas as referências de plantas de piso de cada nível, em “Extrair referências”, e posteriormente a referência das paredes, em “Exportar RTQ”.

No Revit ainda foi montada a prancha, em tamanho A1, do projeto arquitetônico para utilização em obra, caso o projeto viesse de fato a ser executado. A próxima etapa foi a edição das referências de plantas geradas no AutoCAD.

O projeto arquitetônico realizado no programa para utilização nas etapas posteriores está disponível no Apêndice A.

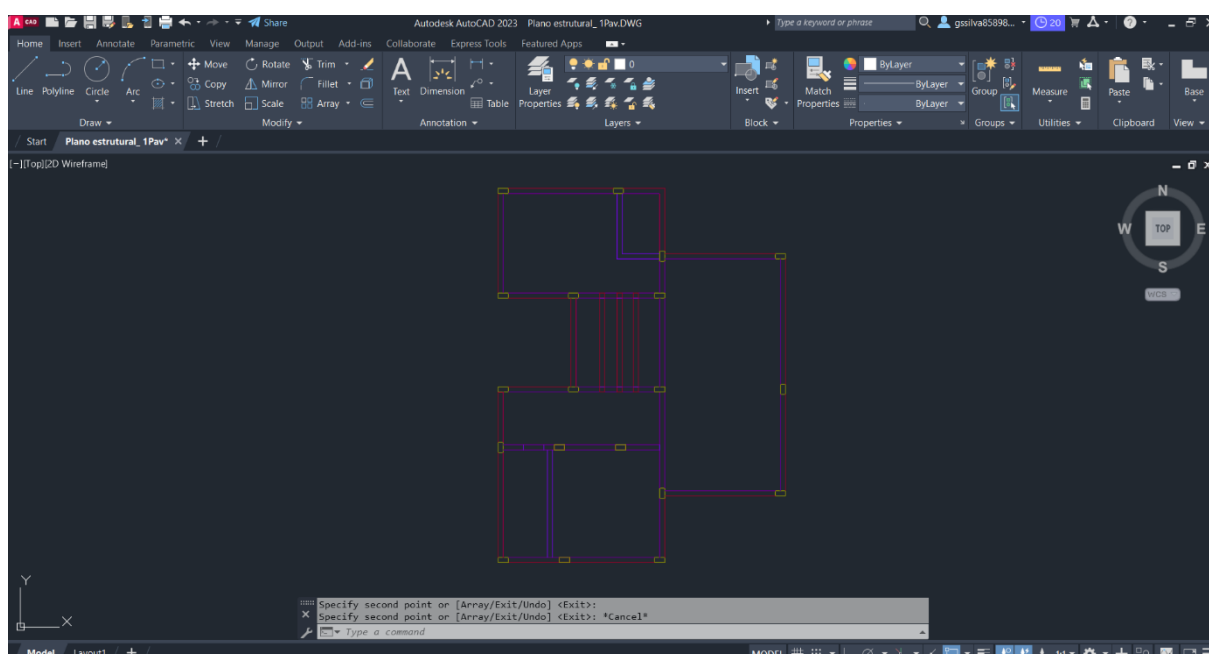
3.2 AutoCAD

Para este trabalho foi utilizado o Autodesk AutoCAD 2023. Devido a limitação de 400 kB de tamanho de arquivo para as importações de referências externas na versão de estudante do TQS, foi necessário realizar algumas formatações nas plantas do Revit. Os arquivos gerados

vêm, geralmente, com tamanhos acima do máximo permitido, que vai depender principalmente do nível de detalhe dos pavimentos.

Para contornar essa situação, foram abertos no AutoCAD e editados, removendo as hachuras, mobiliários, muros externos, linhas de cortes e demais representações desnecessárias à situação desejada. Conforme a Figura 10, foram deixadas apenas linhas de paredes internas, dos pilares, aberturas e representações de algumas esquadrias. Com esse procedimento foi possível retornar ao TQS e iniciar o lançamento da estrutura de fato.

Figura 10 – Limpeza do arquivo exportado



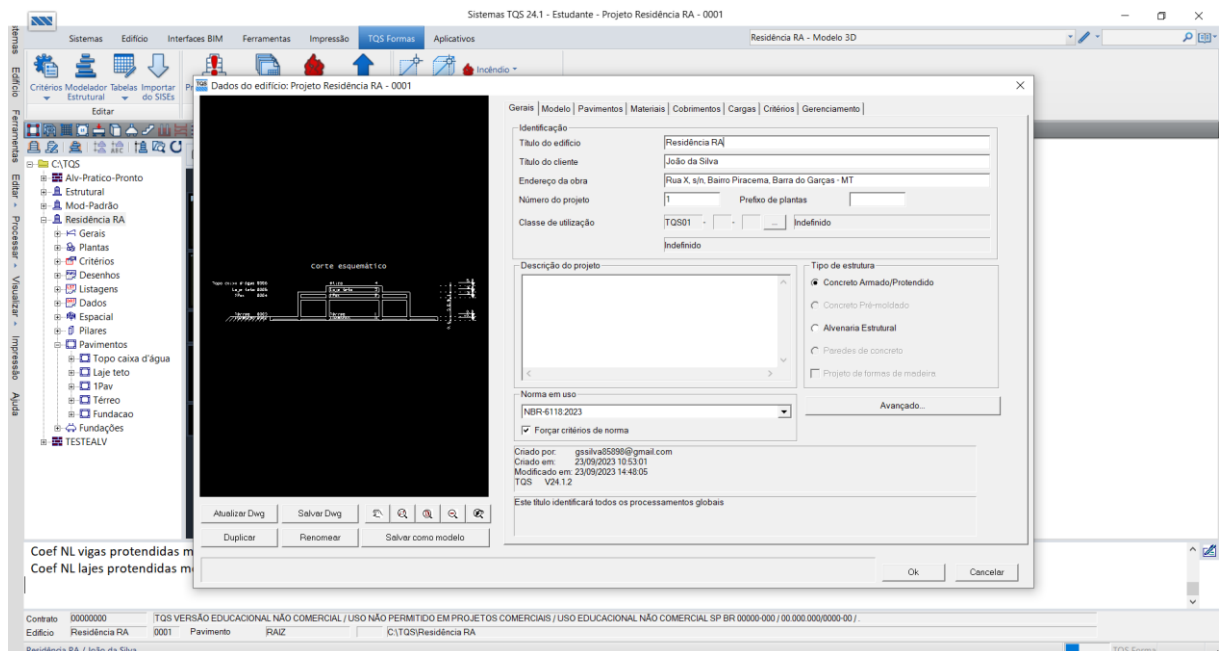
Fonte: Autor (2023)

3.3 TQS

Para esse trabalho foi utilizado o TQS 24.1 - Estudante. Não foi importado diretamente o modelo estrutural do Revit, visando a demonstração dos recursos do *software* estrutural e a exportação ao Augin.

Para iniciar um novo edifício, o TQS solicita algumas informações, separadas nas abas “Gerais”, “Modelo”, “Pavimentos”, “Materiais”, “Cobrimentos”, “Cargas”, “Critérios” e “Gerenciamento”, como mostrado na Figura 11.

Figura 11 – “Novo edifício” TQS

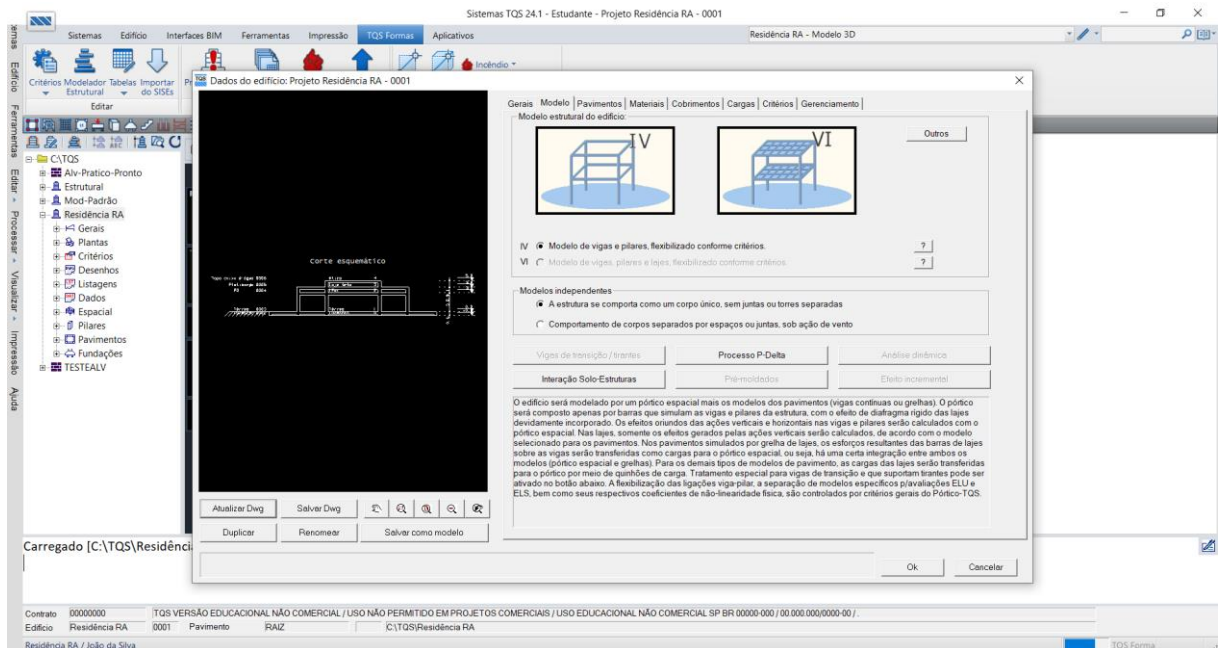


Fonte: Autor (2023)

Na aba “Gerais” foram definidas informações de identificação do projeto, o tipo de estrutura e a cota inicial do primeiro piso. Foi utilizado a ABNT NBR 6118:2023, norma vigente, para o dimensionamento.

Em “Modelo” foi mantido o Modelo IV de cálculo, onde é considerado um modelo de vigas e pilares conforme alguns critérios. Este é o único disponível para a versão estudantil, conforme a Figura 12 a seguir:

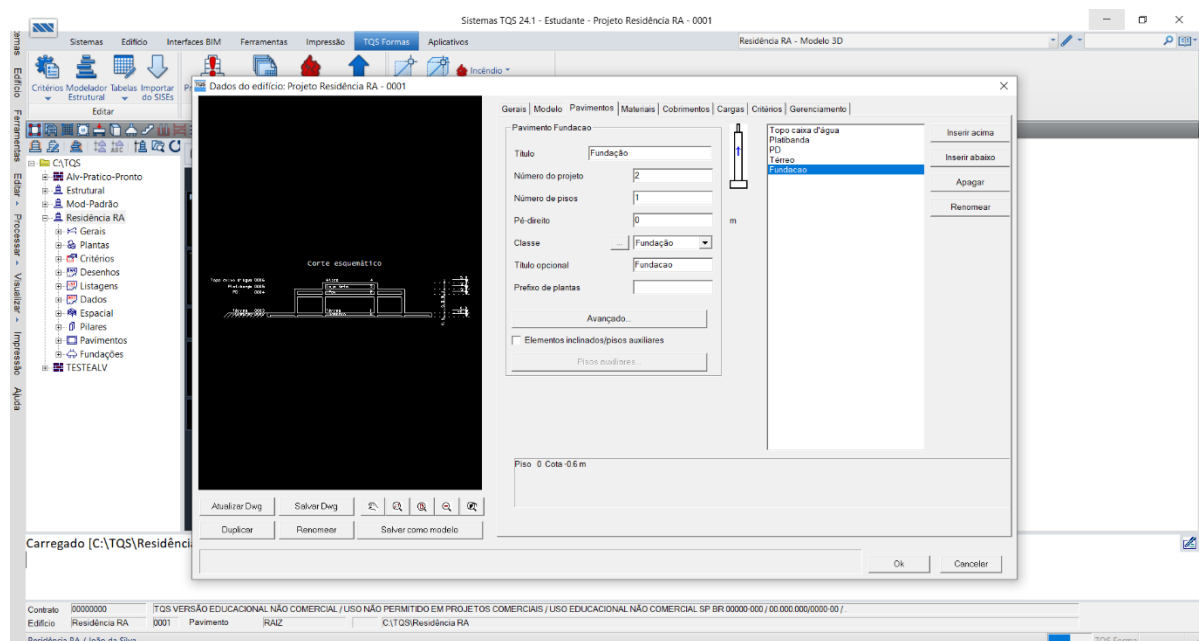
Figura 12 – Modelo de cálculo



Fonte: Autor (2023)

Para a aba “Pavimentos”, como mostrado na Figura 13, são configurados os níveis, sendo estes nomeados de acordo com o Revit. Além disso, foi adicionado um nível Fundação, estando abaixo da superfície 0.0 m em 60 cm, para o cálculo das sapatas.

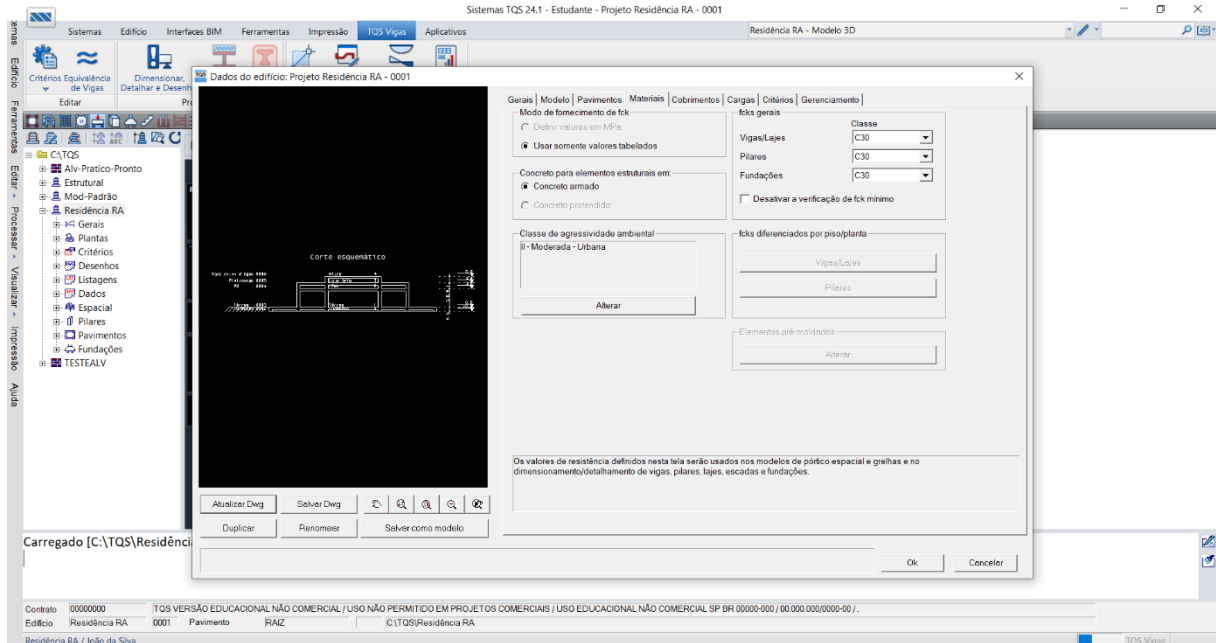
Figura 13 – Pavimentos de acordo com o Revit



Fonte: Autor (2023)

Como mostrado na Figura 14, na aba “Materiais” foram definidos os fck’s gerais dos elementos estruturais, como concreto C30, e a Classe de Agressividade Ambiental (CAA) como II – Moderada – Urbana.

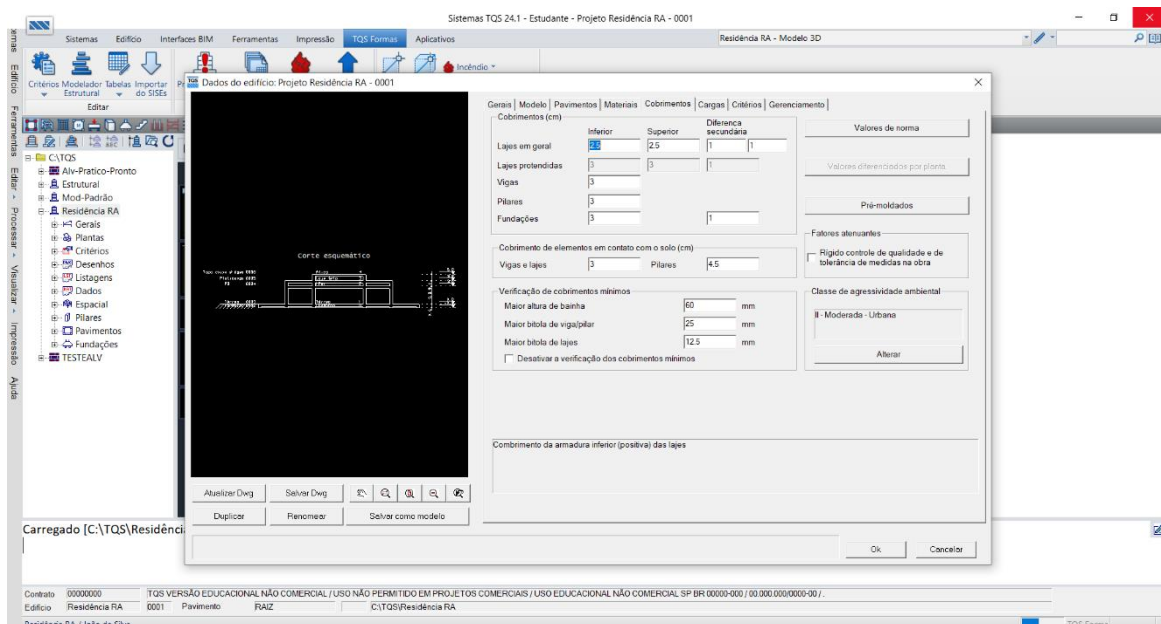
Figura 14 – CAA e materiais



Fonte: Autor (2023)

Para os cobrimentos, o *software* já insere os valores com base na CAA escolhida, bastando apenas conferir e aceitar os valores, como mostrado na Figura 15.

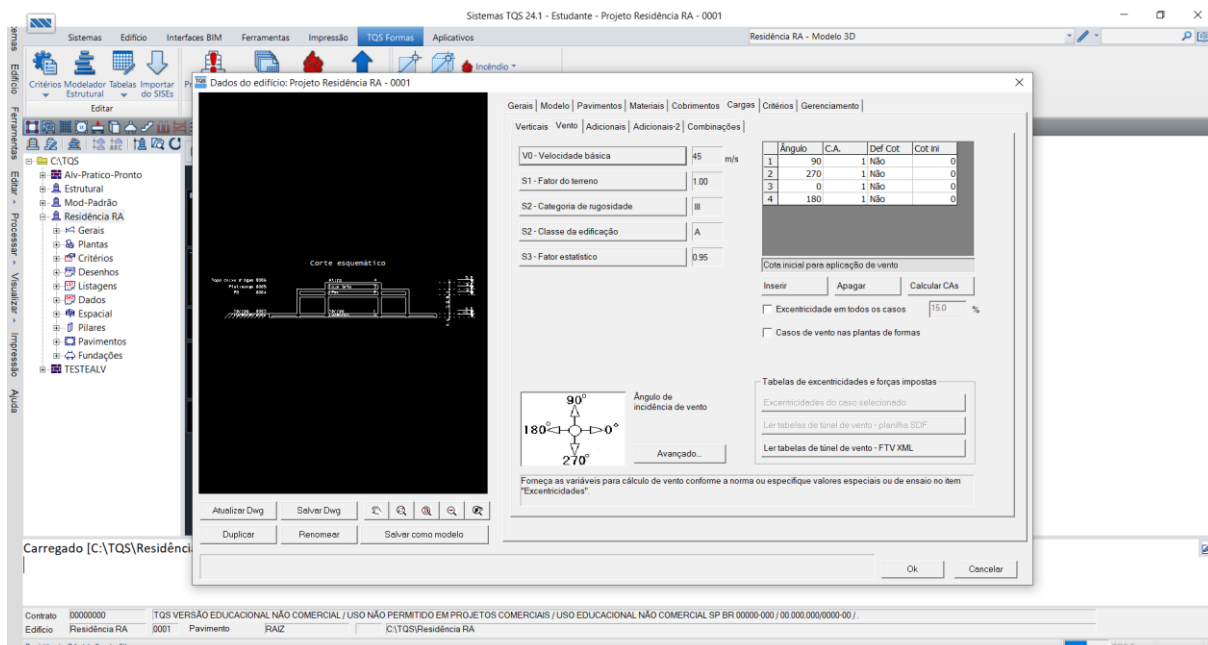
Figura 15 – Cobrimentos



Fonte: Autor (2023)

Em relação aos carregamentos, o programa exige que as cargas de vento sejam definidas inicialmente. Para isso, é necessário acessar a subguia da aba “Cargas” e lançar os valores. Na Figura 16 é possível observar os tipos de cargas disponíveis e os campos dos coeficientes de arrasto provenientes dos ventos a serem calculados. A fim de demonstração da utilização do programa, foram definidos como 1 em todas as angulações. Dependendo do tipo de projeto, o TQS, ao verificar a estabilidade global, sugere que novos valores dos coeficientes sejam alterados para garantir a não ocorrência do desaprumo, a partir de um cálculo realizado pelo próprio programa.

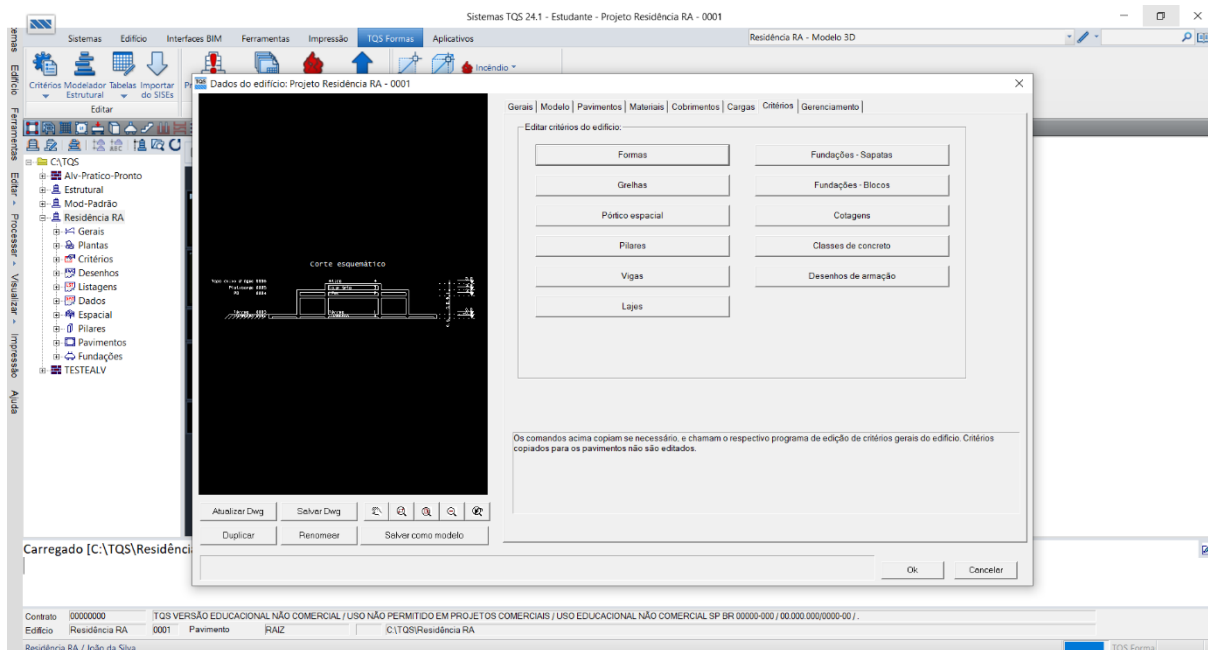
Figura 16 – Lançamento de cargas



Fonte: Autor (2023)

Na penúltima aba “Critérios” é possível definir algumas condições para serem levadas em consideração nos cálculos para os componentes do modelo estrutural final, como mostrado na Figura 17. Para esse trabalho foram mantidos os critérios padrões.

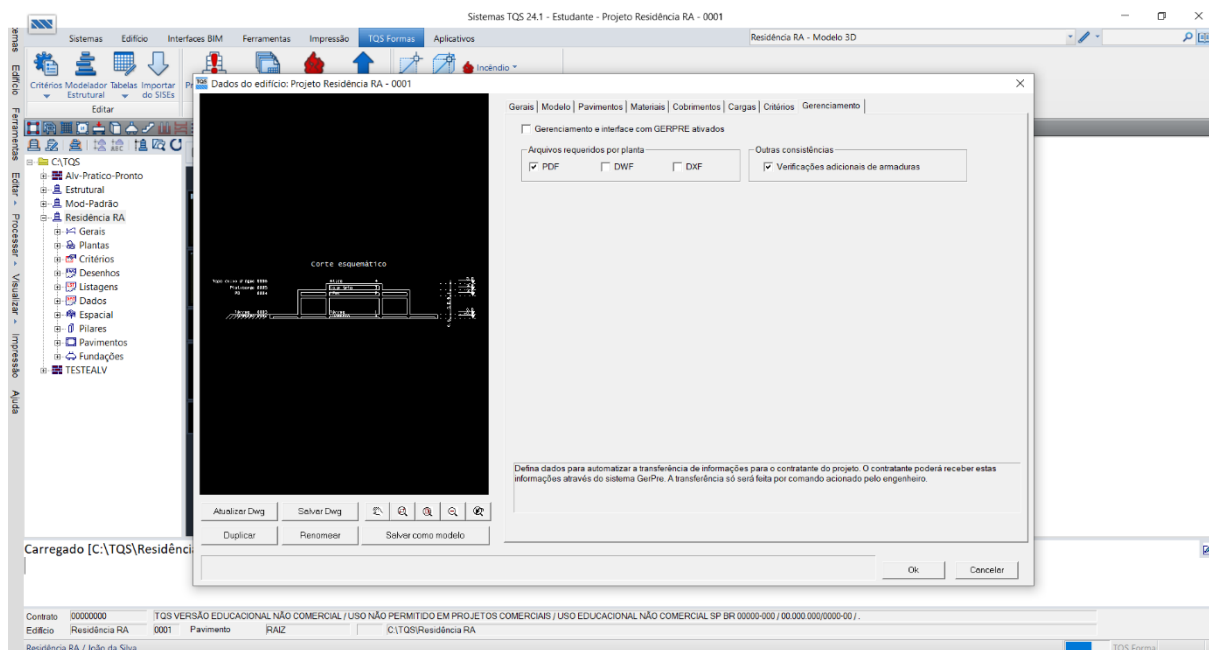
Figura 17 – Critérios de cálculo



Fonte: Autor (2023)

Em “Gerenciamento”, a última aba para análise e criação do edifício, podem ser estabelecidos alguns parâmetros de gestão do projeto final, como a verificação adicional de armaduras. É possível observar todos os campos na Figura 18 a seguir.

Figura 18 – Gerenciamento

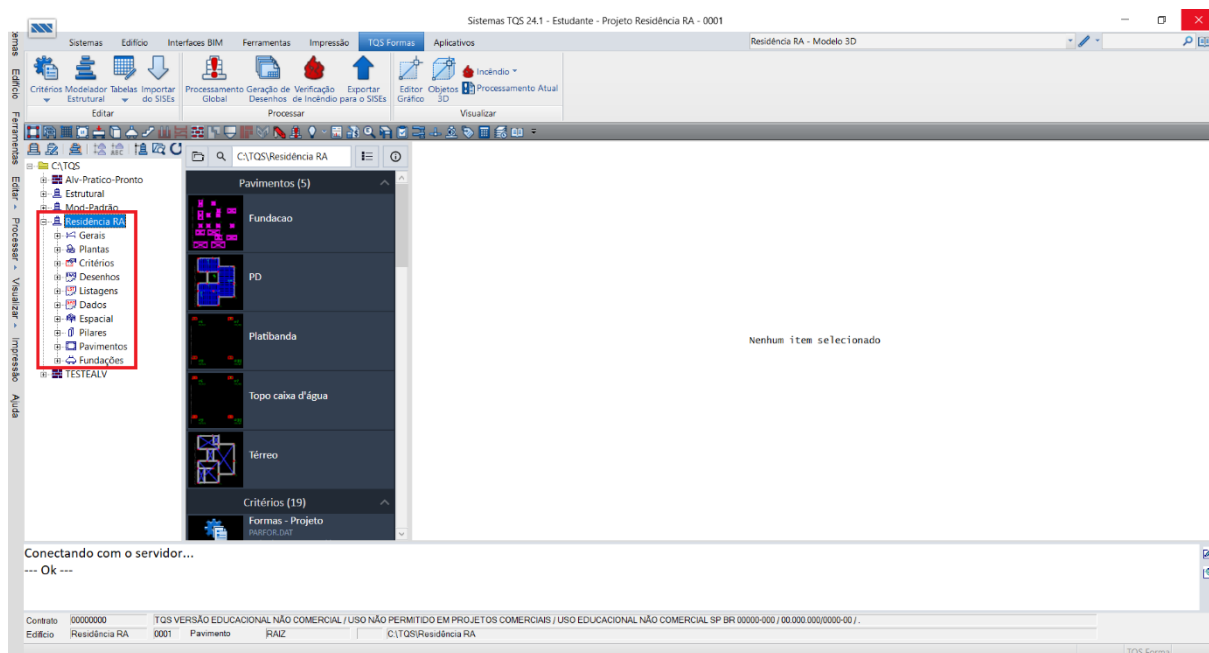


Fonte: Autor (2023)

Após passar por essas abas e confirmar a criação do edifício, o TQS cria também uma pasta por padrão na raiz do disco de instalação do programa. Nesse diretório estão disponíveis todos os arquivos referentes ao projeto, desde as plantas de referência, arquivos de parâmetros e as pranchas geradas.

A organização do projeto dá-se por meio de uma “árvore” de arquivos, onde cada projeto tem suas devidas pastas com suas devidas subseções, facilitando a gestão, conforme ilustrado na Figura 19.

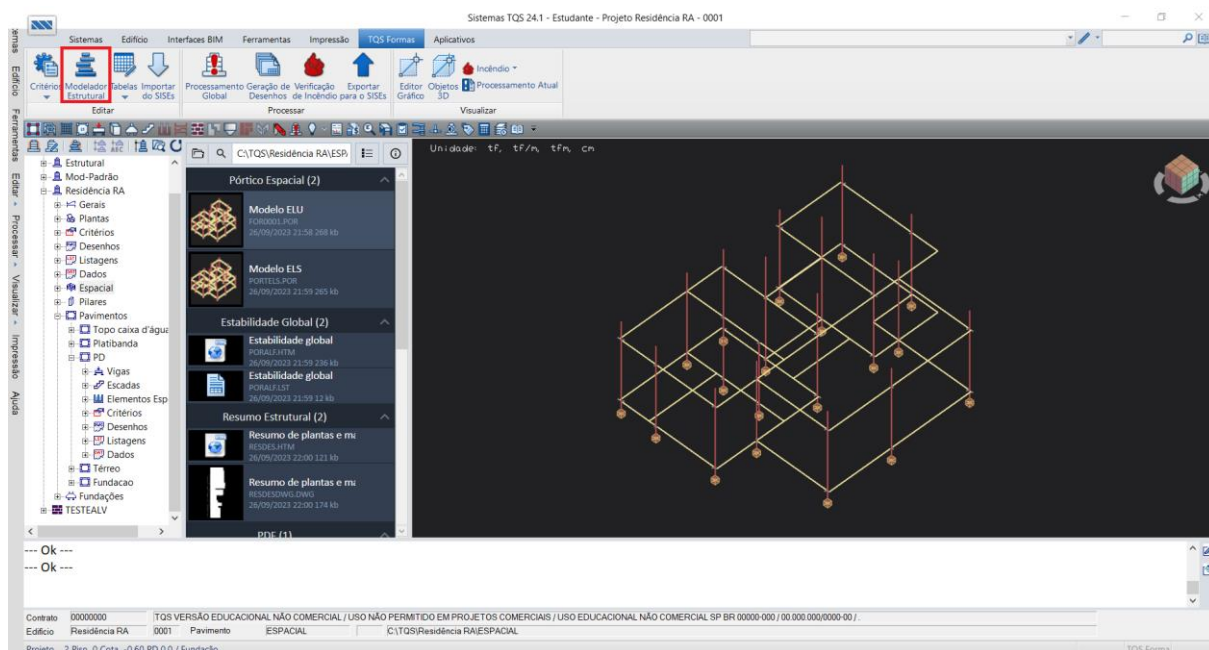
Figura 19 – Organização dos arquivos



Fonte: Autor (2023)

O lançamento dos elementos estruturais é feito a partir do “Modelador Estrutural”, que pode ser acessado no ícone disponível na aba de ferramentas, como mostrado na Figura 20.

Figura 20 – Botão de acesso ao “Modelador Estrutural”



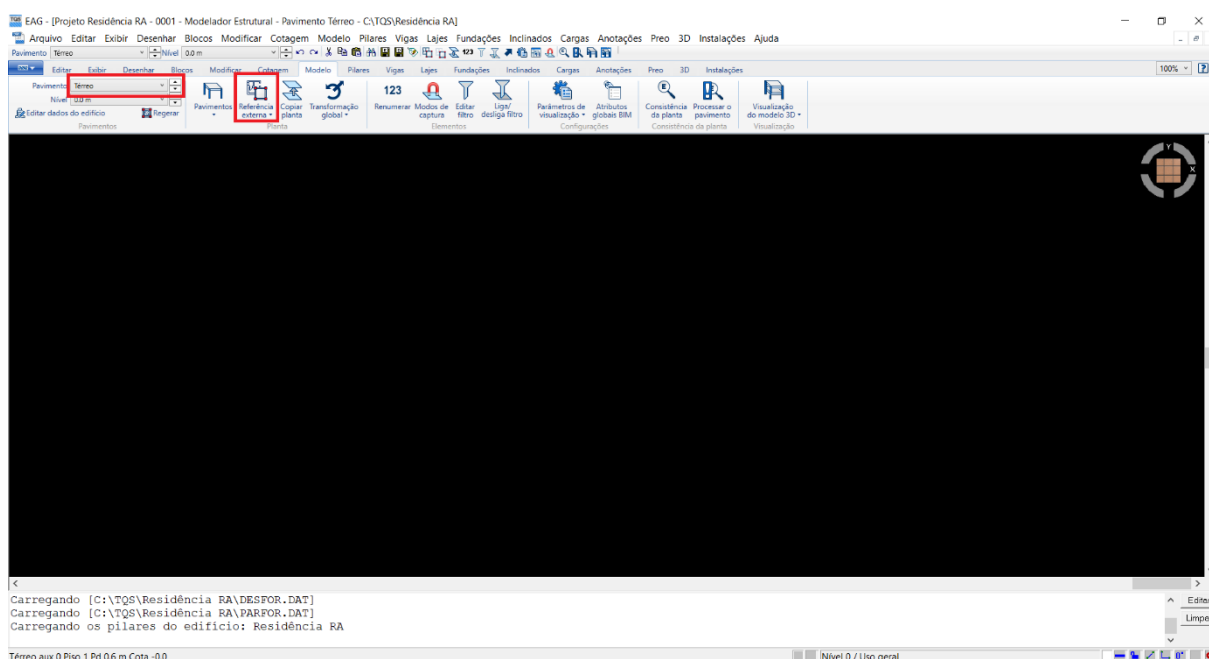
Fonte: Autor (2023)

Para o lançamento da estrutura, foram seguidas as etapas detalhadas a seguir:

1. Inserção das referências de planta

Nesta etapa, as pranchas que foram editadas no AutoCAD foram importadas ao programa de acordo com o seu respectivo nível. Para isso, o pavimento atual era selecionado e posteriormente a opção “Referência externa” seria aberta, conforme a Figura 21.

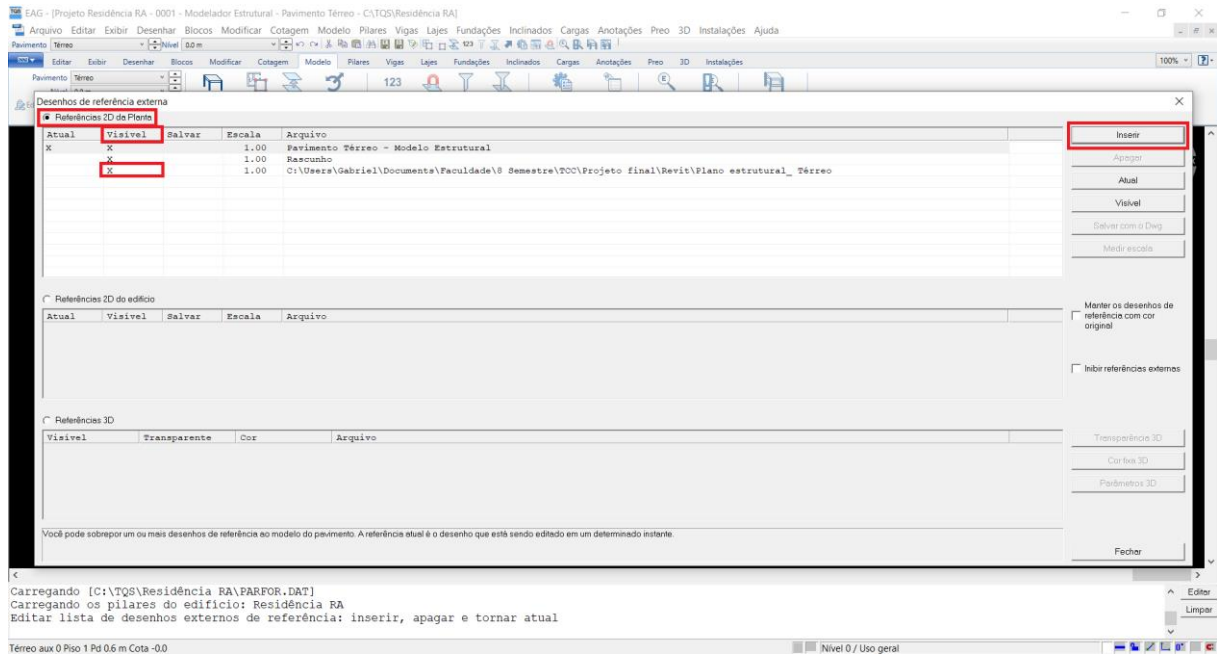
Figura 21 – Inserção das referências externas



Fonte: Autor (2023)

A tela que se abre posteriormente pode ser conferida na Figura 22. É necessário que o item “Referências 2D da Planta” esteja marcado. Então, clica-se no botão inserir para buscar o diretório que contém o arquivo. Para que seja possível visualizar a importação, é preciso marcar a opção “Visível” na linha referente ao arquivo.

Figura 22 – Referências 2D e visualização

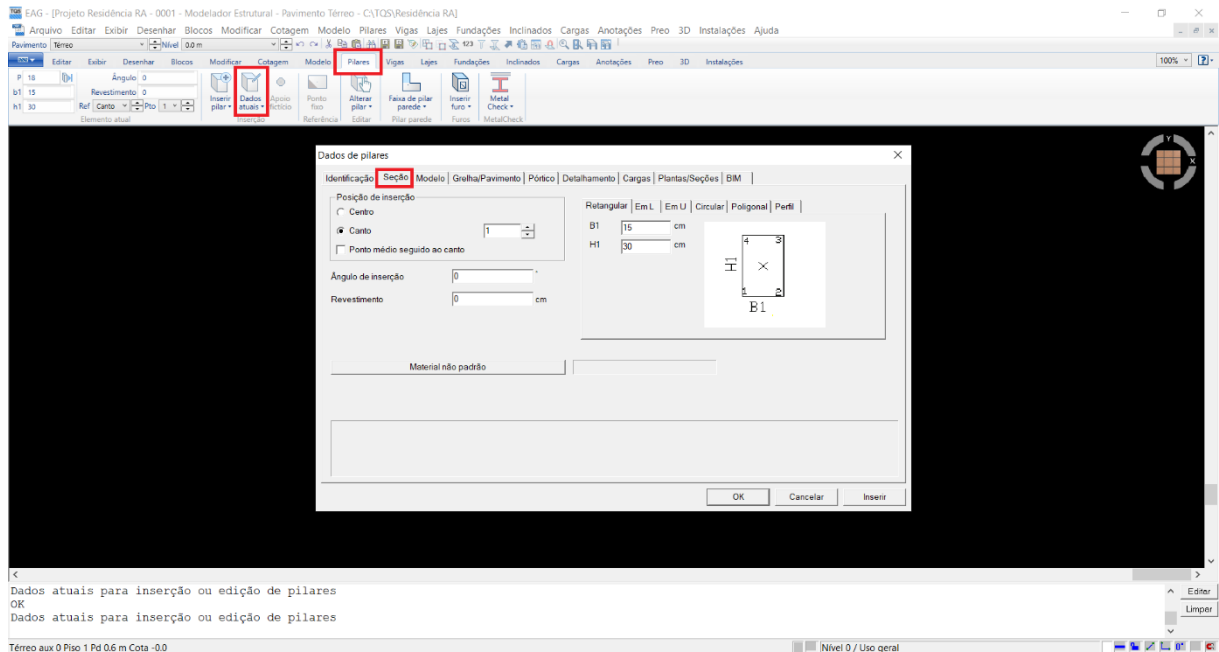


Fonte: Autor (2023)

2. Lançamento dos pilares

Para os pilares, é necessário acessar o piso de Fundações, pois é onde eles nascem. Então é acessado a aba “Pilares” e posteriormente “Dados atuais”, para ser definido a seção transversal, como na Figura 23.

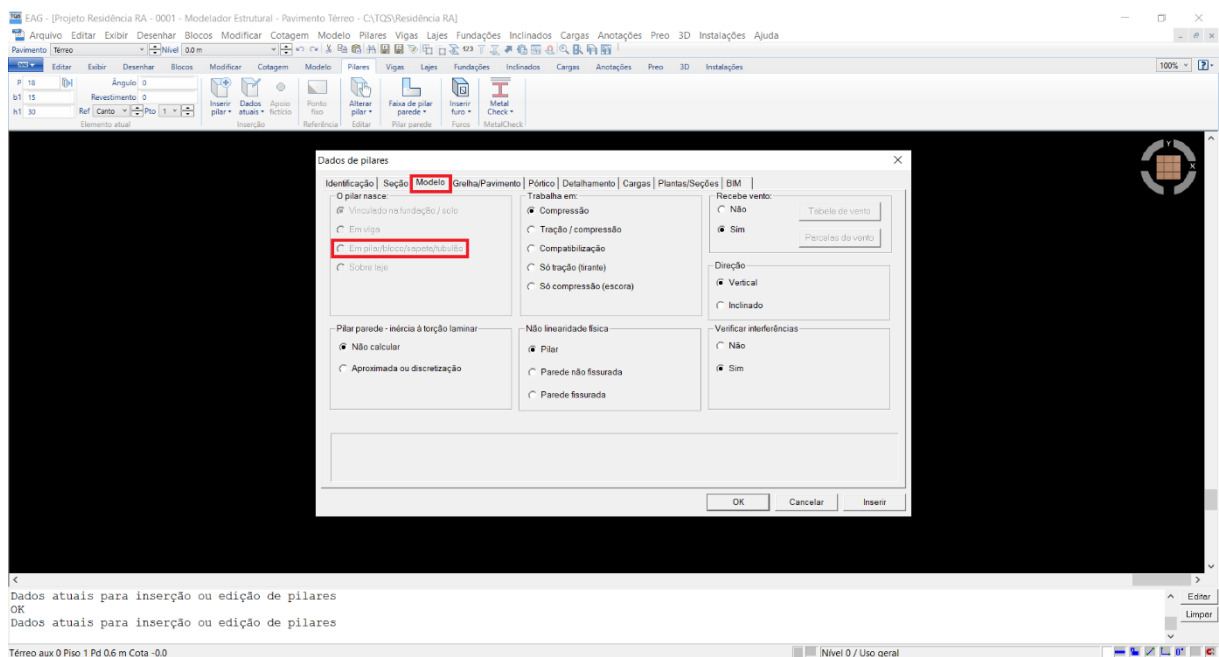
Figura 23 – Seção transversal dos pilares



Fonte: Autor (2023)

Nesse projeto, os pilares foram definidos com seções 15 x 30 cm. Como ainda não existem as fundações, o local de nascimento dos pilares deverá ser alterado depois, seguindo os mesmos passos para a inserção deles, porém agora na aba “Modelo”, conforme a Figura 24.

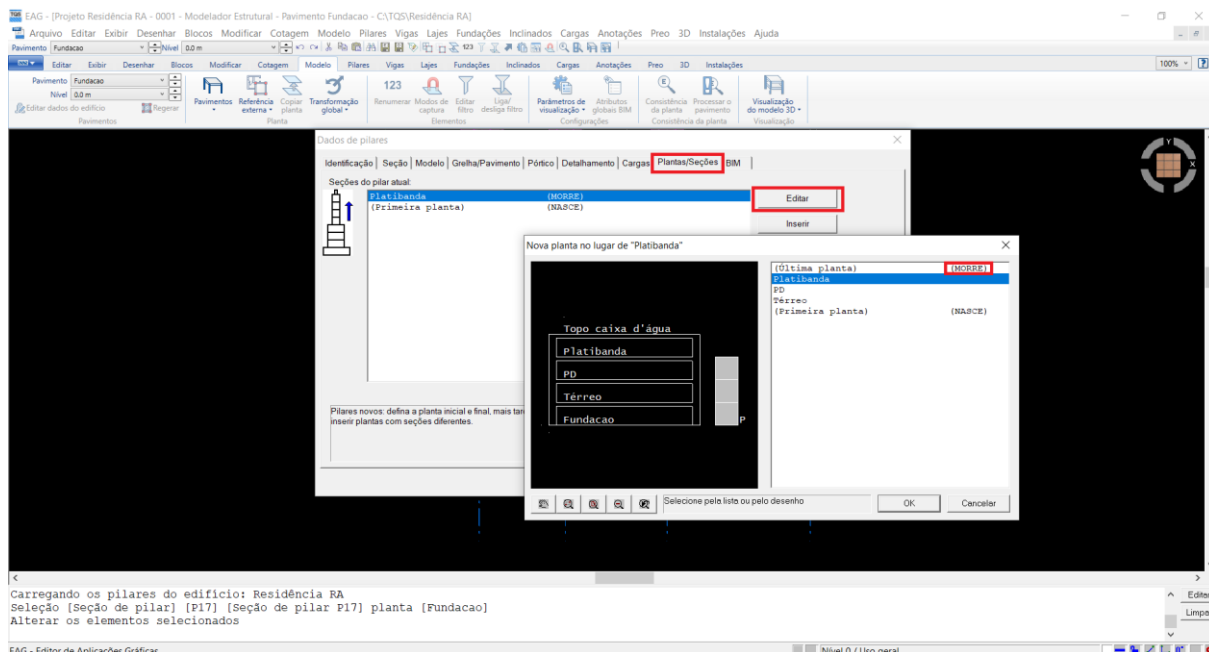
Figura 24 – Local de “nascimento” dos pilares



Fonte: Autor (2023)

Após a locação dos pilares foram configurados os níveis onde “morrem”. Essa configuração foi realizada, como mostrado na Figura 25, sendo ajustados na aba “Plantas/Seções”, ainda em “Dados de pilares”.

Figura 25 – Ajuste de onde os pilares “morrem”



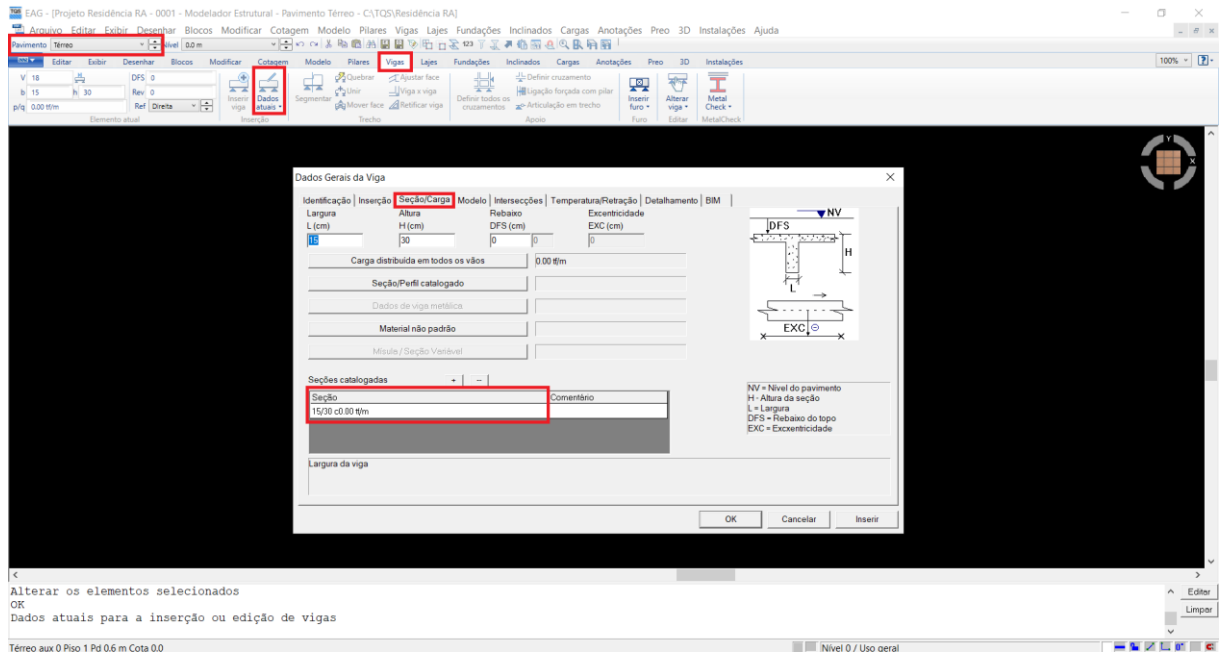
Fonte: Autor (2023)

3. Lançamento das vigas

Os próximos elementos estruturais lançados foram as vigas. Ainda no “Modelador Estrutural”, foi selecionado a aba “Vigas” e acessado “Dados atuais” para configurar a seção transversal. Nessa mesma caixa de opções que aparece é possível definir os carregamentos atuantes diretamente sobre ela, como as cargas de paredes, porém, não foram inseridos valores pois esses serão calculados pelo próprio TQS posteriormente ao importar as referências de parede extraídas do Revit. Apenas no momento da informação será solicitado o peso específico de cada tipo de parede importada, então ele distribuirá a carga automaticamente.

Para esse projeto todas as vigas possuem seção transversal de 15 x 30 cm. Após a configuração basta inseri-las clicando no botão “Inserir viga”. O procedimento de configuração das vigas pode ser conferido na Figura 26.

Figura 26 – Inserção de vigas

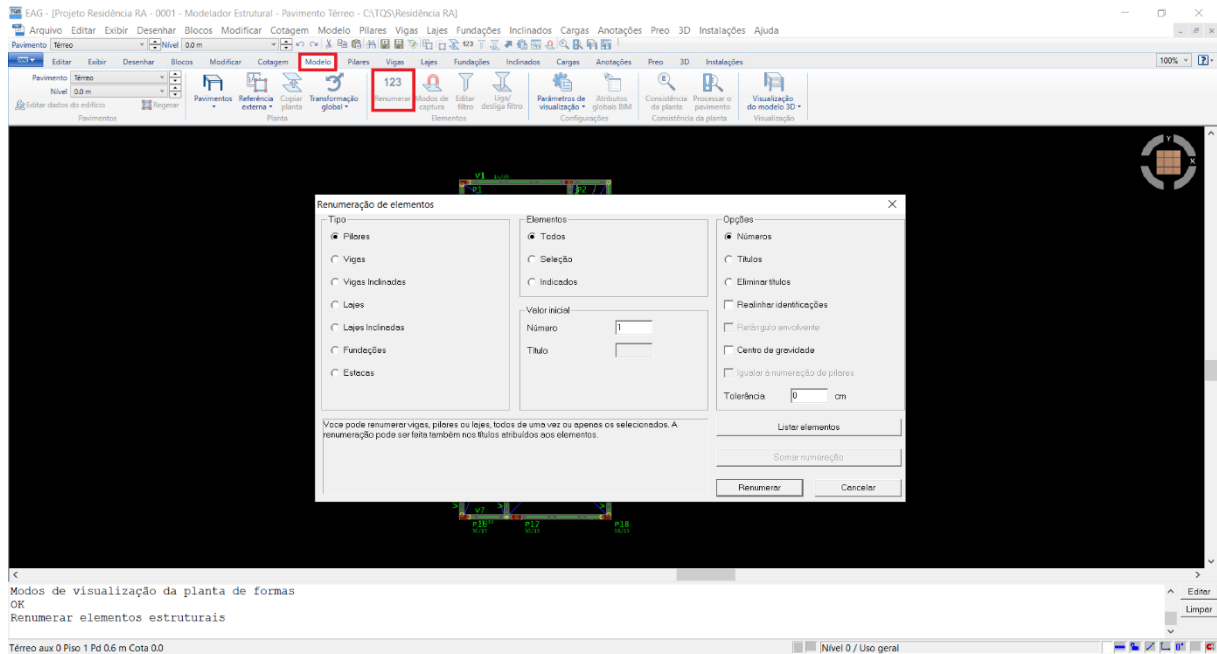


Fonte: Autor (2023)

As vigas foram inseridas nos pavimentos Térreo e PD, de acordo com as referências já importadas. Para inserir as vigas em níveis diferentes, basta selecionar o desejado no menu de opções.

No intuito de melhorar a representação gráfica, a organização de cada elemento e facilitar a execução em obra, foram renumerados os pilares e as vigas de cada pavimento. Esse procedimento foi realizado de maneira automática. Como ilustrado na Figura 27, é feito a partir da aba “Modelo”, seguido da opção “Renumerar” e então selecionado o que será editado.

Figura 27 – Renumerando os elementos

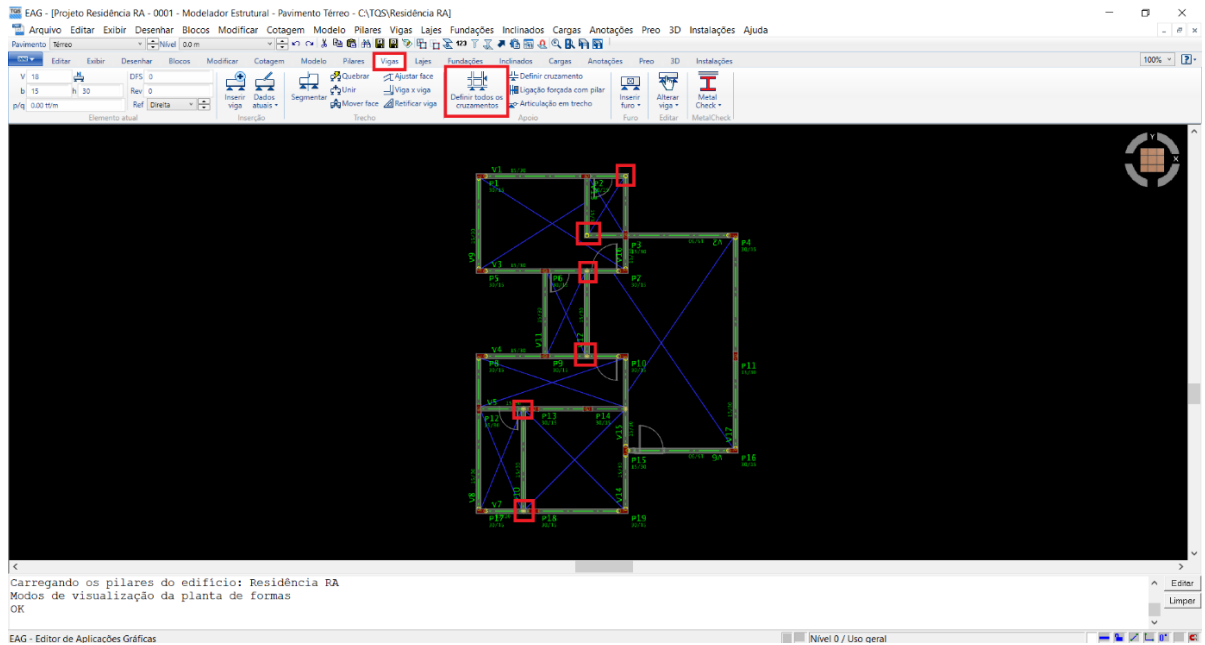


Fonte: Autor (2023)

Nesse projeto há algumas vigas que se cruzam sem necessariamente ter um pilar em sua intersecção. Para o cálculo e o salvamento do projeto, o *software* exige que os cruzamentos sejam definidos de maneira que possa ser estabelecido qual viga irá descarregar em qual. É possível definir também apenas como “cruzamento simples”, porém nesse caso não são dimensionadas armaduras.

Para esse projeto foi realizada a primeira opção descrita. O procedimento é realizado na aba “Vigas” seguido de “Definir todos os cruzamentos”. Após isso, o programa selecionará cruzamento por cruzamento, bastando apenas selecionar a viga que receberá a carga. Quando finalizado, esses pontos que estarão com um círculo envolto de um “X” ficarão apenas com o círculo, que indica que foi ajustado. O procedimento ilustrado na Figura 28.

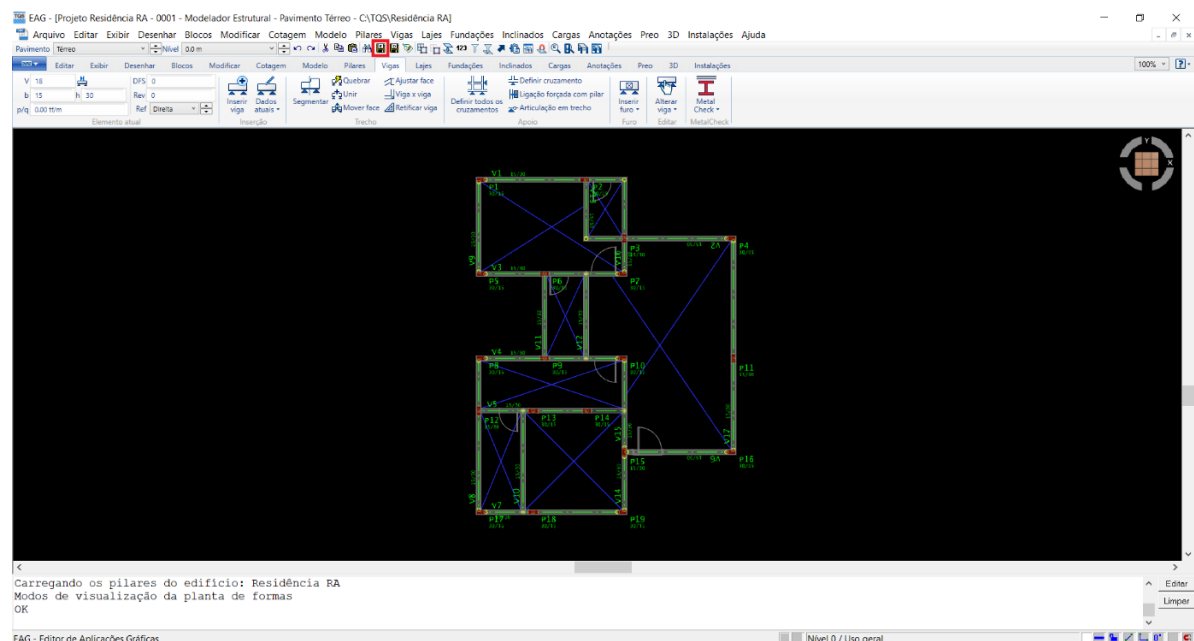
Figura 28 – Cruzamento das vigas



Fonte: Autor (2023)

No final dessa etapa já será possível salvar o arquivo sem apresentar erros. É possível notar no desenho que os espaços delimitados pelas vigas estão com um “X” azul. Isso indica que elas estão devidamente anexadas aos pilares e que podem, caso necessário, receber uma laje. A Figura 29 mostra o botão para salvar a estrutura.

Figura 29 – Salvar a estrutura



Fonte: Autor (2023)

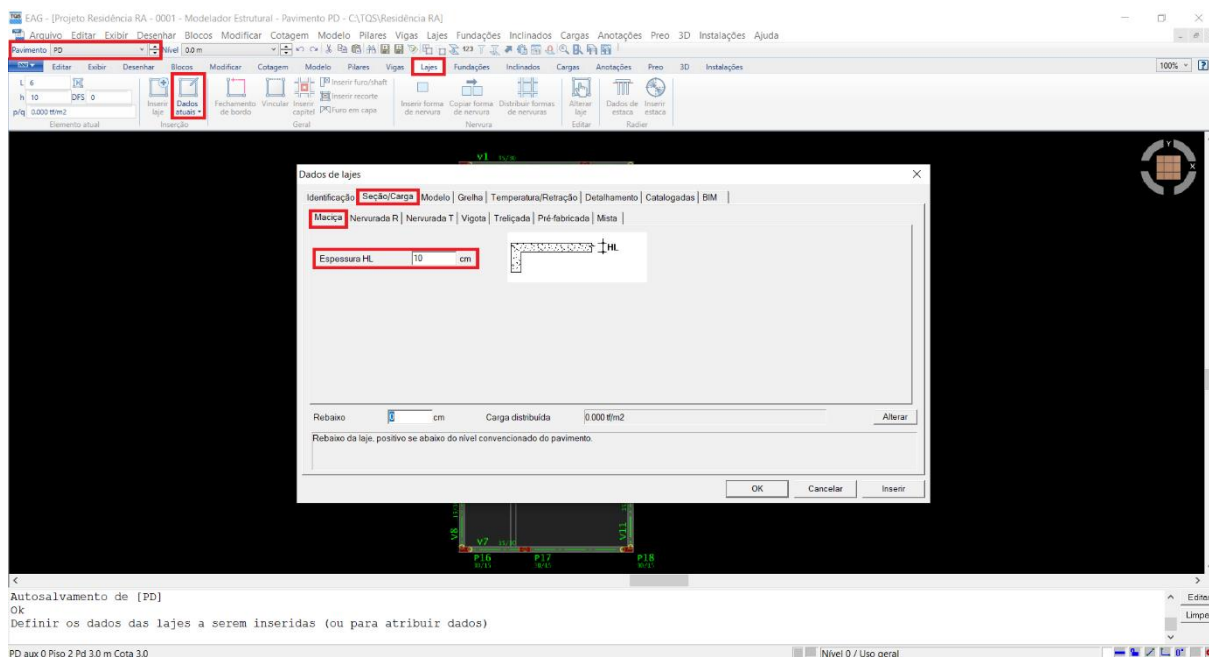
4. Lançamento das lajes

Para o lançamento das lajes, foi alterado o nível, sendo agora o “PD” a ser trabalhado. Para este trabalho foram adotadas lajes maciças, devido à maior presença de armadura que ilustrará melhor a proposta da RA no aplicativo Augin.

Exceto a laje que está sob a caixa d’água, que possui $h = 12$ cm, todas as demais possuem altura h de 10 cm.

Para inseri-las no projeto, o procedimento é similar aos demais elementos já apresentados: escolher a opção “Lajes” no menu, definir a seção e posicioná-las no projeto. A Figura 30 ilustra os passos necessários.

Figura 30 – Lançamento das lajes

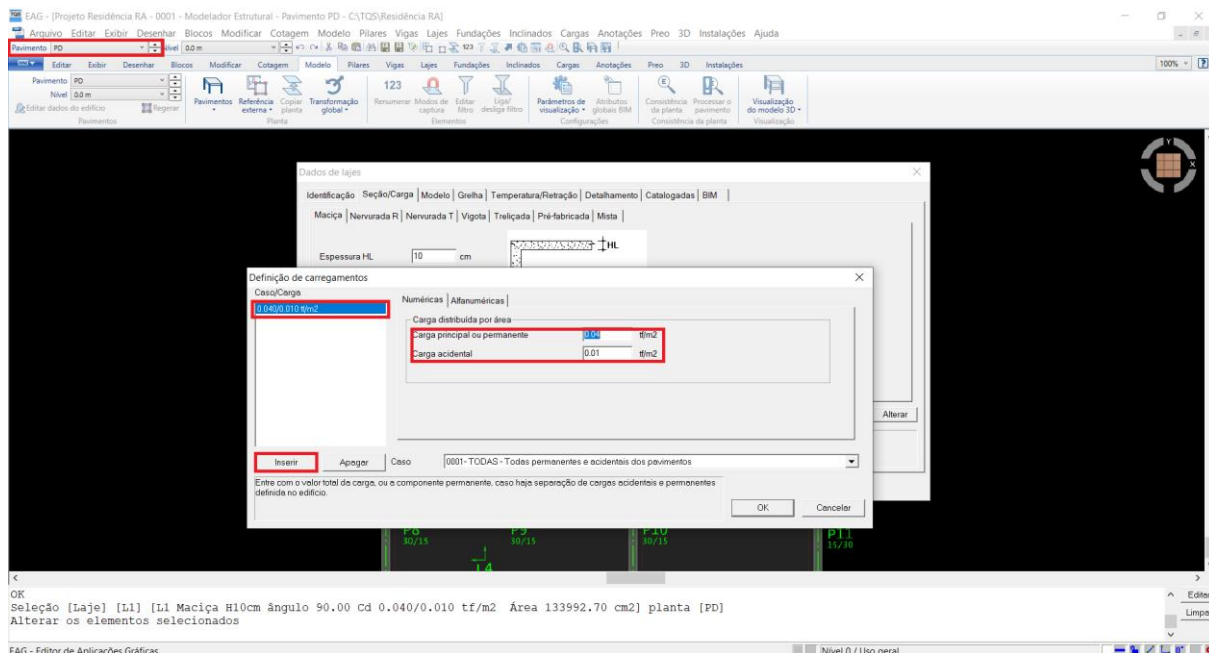


Fonte: Autor (2023)

Como o telhado será de fibrocimento com estrutura de madeira, seu peso deve ser lançado já nessa etapa sobre as lajes. Para isso, basta clicar no botão “Alterar” na seção referente a carga distribuída e inseri-la, nesse caso sendo $0,04 \text{ tf/m}^2$, como estipulado pela Tabela 6 – Telhados, da ABNT NBR 6120:2019, para este tipo de estrutura e telha.

Seguindo ainda a mesma norma, para carga accidental, pela Tabela 10 – Valores característicos nominais, foi definido em $0,01 \text{ tf/m}^2$. A Figura 31 ilustra esse procedimento.

Figura 31 – Cargas distribuídas nas lajes

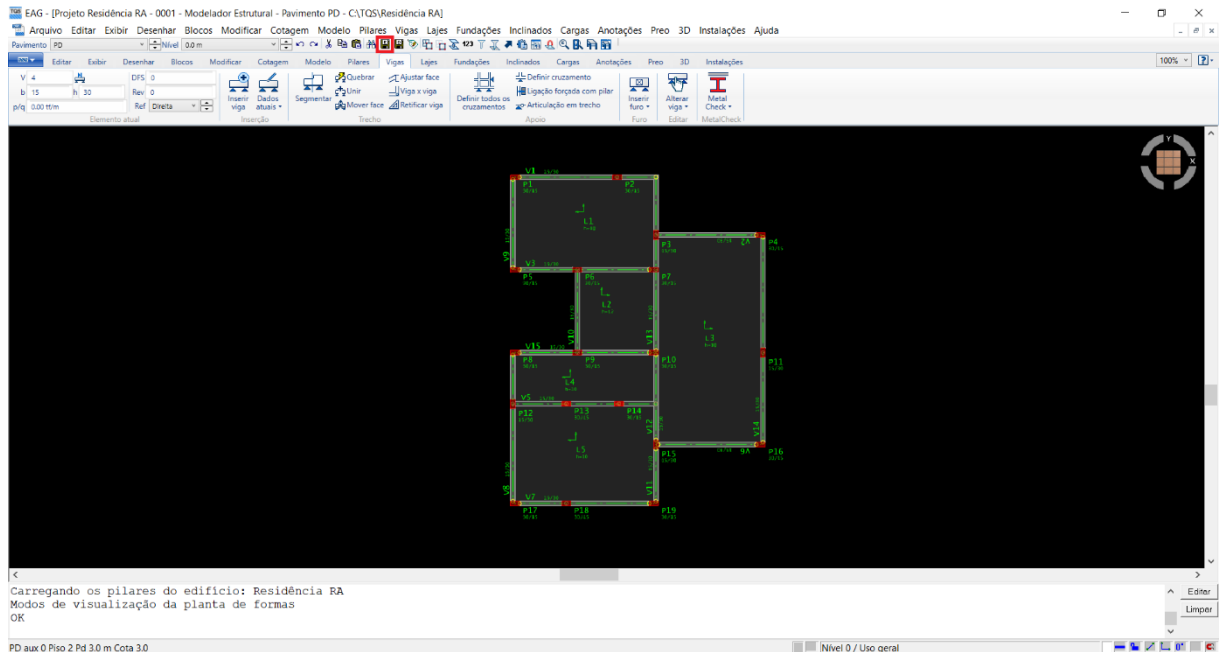


Fonte: Autor (2023)

Após as definições desejadas, foram inseridas no projeto. Para isso, escolhe-se um local corretamente demarcado, com um “X” azul, e dá-se um clique no ambiente e posteriormente um novo clique na viga que será o menor lado da laje. Após lançar as que possuíam $h = 10$ cm, foi necessário realizar os mesmos passos para lançar a de $h = 12$ cm.

Finalizado as lajes, foi realizado o procedimento de renumerar e o projeto foi salvo. A disposição está representada na Figura 32.

Figura 32 – Disposição das lajes

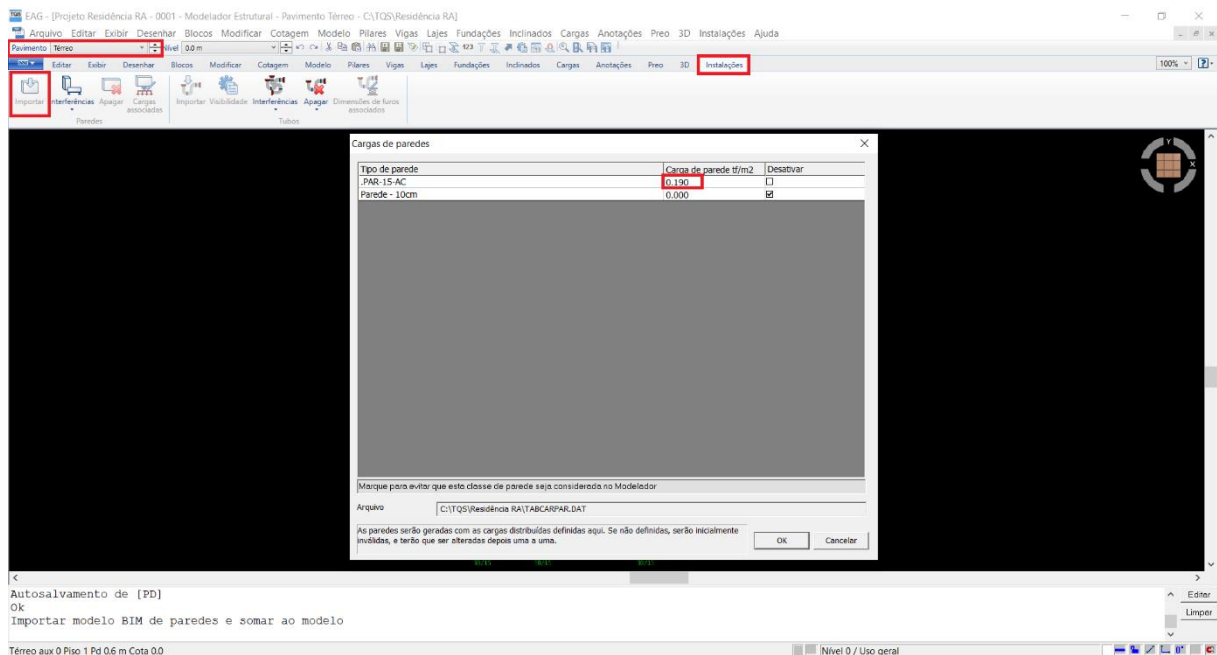


Fonte: Autor (2023)

5. Carregamentos

Os carregamentos de paredes utilizados são provenientes da importação do arquivo .RTQ, do Revit. Para fazer a importação é necessário selecionar o nível onde será posicionado, nesse caso o Térreo. Então, seleciona-se a opção “Instalações” e “Importar”. A referência então deve ser selecionada. A tela seguinte exibe uma caixa de diálogo mostrando os tipos de parede que contém no arquivo e solicita que seja inserido o valor para a carga de parede, em tf/m^2 . Foi utilizado o valor de $0,19 \text{ tf/m}^2$, conforme estipulado pela Tabela 2 – Alvenarias da ABNT NBR 6120:2019 com essa finalidade de utilização e composição. A Figura 33 ilustra o procedimento a ser realizado.

Figura 33 – Importando o carregamento de parede

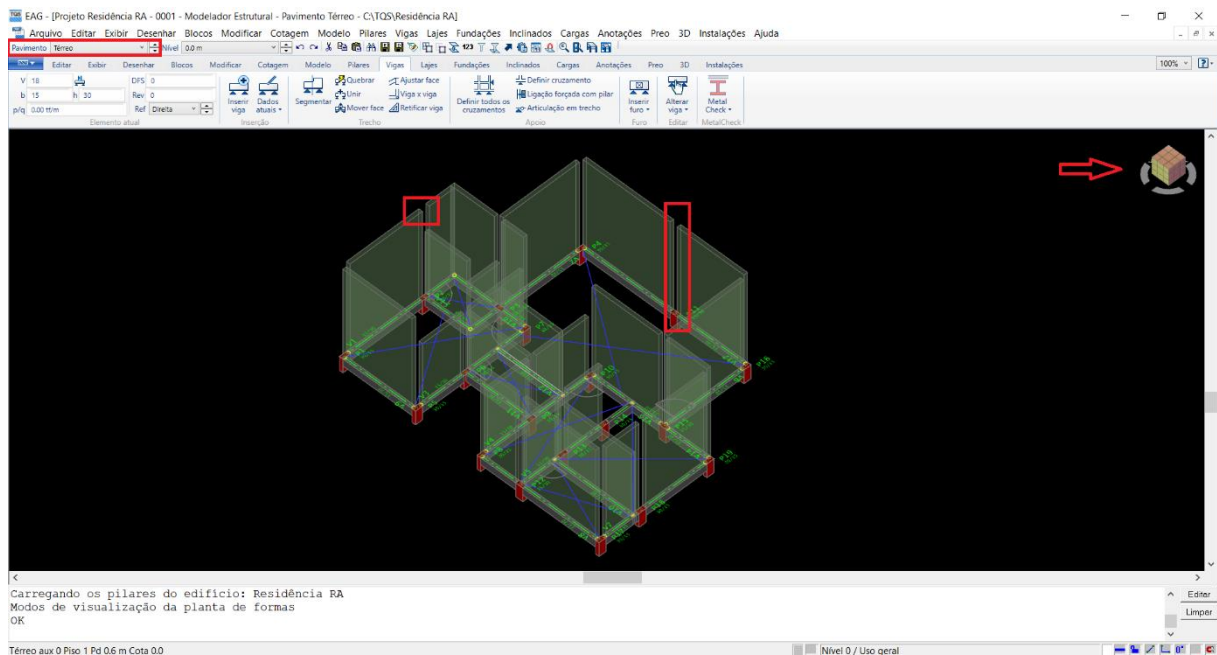


Fonte: Autor (2023)

Como havia outro tipo de parede referente ao muro que contorna o lote, este também foi importado, mas como não seria utilizado nos cálculos foi desativado, ficando apenas a que possui 15 cm de espessura.

Quando inserido é possível analisar se ela foi devidamente posicionada. Para isso, basta alterar o ângulo da vista, clicando na quina do elemento de navegação no canto superior direito ou segurando SHIFT+SCROLL. Outro ponto a ser analisado é se as paredes de fato estão apenas sobre as vigas e se não estão “invadindo” os pilares. Caso estejam fora, é possível selecioná-las, em planta, e ajusta-las. A demonstração do carregamento no “Térreo” é feita na Figura 34.

Figura 34 – Carregamento do térreo

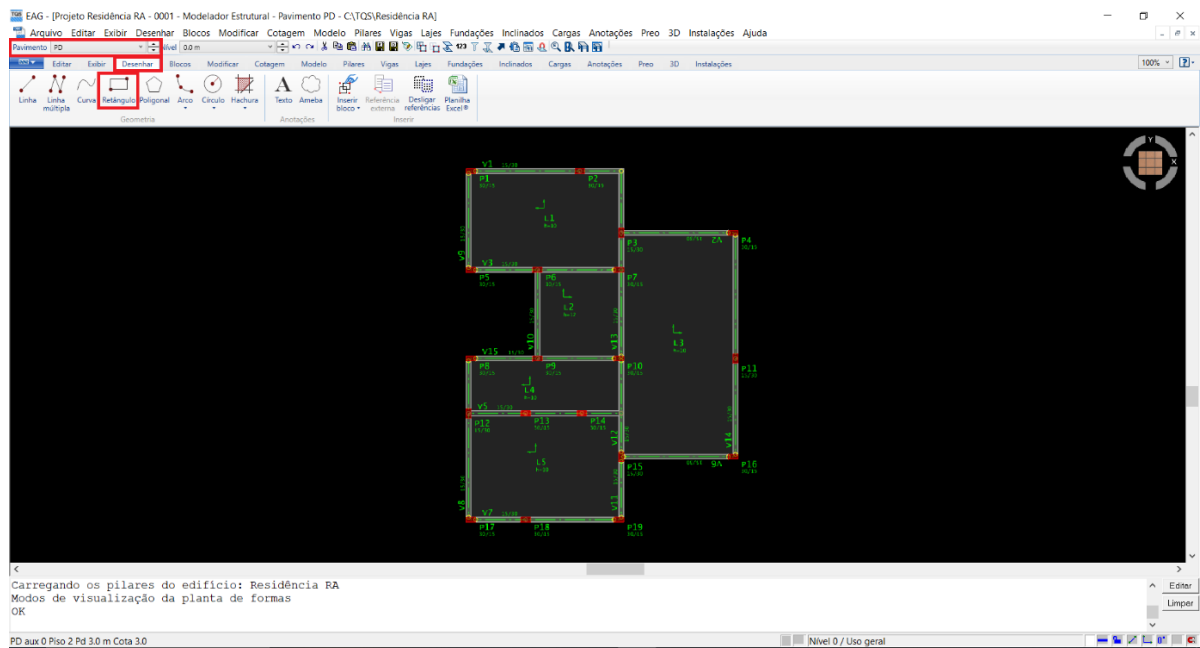


Fonte: Autor (2023)

As verificações também foram feitas no pavimento superior. O próximo carregamento foi lançado manualmente: o da caixa d'água. Nesse trabalho foi considerado uma caixa d'água de 1000 L, com um apoio quadrado medindo 1,8 x 1,8 m. Então foi realizado um cálculo para saber a carga a ser distribuída nessa área.

Considerando-a com um volume de 1000 L = 1tf, distribuída numa área de 3,24 m², resulta-se em aproximadamente 0,31 tf/m². Para distribuir essa carga no *software*, foi necessário selecionar o nível “PD”, que é onde a está situada a laje que receberá esse carregamento e desenhar um quadrado na laje para ter essa referência, com as próprias ferramentas de edição do sistema, que pode ser conferido na Figura 35.

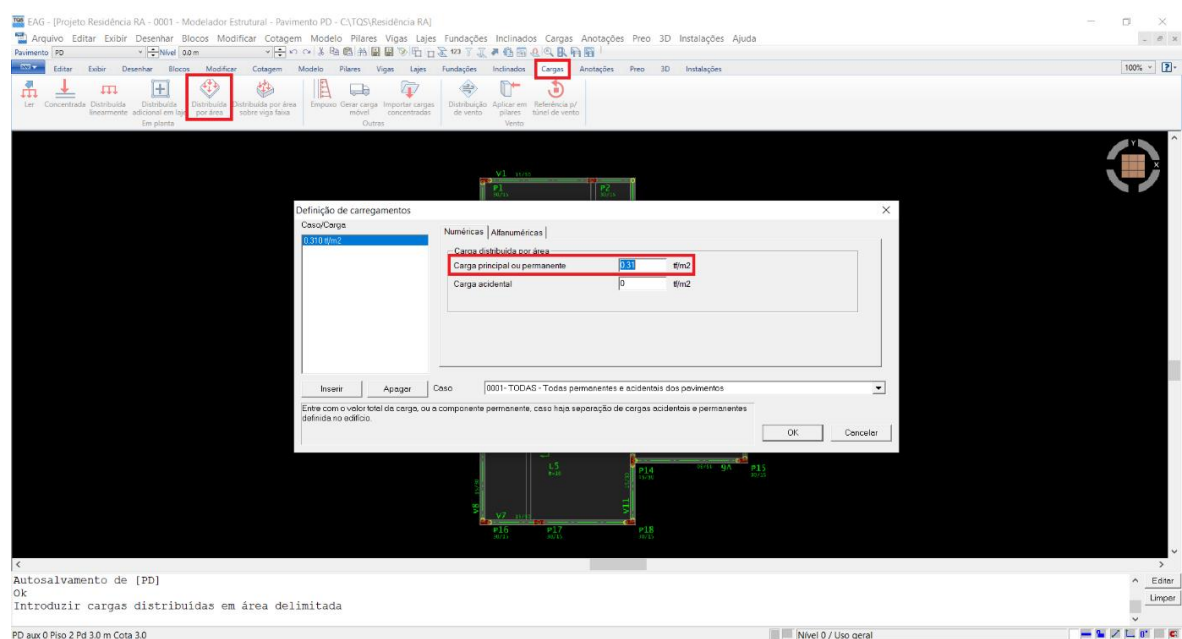
Figura 35 – Representando o apoio da caixa d'água



Fonte: Autor (2023)

A Figura 36 ilustra como é feita a inserção do valor calculado nessa área. É necessário acessar a aba “Cargas” e “Distribuída por área”. A janela que se abre é onde o valor é definido. Então, ao dar “Ok” basta contornar o quadrado desenhado previamente, demarcando o local onde a carga será aplicada.

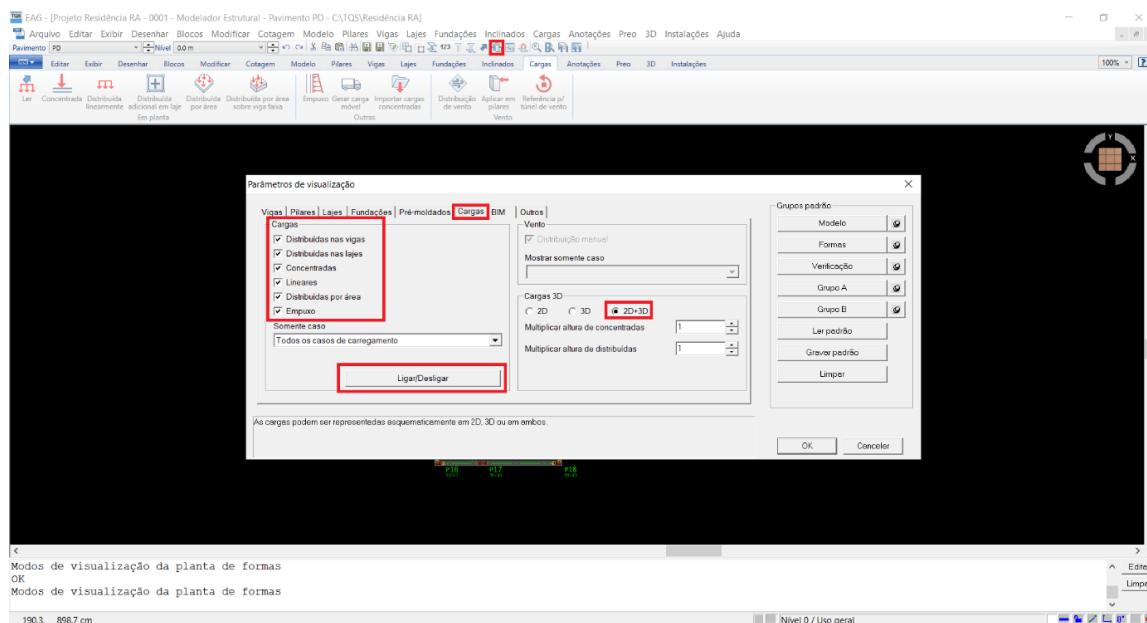
Figura 36 – Inserindo a carga da caixa d'água



Fonte: Autor (2023)

Para ativar a visualização de todas as cargas que estão atuando nos elementos, basta clicar em “Parâmetros de visualização” e ativar as opções desejadas, conforme a Figura 37.

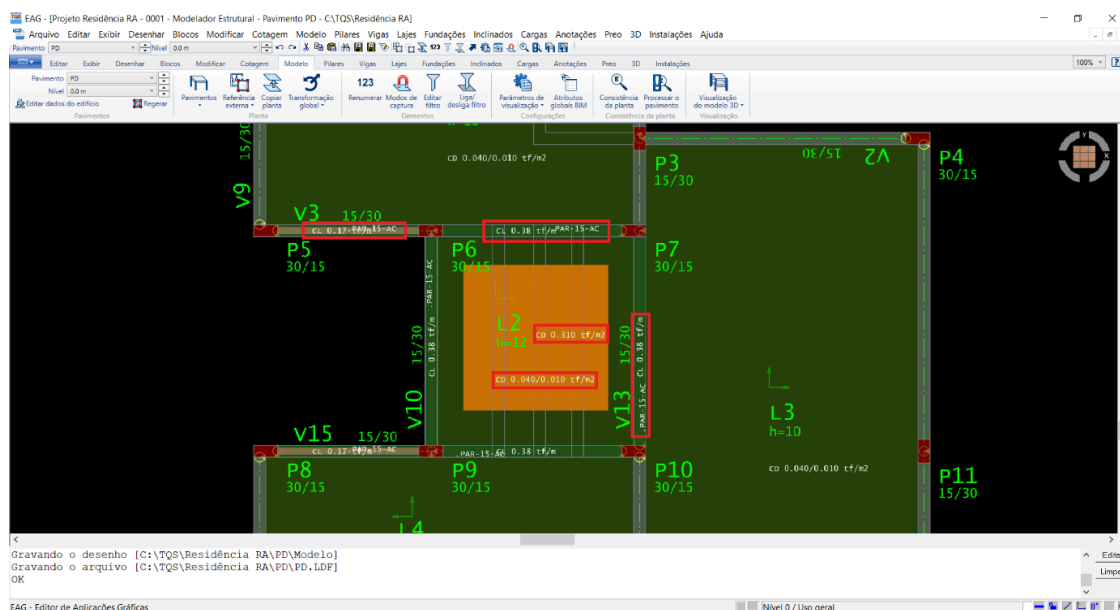
Figura 37 – Parâmetros de visualização



Fonte: Autor (2023)

As cargas lançadas já poderão ser conferidas no modelo. A Figura 38 representa um trecho mais fechado do pavimento, onde os carregamentos das paredes, das lajes e da caixa d'água estão destacados.

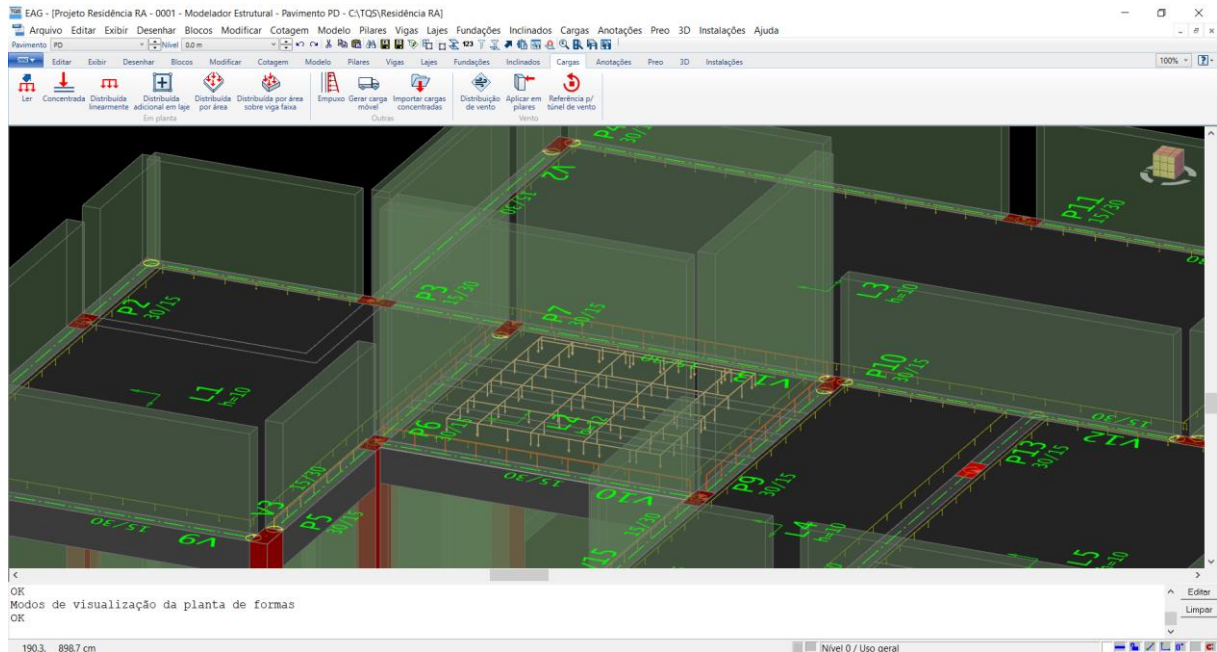
Figura 38 – Representação das cargas



Fonte: Autor (2023)

Na Figura 39 é possível observar os carregamentos atuantes em 3D.

Figura 39 – Representação das cargas em 3D



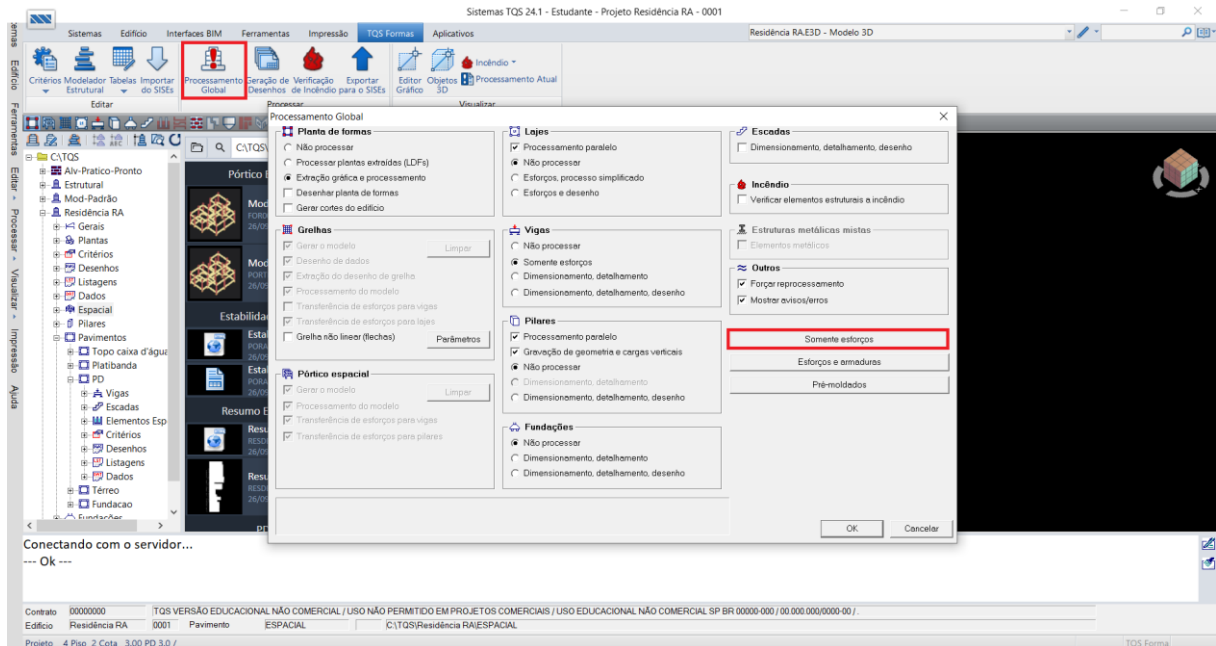
Fonte: Autor (2023)

6. Primeiro processamento global

Depois de lançar as vigas, os pilares, as lajes e os carregamentos, é necessário realizar um primeiro processamento da estrutura para ser possível obter os esforços que serão utilizados pelo programa para pré-dimensionar as fundações, nesse caso sapatas.

Fecha-se então o “Modelador Estrutural” e na tela inicial seleciona-se o ícone referente ao “Processamento Global”, então, “Somente esforços”. Os passos estão detalhados na Figura 40.

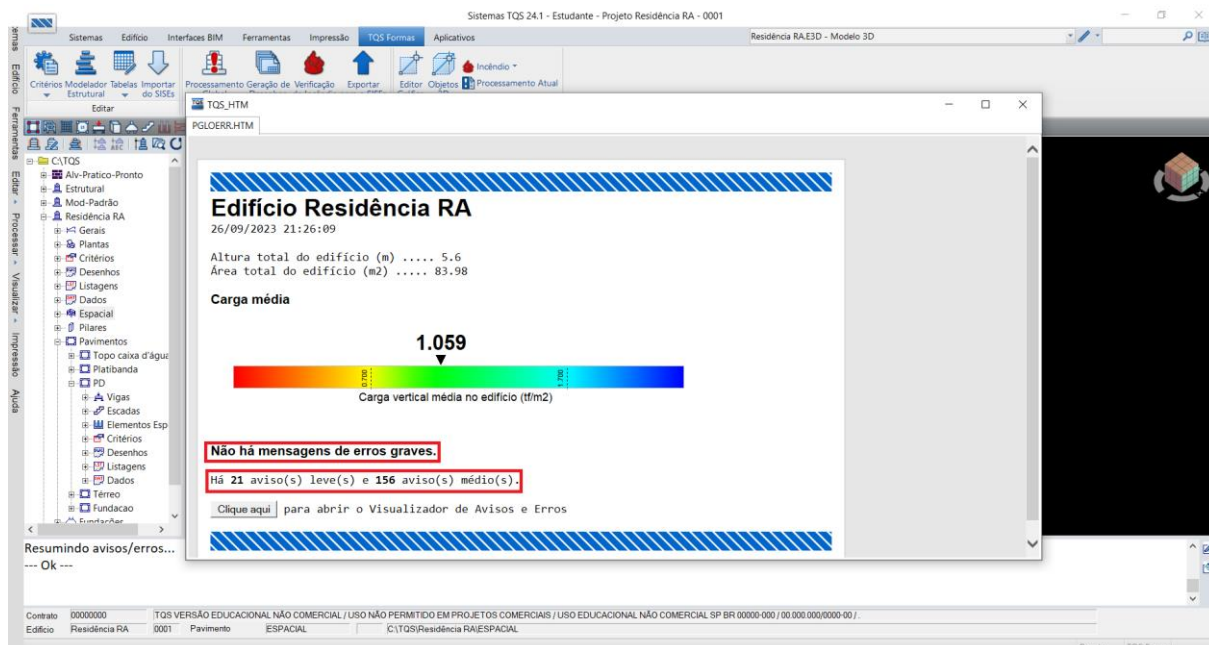
Figura 40 – Processamento Global dos esforços



Fonte: Autor (2023)

Ao final desse processamento serão mostradas várias informações referentes ao dimensionamento e mensagens de erro, caso existam, separadas nas categorias “Leve, Médio e Grave”. Os dois primeiros referem-se às possíveis sobreposições de textos nas representações gráficas ou falta de alguns ajustes nos lançamentos, não influenciando necessariamente na estabilidade estrutural. Porém, os erros Graves que poderão aparecer devem ser corrigidos antes de prosseguir. Como mostra a Figura 41, não foram encontrados erros graves.

Figura 41 – Mensagens de alerta após o processamento



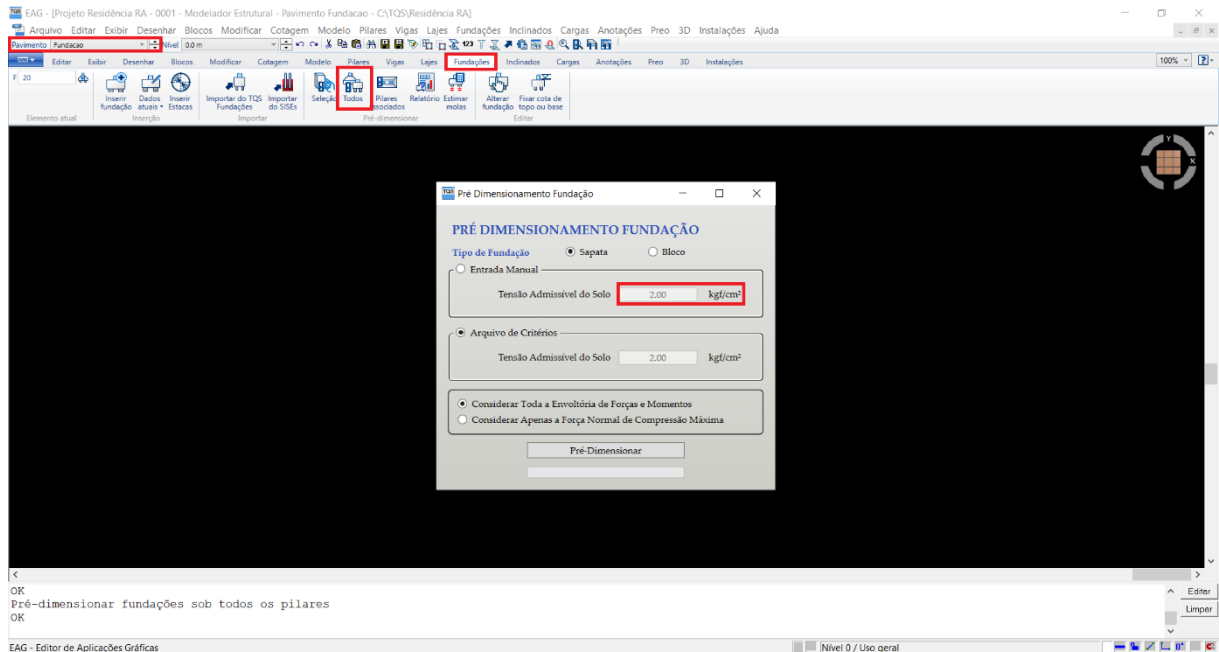
Fonte: Autor (2023)

7. Pré-dimensionamento das sapatas

Após o *software* calcular o valor dos esforços atuantes é possível fazer o pré-dimensionamento das sapatas. Serão realizados dois processos para obter as dimensões finais: um nessa etapa, que servirá para obter as dimensões iniciais, e, após processar toda a residência para gerar as armaduras, esse dimensionamento será feito novamente para englobar possíveis variações nas tensões, até mesmo para garantir que as dimensões são suficientes.

Entra-se no “Modelador Estrutural” e seleciona o nível onde serão implantadas as fundações. Então, na aba “Fundações”, basta selecionar “Todos” que serão dimensionadas para todos os pilares. Ainda, surgirá uma caixa de diálogo para inserir o valor da tensão admissível do solo. Para esse projeto, na finalidade de demonstrar os programas, será utilizado o valor padrão do sistema de 2,00 kgf/cm², sendo possível a melhor observação na Figura 42.

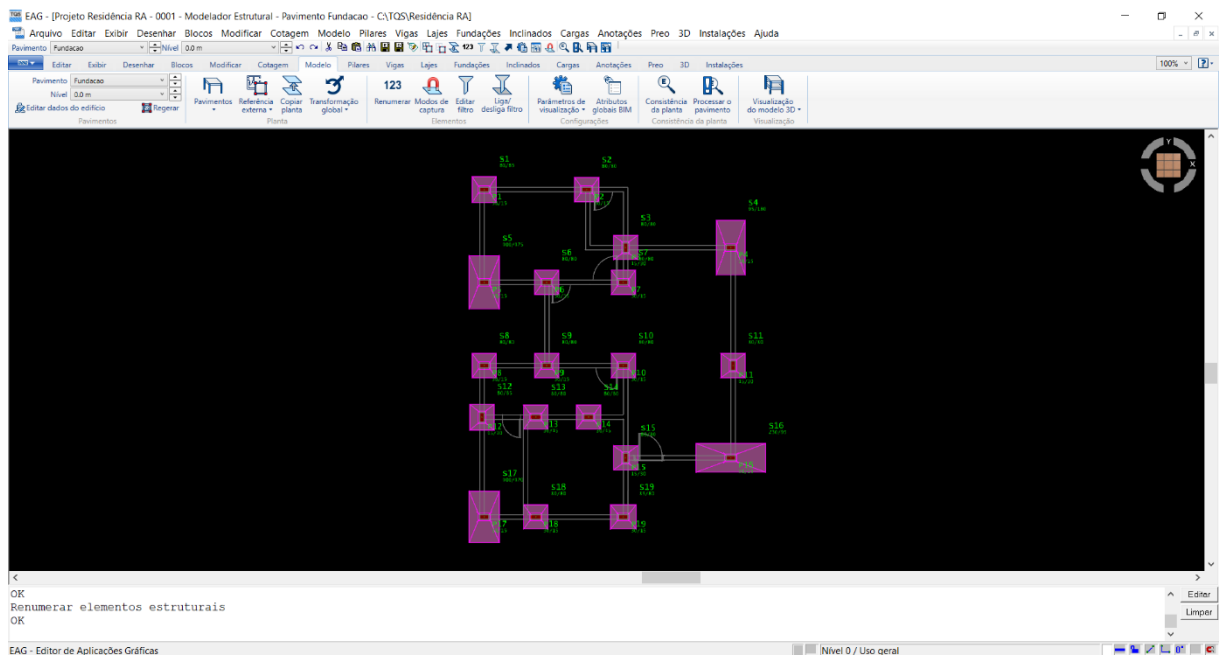
Figura 42 – Pré-dimensionamento das fundações



Fonte: Autor (2023)

Ao final do processo, as sapatas já estarão representadas no desenho, bem como seu número e suas dimensões, como mostrado na Figura 43. Em seguida foi realizada a renumeração desses elementos.

Figura 43 – Sapatas pré-dimensionadas

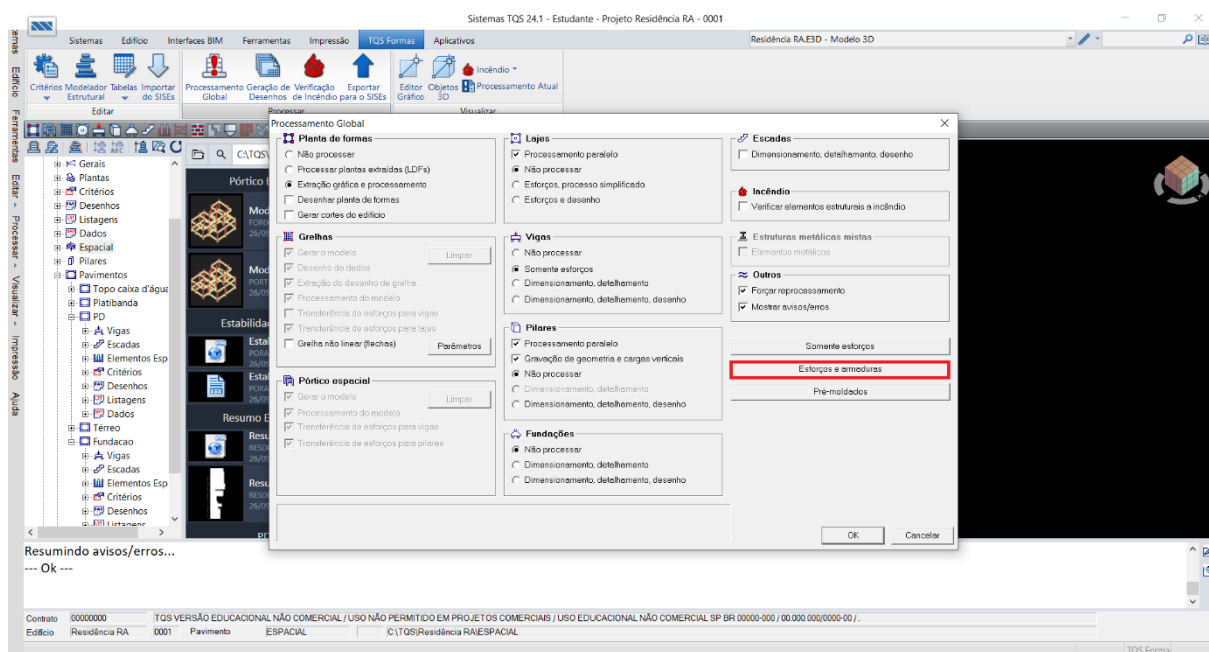


Fonte: Autor (2023)

8. Segundo “Processamento Global”

Nesse novo processamento, seguido os mesmos passos descritos anteriormente, será realizado para gerar as armaduras. Não devem aparecer erros graves nessa etapa. Será escolhido então a opção “Esforços e armaduras”, conforme a Figura 44.

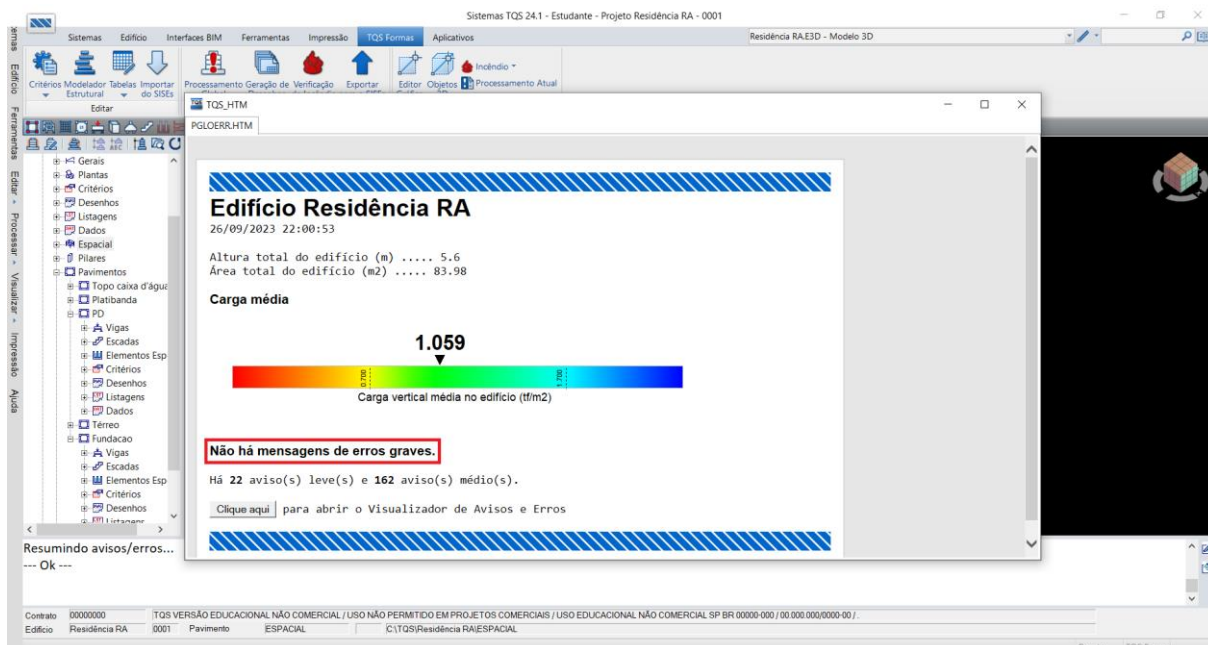
Figura 44 – Primeiro processamento de esforços e armaduras



Fonte: Autor (2023)

Novamente, conforme a Figura 45, sem erros graves, podendo ser continuado.

Figura 45 – Sem erros graves para o processamento global



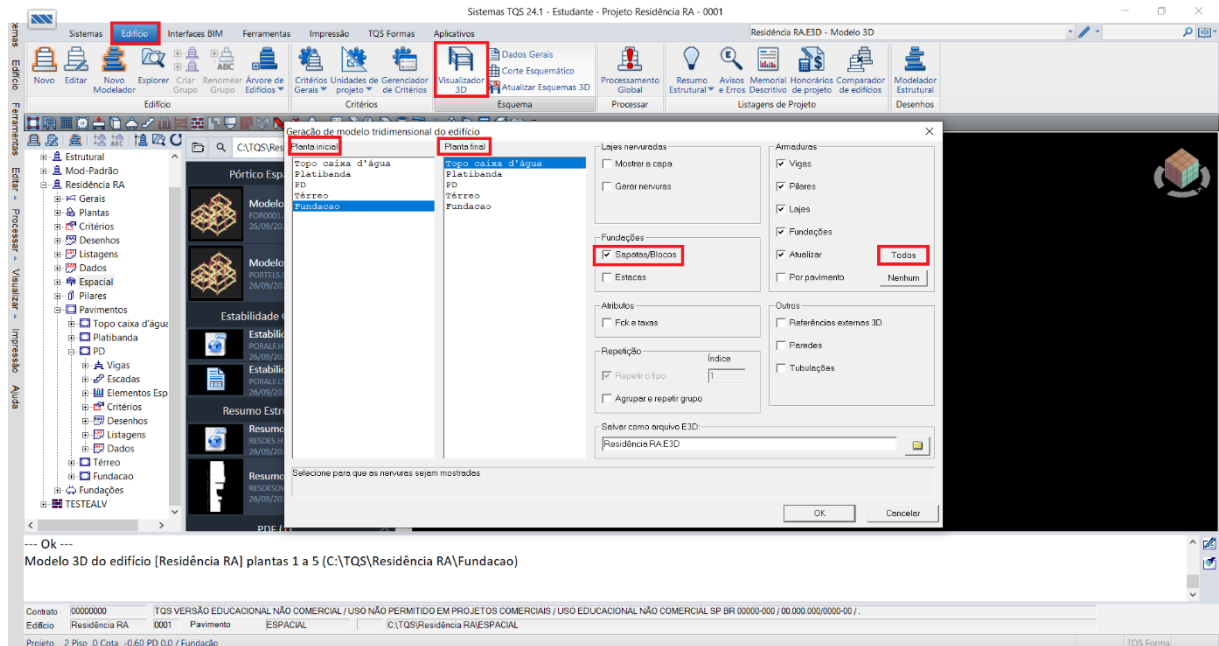
Fonte: Autor (2023)

9. Segundo dimensionamento das fundações

Como a edificação foi calculada de maneira completa, as fundações serão recalculadas a fim de garantir que as dimensões sejam realmente capazes de suportar a estrutura. O procedimento é o mesmo descrito anteriormente para o pré-dimensionamento. Nesse caso não houve alteração nas dimensões.

A estrutura 3D do pórtico pode ser visualizada, sendo possível filtrar cada elemento estrutural por cor e acionar a transparência, para a visualização das armaduras. Para isso, fecha-se o “Modelador Estrutural” e navega-se até a aba “Edifício”, selecionando a opção “Visualizador 3D”, de acordo com a Figura 46. Basta definir de qual até qual pavimento deverá ser gerado, o tipo de fundação e as armaduras desejadas.

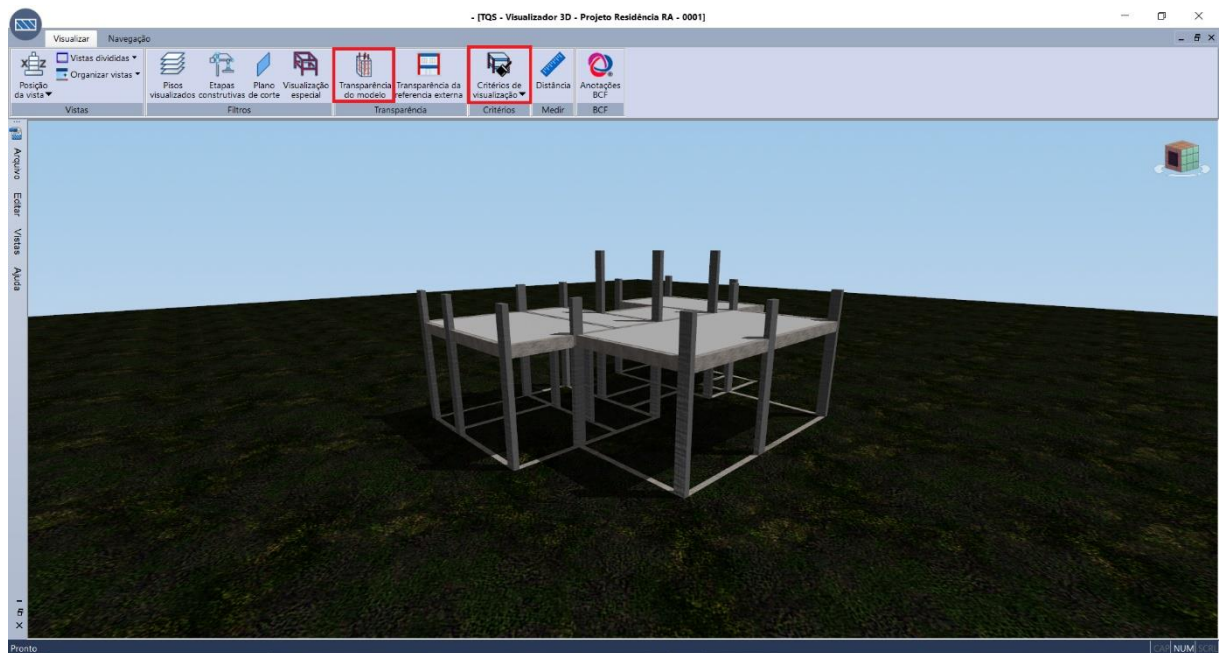
Figura 46 – Acesso ao pórtico em 3D



Fonte: Autor (2023)

O modelo 3D que aparece da maneira como ele será importado no Augin. Para separar os elementos por cores é possível alterar o modelo de visualização na aba “Critérios de visualização”, como mostrado na Figura 47.

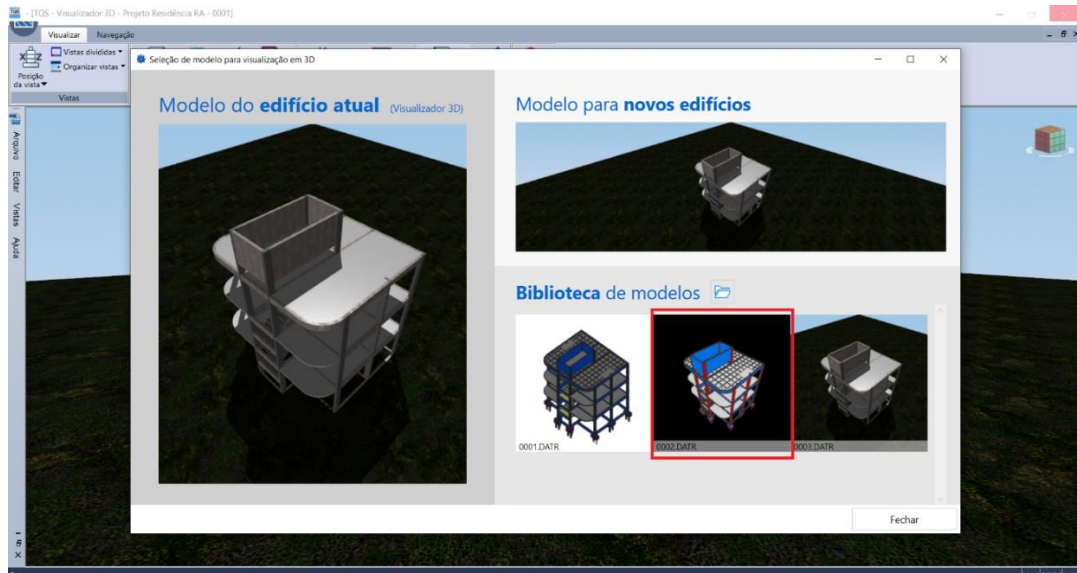
Figura 47 – Alterando a visualização do modelo



Fonte: Autor (2023)

Para esse trabalho foi definido o modelo 2, cada elemento de uma cor, para referência, conforme a Figura 48, sendo as vigas em azul, pilares em vermelho, lajes em cinza e fundações em rosa.

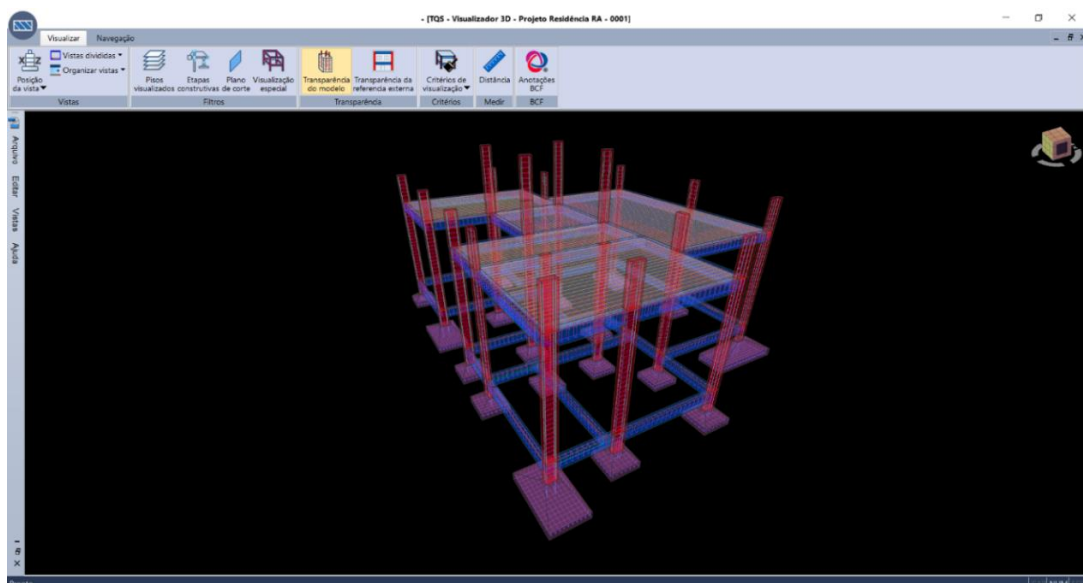
Figura 48 – Elementos estruturais em cores diferentes



Fonte: Autor (2023)

Por fim, a exportação ao aplicativo de RA seguirá esses padrões. A visualização pode ser conferida na Figura 49 a seguir.

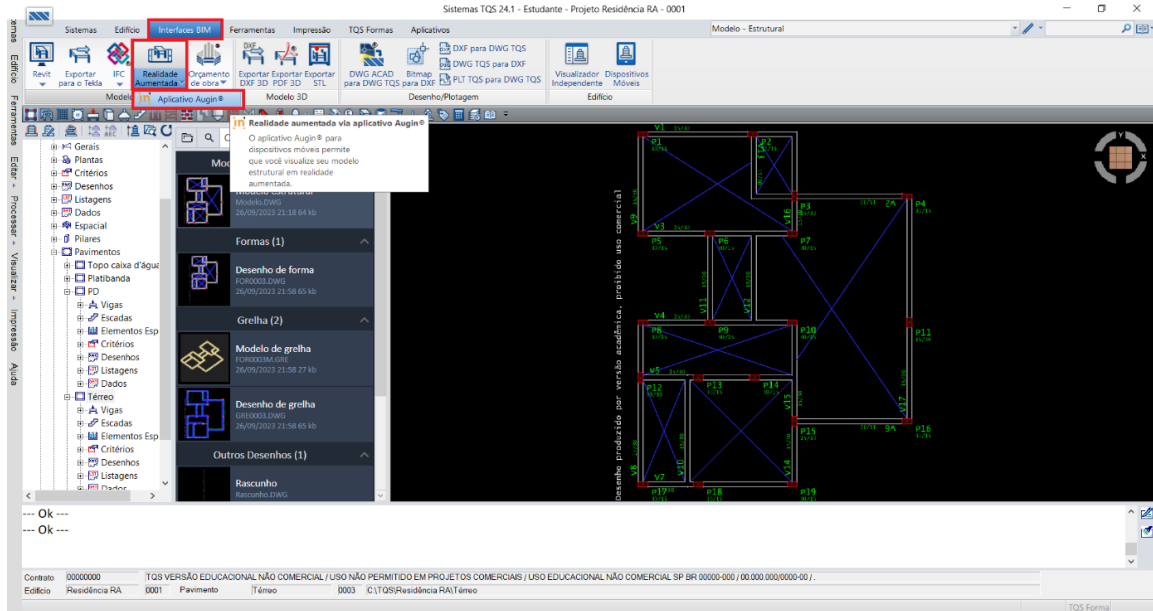
Figura 49 – Modelo final com transparência



Fonte: Autor (2023)

Após a análise estrutural e configuração do modelo em 3D, a exportação ao Augin pode ser realizada. Na aba “Interfaces BIM”, em “Realidade Aumentada”, já está disponível um botão que facilita o procedimento, como mostrado na Figura 50.

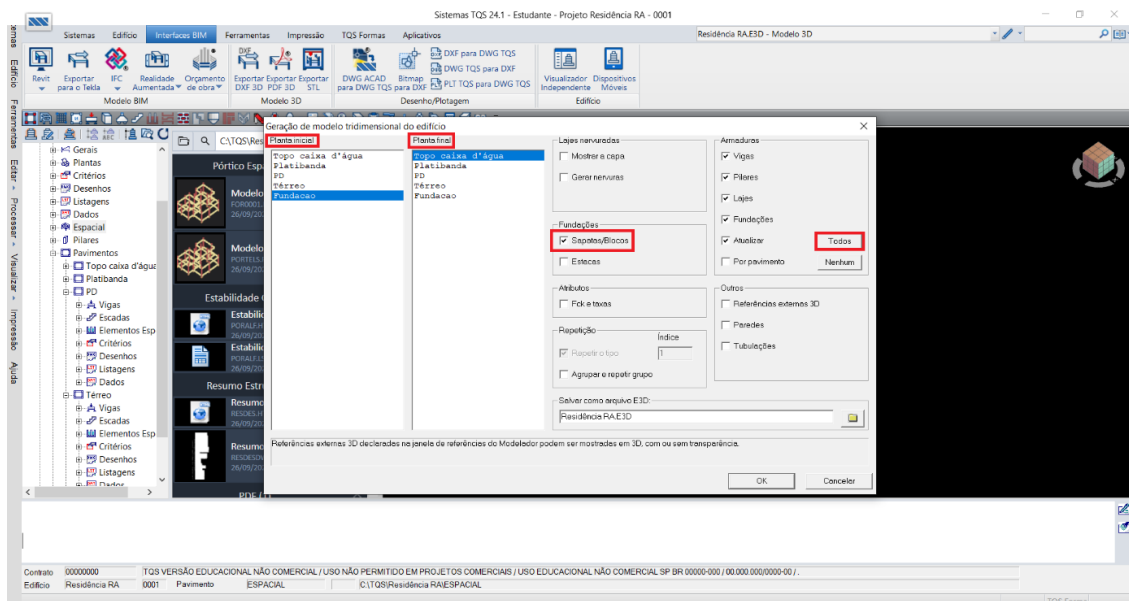
Figura 50 – Exportando ao Augin



Fonte: Autor (2023)

A caixa de diálogo que se abre é a mesma da visualização em 3D, conforme a Figura 51.

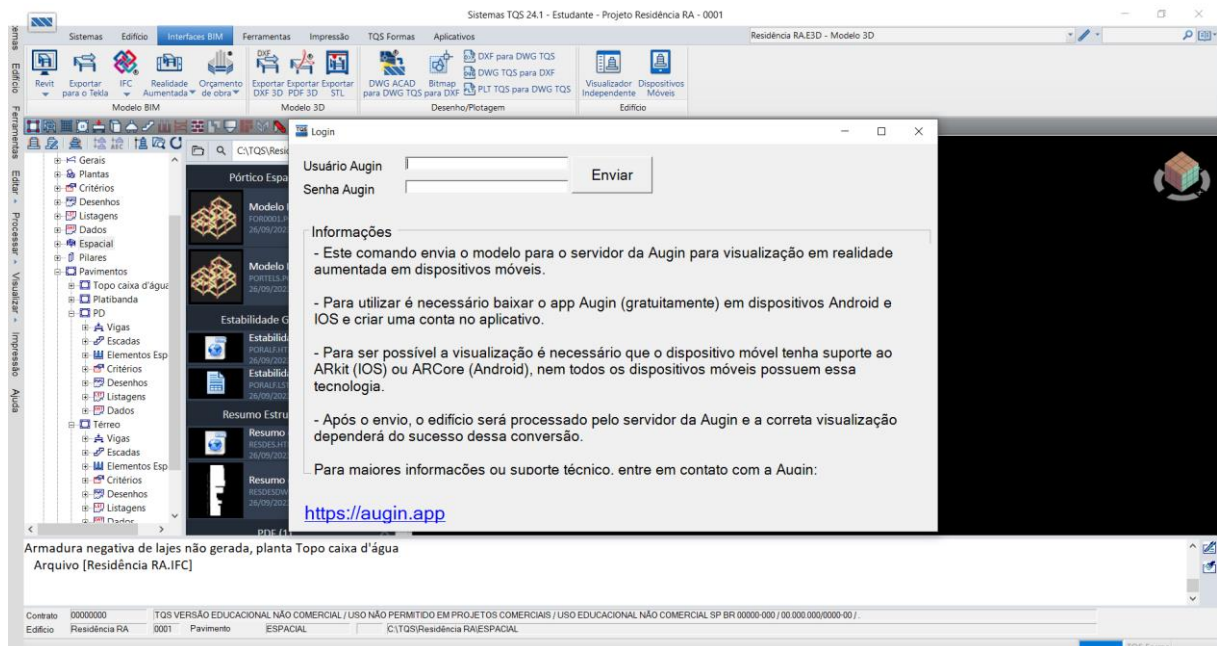
Figura 51– Selecionando o que será exportado



Fonte: Autor (2023)

O último passo necessário é realizar o *login* com a conta do serviço, que pode ser criada gratuitamente no *site* da própria empresa ou diretamente no aplicativo, conforme a Figura 52. Para esse trabalho foi utilizado o tipo de conta gratuito, porém a plataforma oferece planos pagos para projetos maiores e funcionalidades extras. O modelo será carregado e estará disponível para serem abertos nos dispositivos em alguns minutos.

Figura 52 – Login no Augin



Fonte: Autor (2023)

As pranchas geradas pelo programa estão disponíveis nos Apêndices B ao Apêndice P.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados serão demonstrados os procedimentos a serem realizados no *smartphone* para visualização em RA após ser calculado pelo TQS. No aplicativo, com o modelo já carregado pelo TQS, basta selecionar o projeto a ser visualizado, como mostrado na Figura 53.

Figura 53 – Tela inicial Augin



Fonte: Autor (2023)

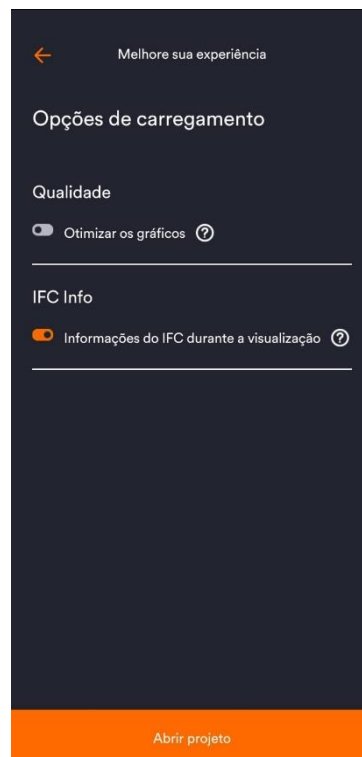
Como maneira de melhorar o desempenho da visualização é possível abrir com filtros, que podem ser ativados antes da abertura do projeto. O procedimento pode ser realizado conforme as Figuras 54 e 55. Para esse trabalho, os filtros não foram ativados, visto que o *hardware* do dispositivo utilizado já é capaz de suportar o processamento gráfico requerido, mas essa é uma solução que permite *smartphones* mais defasados a ter um desempenho melhor.

Figura 54 – Filtros de visualização



Fonte: Autor (2023)

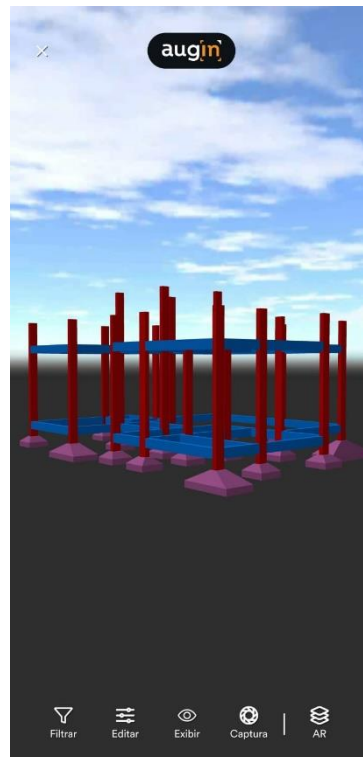
Figura 55 – Filtros disponíveis



Fonte: Autor (2023)

Selecionado as opções desejadas, basta dar prosseguimento. Ao abrir, a estrutura já estará visível. A navegação dá-se por gestos na tela, deslizando os dedos ou aplicando o efeito “pinça”, para aproximar ou afastar. É possível ainda navegar virando e apontando o celular para o local que se deseja visualizar, além de detectar o andar num ambiente real, fazendo com que a visão da câmera também se mova no ambiente virtual criado pelo aplicativo. A Figura 56 representa como é o modelo aberto.

Figura 56 – Tela inicial de visualização



Fonte: Autor (2023)

É possível também selecionar cada um dos elementos individualmente e obter informações sobre ele facilmente, como por exemplo a seção e o cobrimento, conforme mostrado na Figura 57.

Figura 57 – Informações do elemento



Fonte: Autor (2023)

A interface de utilização possui uma barra de ferramentas com as seguintes opções:

Filtrar: para definir quais elementos estruturais e quais pavimentos serão mostrados, conforme as Figuras 58 e 59.

Figura 58 – Filtro de níveis



Fonte: Autor (2023)

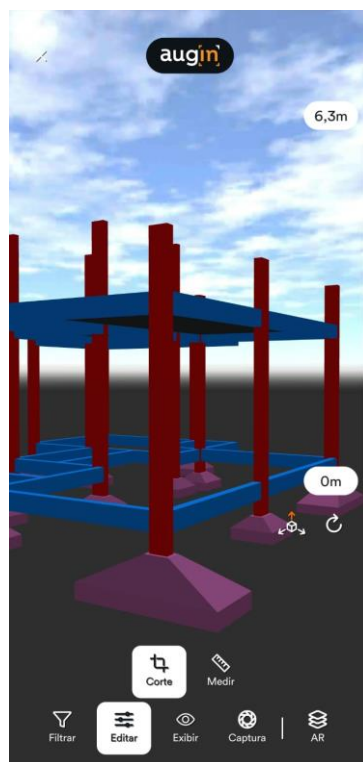
Figura 59 – Filtro de elementos estruturais



Fonte: Autor (2023)

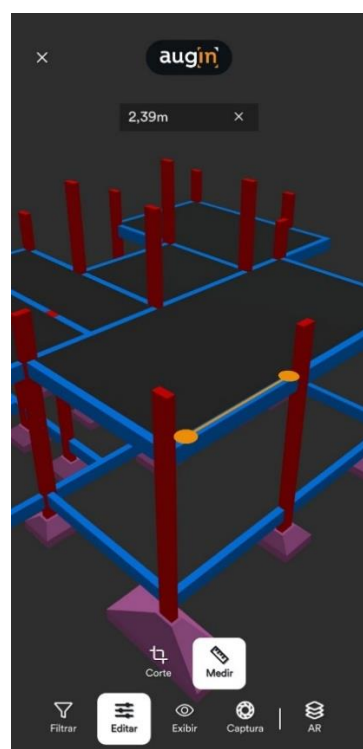
Editar: é possível fazer cortes ou tirar medidas, conforme as Figuras 60 e 61.

Figura 60 – Opção de corte



Fonte: Autor (2023)

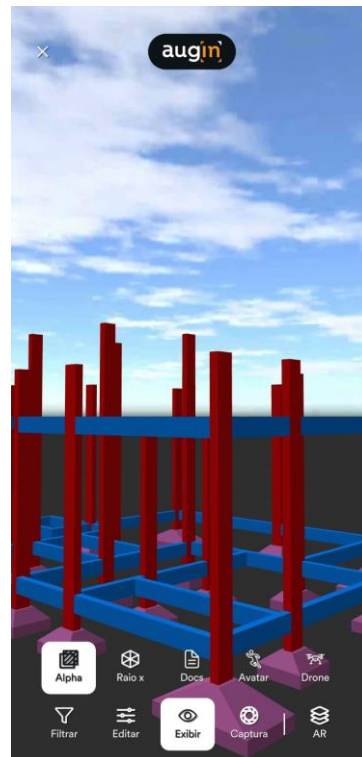
Figura 61 – Obtendo uma medida no modelo



Fonte: Autor (2023)

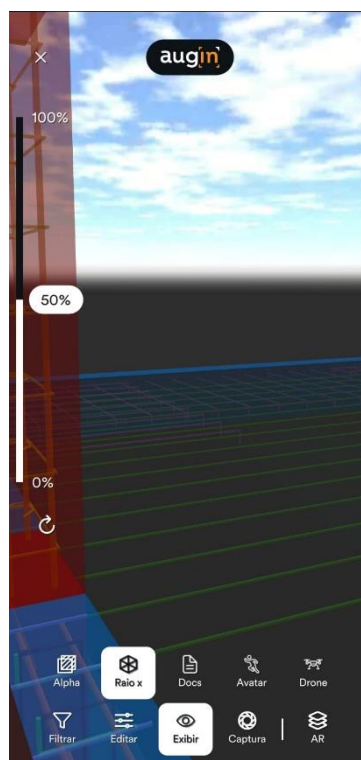
Exibir: é possível ativar o canal *alpha* de visualização, tendo maior utilidade quando a estrutura foi importada com o concreto representado ao invés das cores, para diferentes tipos de visualização (Figura 62), modo raio X (Figura 63), para visualização das armaduras, ver documentações carregadas (Figura 64), colocar um personagem num local do edifício (Figura 65), para navegar através dele e ter mais noção de espaço dos ambientes, e se movimentar pelo ponto de vista de um *drone* (Figura 66).

Figura 62 – Visualização *alpha*



Fonte: Autor (2023)

Figura 63 – Visualização raio X



Fonte: Autor (2023)

Figura 64 – Nenhuma documentação carregada



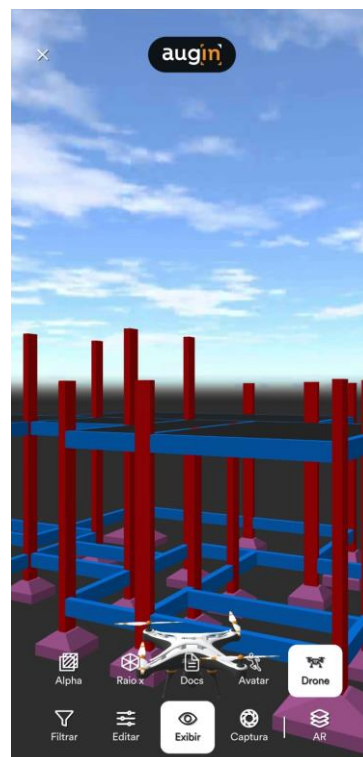
Fonte: Autor (2023)

Figura 65 – Personagem de navegação



Fonte: Autor (2023)

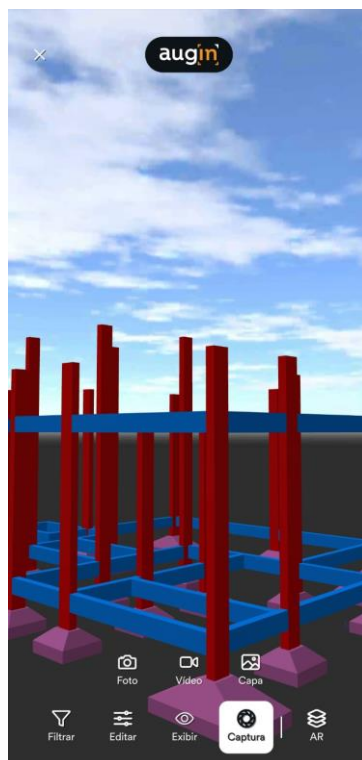
Figura 66 – Navegação por *drone*



Fonte: Autor (2023)

Captura: é possível obter imagens e vídeos do projeto, conforme mostrado na Figura 67.

Figura 67 – Ferramenta de captura



Fonte: Autor (2023)

A quinta e última aba é a “AR”. É a partir dessa opção que é possível projetar o modelo em realidade aumentada. Ao clicar, será aberto a câmera do aparelho, para que o aplicativo possa reconhecer uma superfície capaz de “receber” a projeção. Para isso basta aponta-lo para um plano, com boas condições de iluminação, até que surja uma nuvem de pontos, conforme a captura de tela na Figura 68.

Essa nova tela dispõe dos mesmos 4 ícones para o controle da interação, sendo a única diferença o “3D”, que aparece por último, para retornar ao modo de exibição apenas do modelo tridimensional isolado.

As capturas de tela a seguir foram obtidas a partir da própria aplicação pela opção “Captura”, portanto não são mostrados os ícones na parte inferior, num espaço plano, livre de obstáculos e não edificado dentro da universidade. Tais imagens servem para descrever como seria, em campo, a aplicação da RA do projeto do TQS.

Figura 68 – Reconhecimento da superfície



Fonte: Autor (2023)

Após o reconhecimento pelo aplicativo, basta clicar e a representação 3D já será exibida, conforme a Figura 69. Como citado, as sapatas e as baldrameas estarão sob o solo em 60 cm, na finalidade de demonstrar melhor a proposta com toda a estrutura.

Figura 69 – Modelo virtual projetado no mundo real



Fonte: Autor (2023)

Com a opção de “Escala” é possível aumentar até o tamanho 1:1, tornando-a do real tamanho caso o projeto realmente tivesse sido construído. Conforme as Figuras 70 e 71 é possível observar diferentes proporções.

Figura 70 – Alterando a escala



Fonte: Autor (2023)

Figura 71 – Escala 1:1



Fonte: Autor (2023)

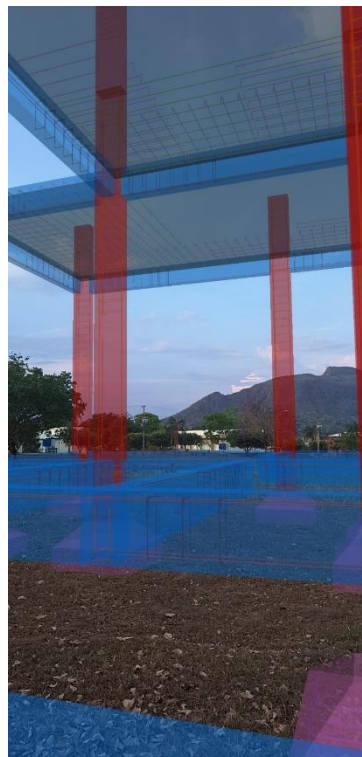
Nas Figuras 72 e 73 observa-se o a projeção em seu modo normal e com o modo raio x ativado, respectivamente.

Figura 72 – Modelo colorido



Fonte: Autor (2023)

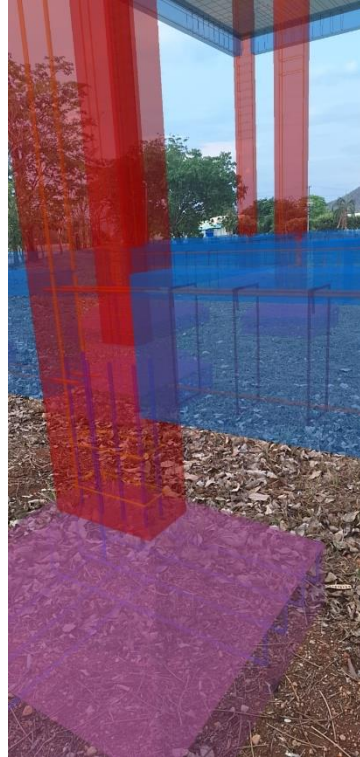
Figura 73 – Modo raio X ativado



Fonte: Autor (2023)

Na Figura 74 é possível observar uma fundação, um pilar e algumas vigas de maneira mais aproximada. Nota-se como estão dispostas as armaduras das fundações, dos pilares, das vigas, as dobras, o comprimento dos arranques do pilar e as emendas.

Figura 74 – Interseção dos elementos estruturais



Fonte: Autor (2023)

Outra informação que pode ser extraída de um projeto assim é a análise de interferências com elementos naturais ou outras edificações no entorno. Esse estudo pode explanar de maneira bem específica as vegetações que serão afetadas, sendo possível tomar novas decisões de *layout* arquitetônico, caso seja decido mantê-la, ou preservar uma espécie em extinção. A Figura 75 ilustra a sobreposição em uma árvore.

Figura 75 – Análise de locação



Fonte: Autor (2023)

4.1 Precisão

O método descrito anteriormente permite que a edificação seja projetada sobre qualquer espaço reconhecido pelos sensores do dispositivo. Porém, para ser utilizada em obra, essa referência necessita de precisão para ser mais útil, devendo ser estabelecida ainda em fase de projeto. Isso dá-se através da locação de um ponto de referência, para que esse modelo seja criado a partir daquele local, garantindo que a sobreposição no mundo real esteja de acordo com o projetado no mundo virtual.

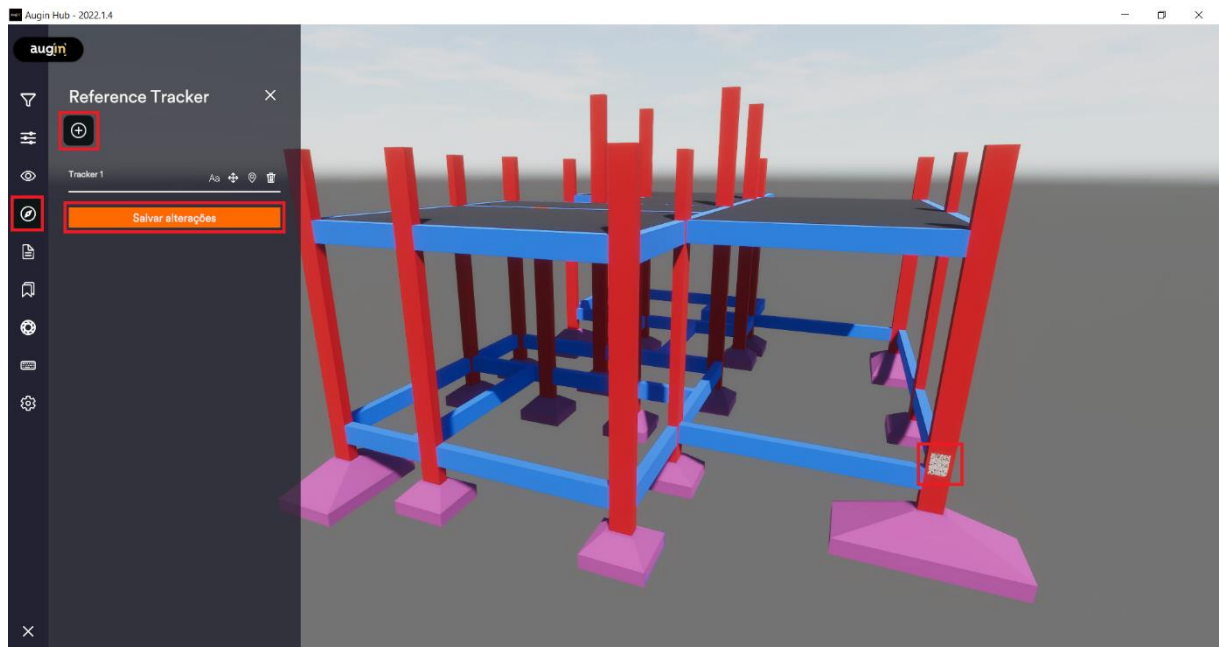
Para essa compatibilização de referência o Augin dispõe de um código rastreador, que é um desenho padrão que deve ser impresso, no qual o aparelho consegue fazer a leitura e projetar automaticamente. Ainda em fase de planejamento no computador, o projetista posiciona esse elemento em um local que não sofrerá mudanças ao longo da construção, podendo ser a placa da obra ou um canto da calçada, mantendo-o sempre em uma superfície plana. Então, ao ser carregado para o sistema do Augin o projeto contará com esse referenciamento. Quando for iniciar a execução, o código que deverá estar fixado em um desses locais, será lido pela câmera do *smartphone* e a projeção será como foi definida.

O código de leitura, chamado de “Reference Tracker”, mostrado no Anexo – A está disponível para dispositivos compatíveis com as bibliotecas de RA de cada sistema operacional *mobile*: para o *Android* é o ARCore e, para o *iOS* o ARKit. Caso o dispositivo não seja compatível, é disponibilizado ainda pela empresa o “Alvo Padrão”, conforme apresentado no Anexo – B. Também funciona pelo princípio do escaneamento, porém de forma mais simplificada em relação a precisão, pois não utiliza os mesmos sensores para mapeamento e não oferece suporte a projeção do modelo 3D em escala 1:1 a partir de um ponto de referência.

Para o posicionamento do referenciador no projeto, é necessário estar com a versão para *desktop* do Augin instalada: o Augin Hub. O *download* está disponível gratuitamente no *site* da empresa. Ao abrir o programa, será possível de navegar pelo modelo através do teclado e *mouse*, porém a opção de RA não estará disponível.

Como esse trabalho está focado no projeto estrutural, sendo carregado ao Augin apenas o pórtico, o ponto de locação do referenciador será em um de seus elementos com finalidades de exemplificação. Para tal, foi suposto que este localizador estaria em um pilar já construído, como mostrado na Figura 75.

Figura 75 – Posicionamento do “Reference Tracker”

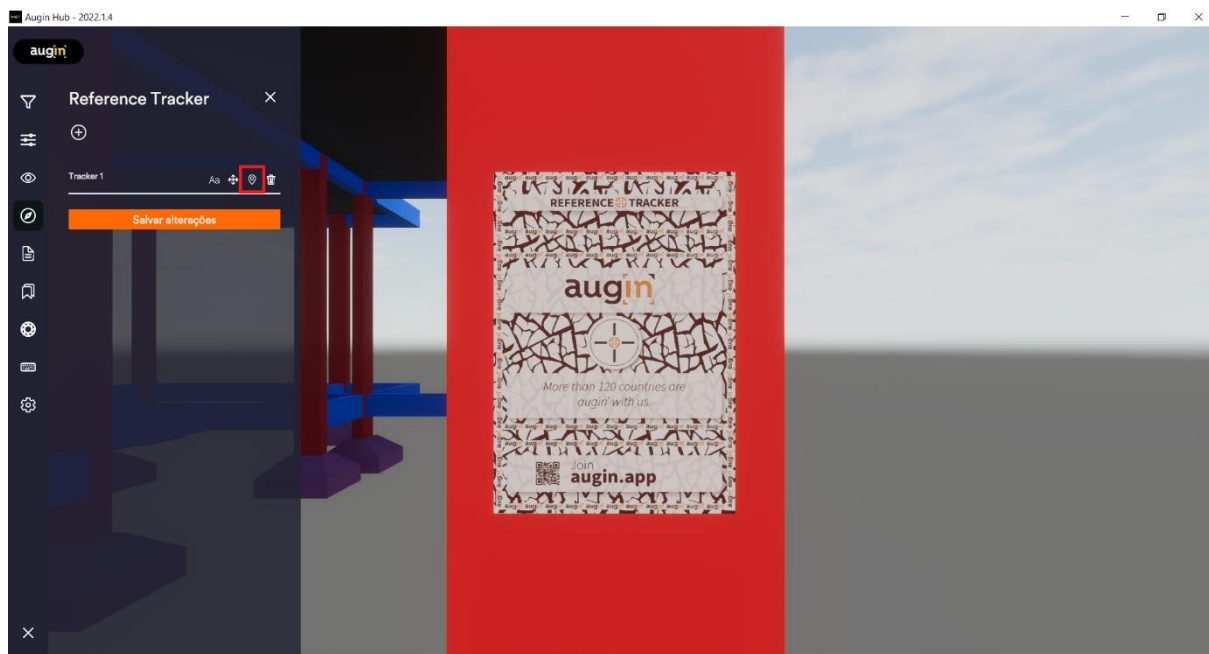


Fonte: Autor (2023)

Na Figura 76 é aproximado a visão do código para supor um local de possibilidade de aplicação. Portanto, seria, ao apontar a câmera para essa referência que, em obra, o modelo ia

ser carregado, com precisão de milímetros, a depender da variabilidade dos sensores do *smartphone*.

Figura 76 – “Reference Tracker” no pilar



Fonte: Autor (2023)

Para um bom funcionamento do aplicativo, a desenvolvedora recomenda que o dispositivo seja compatível com o Google ARCore ou iOS ARKit e que possua mais de 4 GB de memória RAM.

A utilização da tecnologia que envolve a combinação de realidades no setor da construção civil traz várias possibilidades de aplicação. Sendo o estudo de viabilidade construtiva e a possibilidade de acesso a informações referentes a cada elemento estrutural de maneira intuitiva pontos a serem destacados.

Implantar a tecnologia em canteiro às equipes exige treinamento e um certo custo inicial para a disponibilização de equipamentos e aquisição das aplicações para que todos os que estão envolvidos na obra possam ter acesso. Portanto, as vantagens provenientes da conciliação da tecnologia tornam o dia-a-dia na obra mais eficiente.

Como exemplificado aqui, a RA proporciona eficiência na execução, pois facilita a compreensão da leitura de projetos, reduz as possíveis dúvidas e aumenta a precisão na locação dos elementos e suas dimensões, possibilita carregar documentos digitais que auxiliem no andamento, ver as armaduras no interior das peças, analisar possíveis interferências entre a

vegetação, relevo e edificações ao redor para cálculos de terraplanagem, fundações e limpeza do terreno, e permite a análise em escala do modelo a ser construído.

Todas essas características permitem que o tocar da obra ocorra de maneira mais fluida, com menos atrasos por espera de informação e diminuição de custos com retrabalho. Dentre os vários *softwares* de dimensionamento e projeção em realidades alternativas, foram escolhidos o TQS e o Augin, pois, ambos são empresas brasileiras, operando de acordo com as normas do país e possuem planos gratuitos/estudantis, sendo possível testar as funcionalidades dessa integração e demonstração.

Durante a utilização do Augin, foi possível notar que algumas armaduras não estavam aparecendo, mesmo alterando os filtros, principalmente das lajes. Esse foi um dos pontos que pode causar ainda um certo impasse na adesão. Outro fato a ser notado foi a necessidade de conexão com a *internet* para carregar o projeto, que nem sempre pode estar disponível dependendo do local em que a obra será realizada.

5 CONCLUSÃO

Os dispositivos móveis e suas capacidades de processamento tornam-os ferramentas extremamente versáteis em diversas áreas profissionais. Como apresentado no presente trabalho, a incorporação desses aparelhos no contexto de dimensionamento e execução de obras em concreto armado já é totalmente possível e viável.

Para um projetista estrutural que utiliza o TQS como programa de análise estrutural, não haverá complicações na exportação, visto que o procedimento é feito uma única vez e somente no final, quando todos os dimensionamentos e verificações já foram realizados. Levará apenas alguns cliques e minutos até o arquivo ser carregado no sistema do Augin.

Para aqueles que estão em obra, a quantidade de informações dispostas de maneira gráfica e mais próxima do edifício final, com projeções sobrepostas na realidade de onde cada elemento estrutural estará locado, promovendo uma construção mais ágil e menos propensa a erros e retrabalhos.

Por questões de portabilidade, um telefone celular é bem mais fácil de se operar em situações corriqueiras, ao invés de ir atrás do projeto impresso em papel, com o responsável pela execução. O tempo ganho com a tecnologia aplicada é significativo e extremamente valioso.

Além do mais, a leitura do papel exige um tempo maior para ser feita nesses casos, pois dependendo do tamanho do projeto, o elemento terá que ser buscado dentro das pranchas. Já com o aplicativo, basta selecionar o mesmo de forma direta e a maioria das informações referentes a execução estarão dispostas ali, conforme mostrado anteriormente na Figura 57.

Ainda que tendo sua utilidade, a ferramenta deve ser utilizada com cautela. Como uma das maneiras de interação na plataforma é a possibilidade de andar, alterando o posicionamento da vista no modelo, permitindo que a noção de espaço da edificação e dos ambientes sejam mais imersivas, deslocar-se com um celular num terreno de construção sem cuidados pode ser perigoso, por questões como escavações para as fundações ou manuseio em pavimentos elevados.

Além do mais, o ambiente ao redor do operador deve estar sempre em condições que o permitam “passear” pela obra e acompanhado, para evitar acidentes causados por distração do mundo real a sua volta.

Portanto, a tecnologia traz mais uma possibilidade de inovação na indústria da construção civil. Para ser aplicada, as empresas ou profissionais que desejam implantar esse

método em seus projetos devem investir em cursos pessoais, equipamentos tecnológicos descritos aqui e treinamento das equipes para que tudo possa ocorrer de maneira eficiente.

Como é uma tecnologia ainda recente, sendo possibilitada principalmente pela ascensão dos *smartphones* na última década, ainda existem vários fatores a serem melhorados, como a precisão em relação à qualidade dos sensores dos dispositivos, da disposição das armaduras, a estabilização do modelo em tela ao caminhar e a utilização de rede de dados para carregá-lo toda vez que a aplicação for aberta.

Para tais melhorias é necessário que o *hardware* dos celulares também evolua. Como isso ocorre com o passar dos anos, o *software* deve seguir essas mudanças também com o passar dos anos. Entretanto, já é possível obter grandes melhorias no canteiro com o que disponível hoje.

Enfim, esse trabalho tem a finalidade de exemplificar como integrar vários programas computacionais para que possam resultar num projeto mais completo e uma execução mais assertiva. Ainda, incentivar a adesão e incorporação dessas ferramentas no campo da engenharia civil através de um processo descritivo do roteiro para utilização, bem como os aspectos benéficos ao todo do que é possível extrair com os investimentos no setor da tecnologia na construção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações para o cálculo de estruturas de edificações**, NBR 6120. Rio de Janeiro, ABNT, 2019, 61p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**, NBR 6118. Rio de Janeiro, ABNT, 2023, 242p.

AUGIN. **Plataforma de realidade aumentada para Arquitetura, Engenharia e Construção**. Disponível em: <https://augin.app>. Acesso em: 06 out. 2023.

AUTOCAD. **Autodesk**. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>. Acesso em: 06 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.306**, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 abr. 2020.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA 4.0. **PLANO DE AÇÃO DA CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA 4.0 DO BRASIL**. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologiasSetoriais/Camara_I40__Plano_de_Acao_Camara_brasileira.pdf Acesso em: 19 ago. 2023.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **10 motivos para evoluir com o BIM** – 2ª Edição. Brasília: CBIC, 2017.

CARDOSO, M. C. **AUTODESK® CIVIL 3D 2020: APLICAÇÕES BIM PARA PROJETOS DE INFRAESTRUTURA**. São Paulo: Editora Érica, 2020.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: Segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2014.

ELLIS, G. **The Power of Augmented Reality (AR) in Construction**. Disponível em: <https://constructionblog.autodesk.com/augmented-reality-ar-construction/> Acesso em: 19 ago. 2023.

FERRARO, N. **Ferramentas BIM em gestão de projetos**. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020.

HILGENBERG, F. B.; SANTOS JUNIOR, G. M. dos. **Estratégias de implementação BIM nas organizações**. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020.

JERALD, Jason. **The VR book: human-centered design for virtual reality**. Morgan & Claypool, 2015.

KIMURA, A. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br> Acesso em: 18 ago. 2023.

MEIRELLES, F. S. **Panorama do Uso de TI no Brasil**. Pesquisa do Uso de TI. FGV EAESP. Centro de Tecnologia de Informação Aplicada. São Paulo. 2023. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u68/fgvcia-pesti-panorama-2023.docx> Acesso em: 17 ago. 2023.

MEIRELLES, F. S. **Pesquisa do Uso da TI – Tecnologia de Informação nas Empresas**. Pesquisa do Uso de TI. FGV EAESP. Centro de Tecnologia de Informação Aplicada. São Paulo. 2023. Disponível em: https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u68/pesti-fgvcia-2023_0.pdf Acesso em: 17 ago. 2023.

MICROSOFT. **Microsoft HoloLens** | Tecnologia de realidade misturada para empresas. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/hololens> Acesso em: 20 ago. 2023.

REVIT. **Autodesk**. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>. Acesso em: 06 out. 2023.

SACKS, R.; EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

SIENGE. **Maturidade BIM no Brasil**. Disponível em: <https://siengeprod.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2022/09/maturidade-bim-no-brasil-2022.pdf> Acesso em: 19 ago. 2023.

TORI, R; HOUNSELL, M. da S. (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020. 496p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PROJETO ARQUITETÔNICO

APÊNDICE B – LOCAÇÃO DAS FUNDAÇÕES

APÊNDICE C – FUNDAÇÕES

APÊNDICE D – FUNDAÇÕES

APÊNDICE E – FÔRMA TÉRREO

APÊNDICE F – FÔRMA PD

APÊNDICE G – LAJES - ARMADURAS POSITIVAS

APÊNDICE H – LAJES - ARMADURAS NEGATIVAS

APÊNDICE I – ARMADURA DE CISALHAMENTO E PUNÇÃO

APÊNDICE J – FÔRMA PLATIBANDA

APÊNDICE K – VIGAS TÉRREO

APÊNDICE L – VIGAS TÉRREO 2

APÊNDICE M – VIGAS PD

APÊNDICE N – PILARES

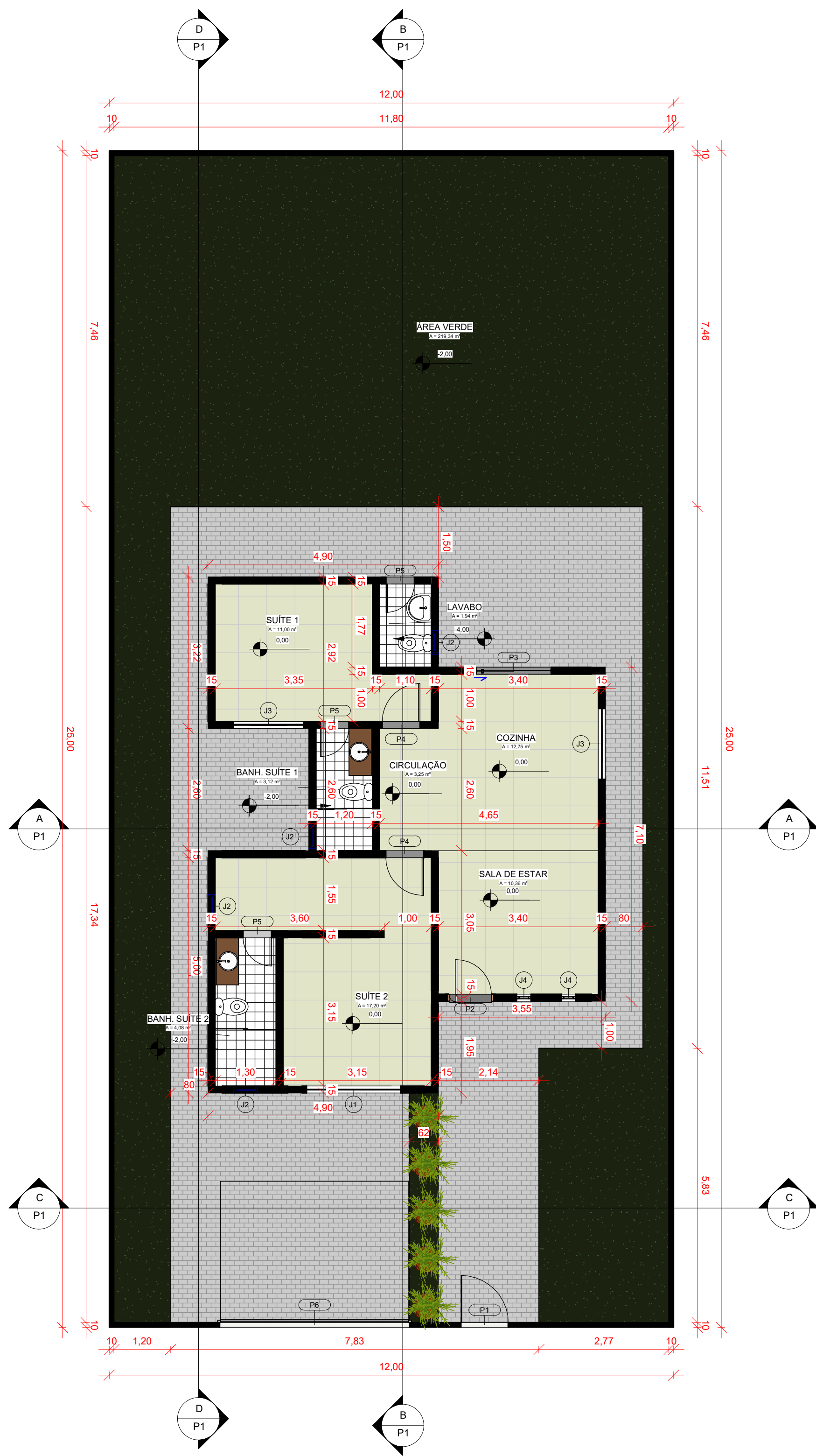
APÊNDICE O – PILARES 2

APÊNDICE P – FÔRMA DA CAIXA D'ÁGUA

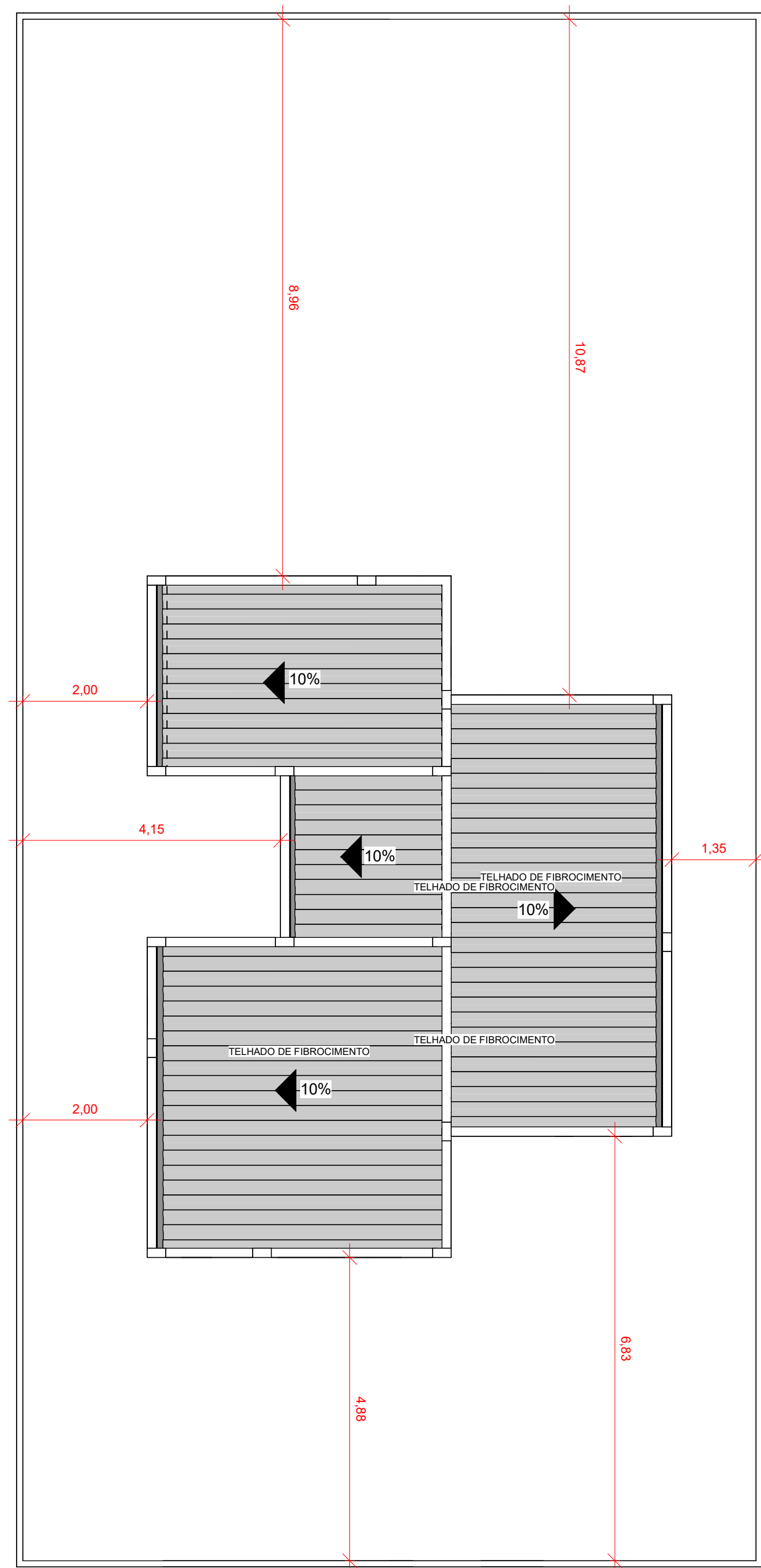
ANEXOS

ANEXO A – “REFERENCE TRACKER” DO AUGIN

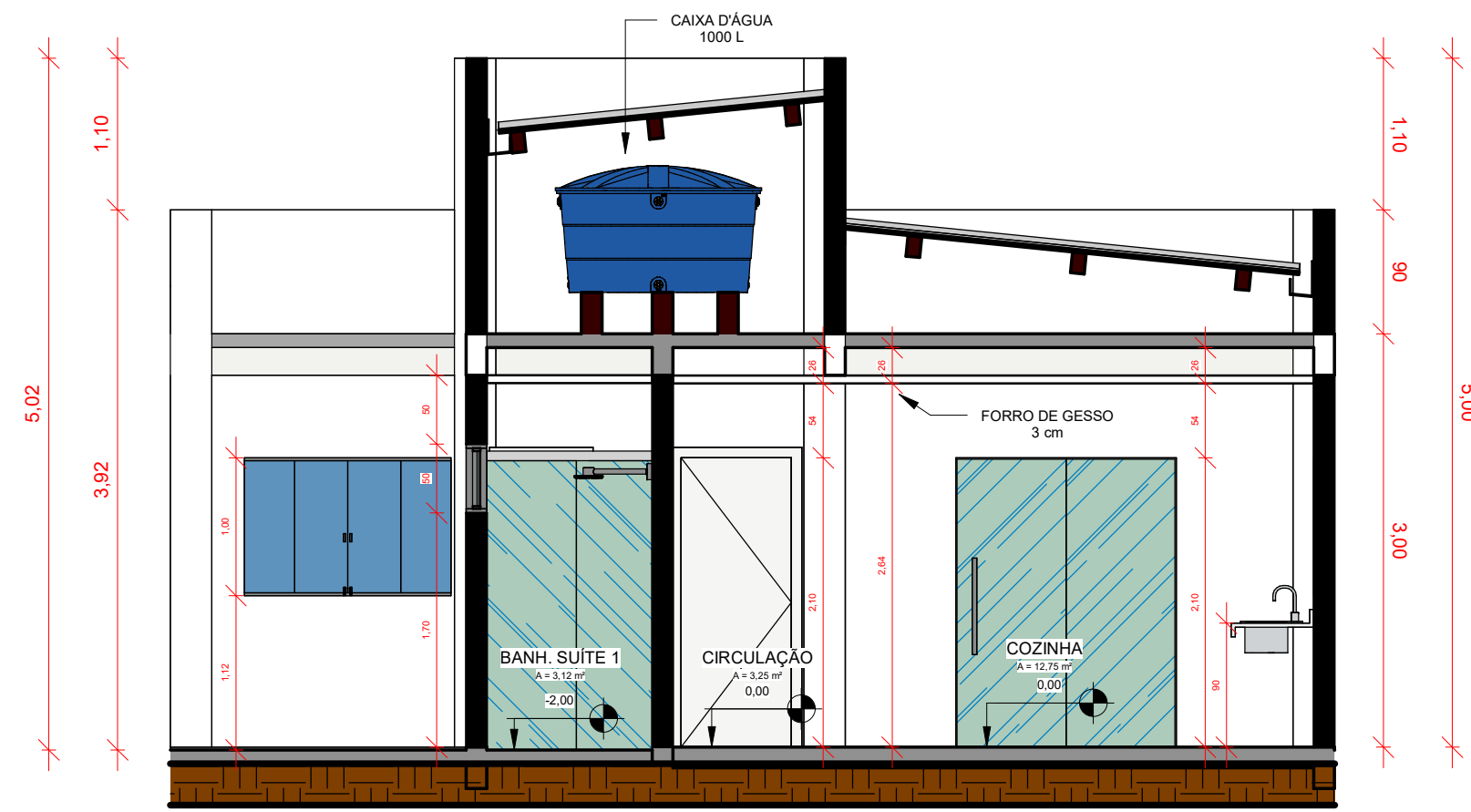
ANEXO B – “ALVO PADRÃO” DO AUGIN



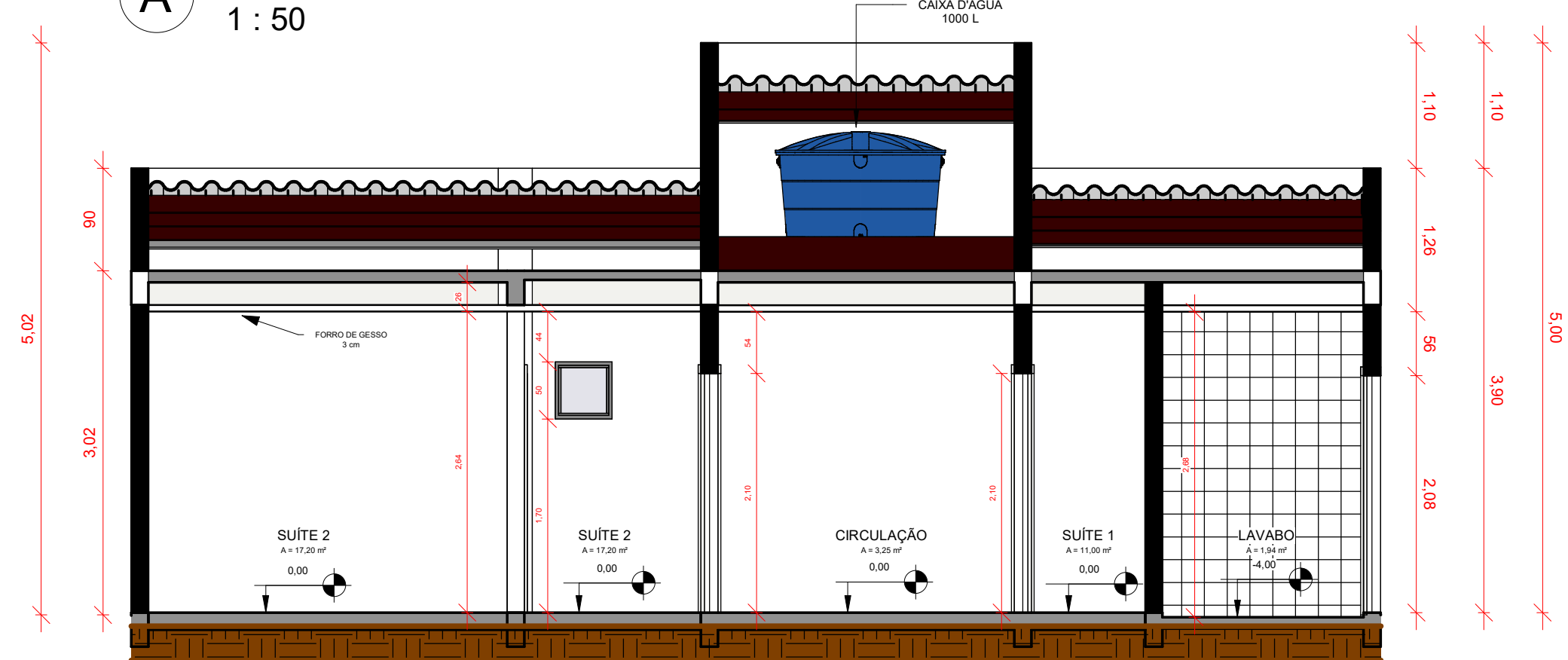
1 PLANTA BAIXA
1 : 75



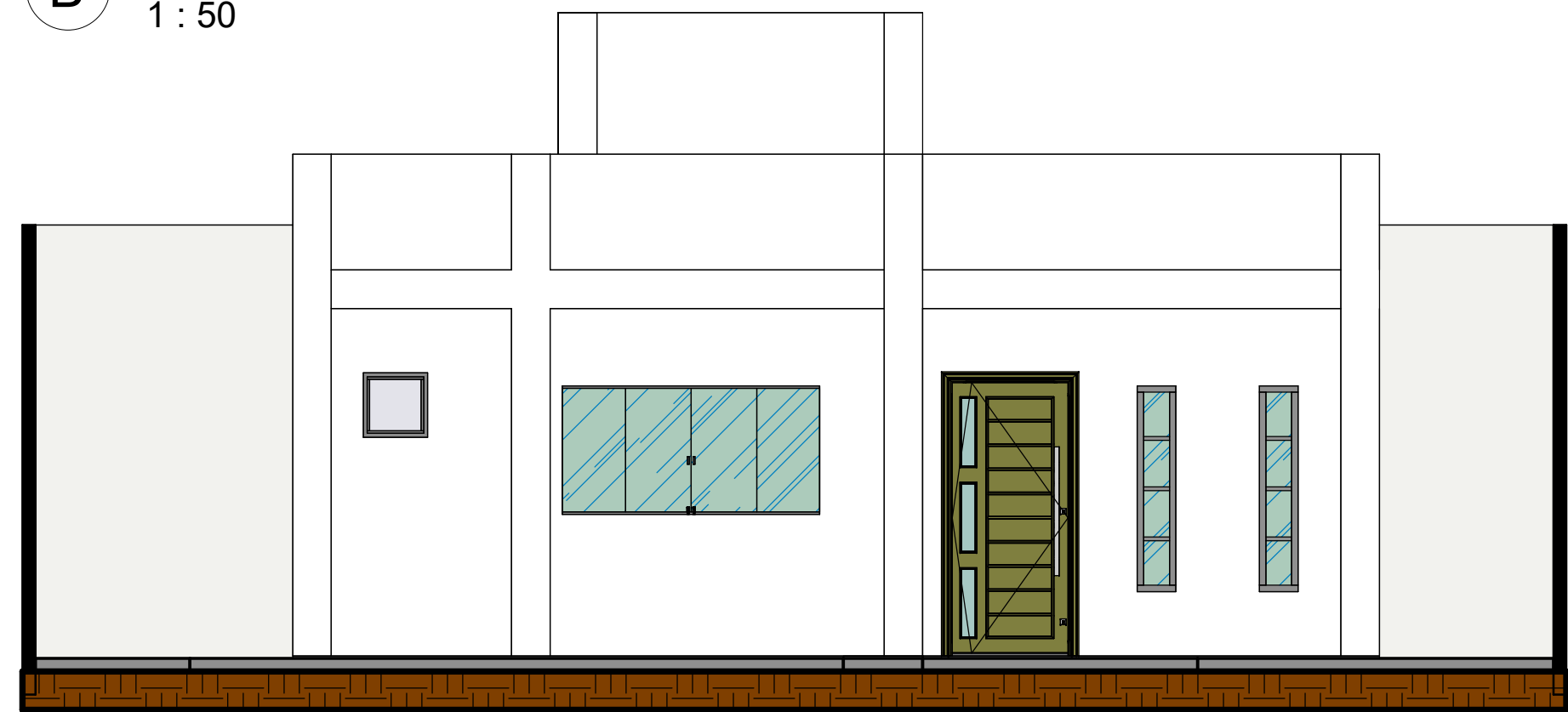
2 COBERTURA E LOCAÇÃO
1 : 75



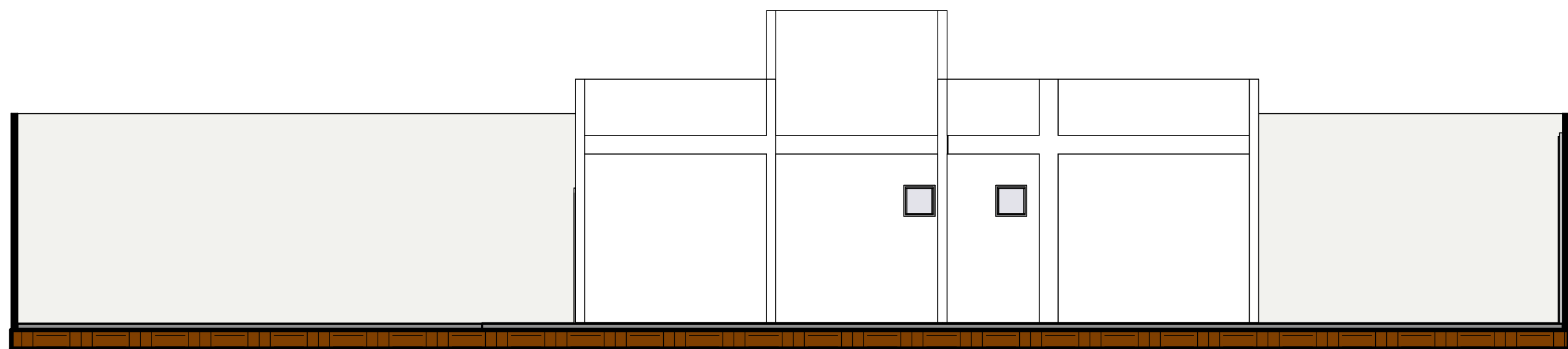
A Corte AA
1 : 50



B Corte BB
1 : 50



C FACHADA
1 : 50



D FACHADA LATERAL
1 : 75

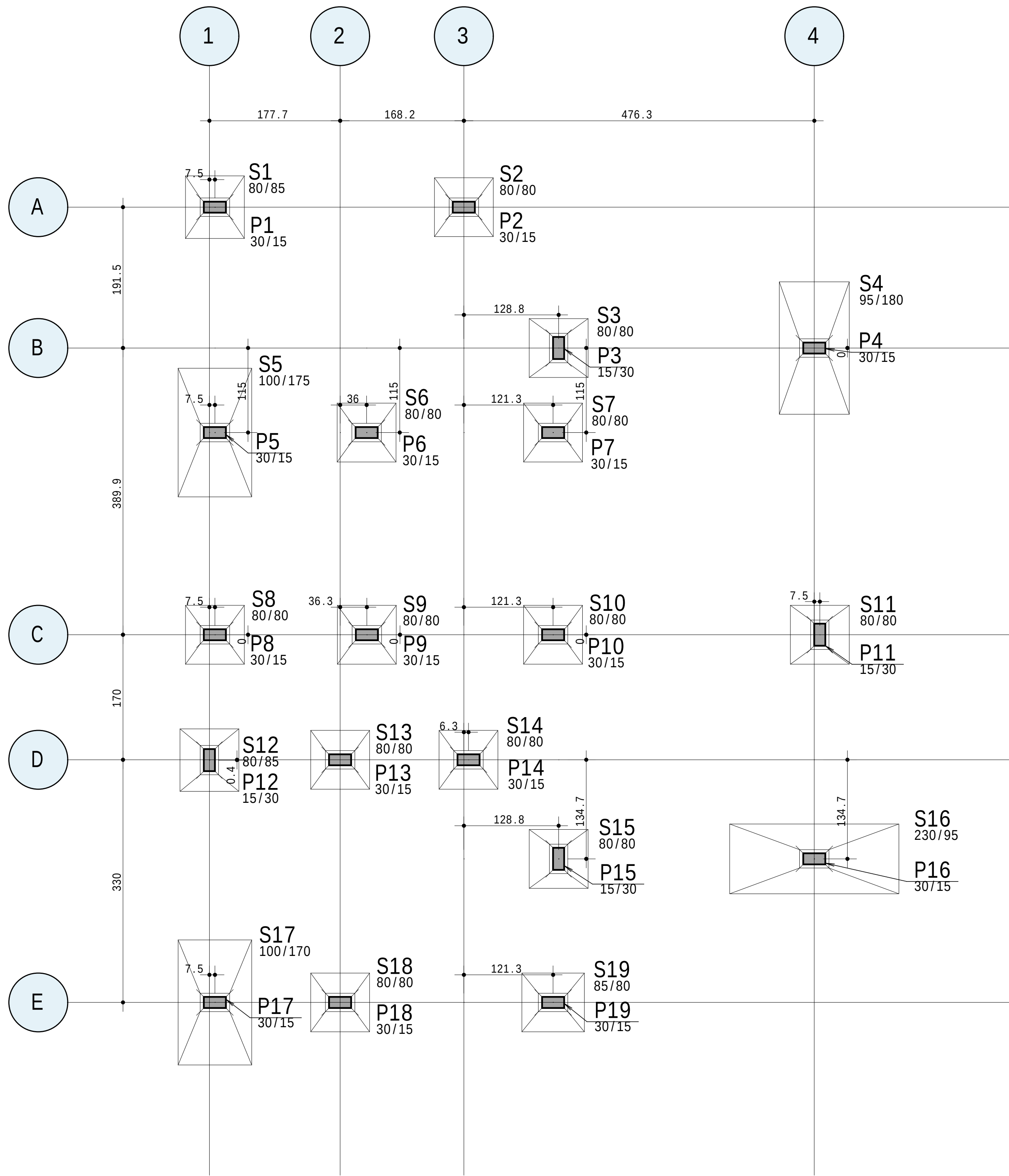
Tabela de ambientes	
Nome	Área
BANH. SUÍTE 1	3,12 m²
BANH. SUÍTE 2	4,08 m²
CIRCULAÇÃO	3,25 m²
COZINHA	12,75 m²
LAVABO	1,94 m²
SALA DE ESTAR	10,36 m²
SUÍTE 1	11,00 m²
SUÍTE 2	17,20 m²
ÁREA VERDE	219,34 m²

Tabela de janelas					
Tipo	Dimensões	Altura do peitoril	Quantidade	Marca de tipo	
Janela de Correr - 4 Folhas - 2 Fixas 2 de Correr -	2.0x1.0m	110,00	1	J1	
Janela Maxim-ar - Vidro	0,50x0,50 - 1 Folha	<varia>	4	J2	
Janela de Correr - 4 Folhas - 2 Fixas 2 de Correr - Blindex	1.50x1.00m	110,00	2	J3	
Janela Maxim-Ar Vertical - 4 Folhas - Alumínio e Vidro	0.30x1.60m	50,00	2	J4	

Tabela de portas			
Tipo	Dimensões	Quantidade	Marca de tipo
Porta de Abrir - 1 Folha - Vidro	1.00x2.10m	1	P1
Porta Pivoltante de Abrir - 1 Folha	0.90x2.10m	1	P2
Porta de Correr - 2 Folhas - 1 Fixa 1 de Correr - Blindex	1.60x2.10m	1	P3
Porta de abrir - Madeira - 1 folha	0,80 x 2,10 m	2	P4
Porta de abrir - Madeira - 1 folha	0,60 x 2,10 m	3	P5
Portão de metalon	2.4m x 2m	1	P6

ESTUDO - NÃO EXECUTAR

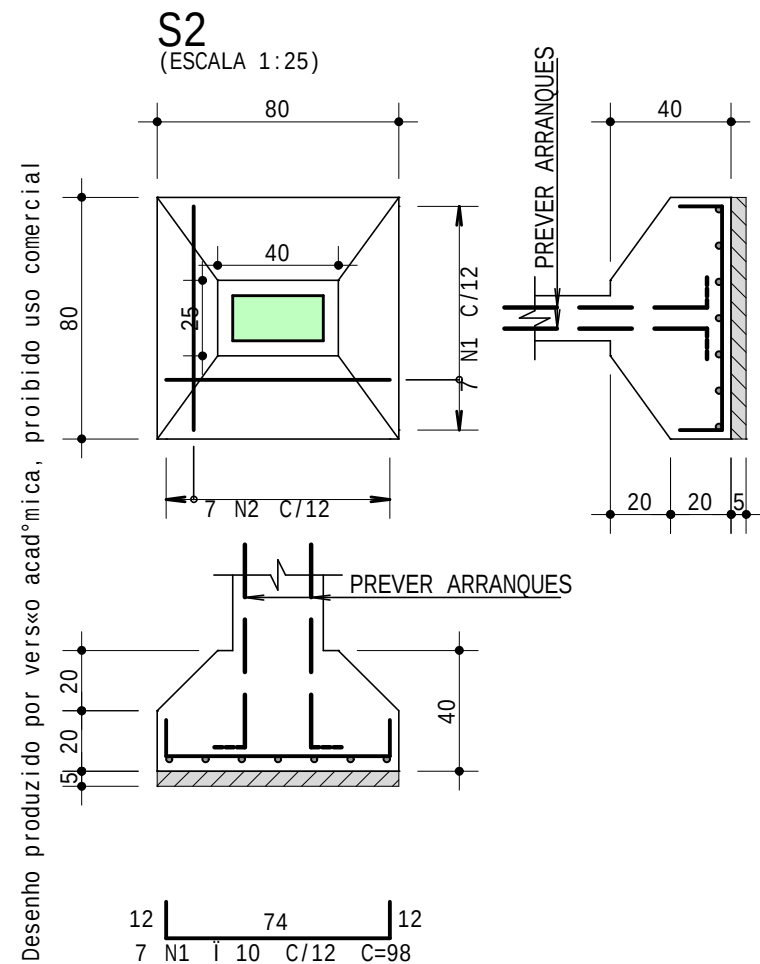
Desenho produzido por vers« acadªmica, proibido uso comercial



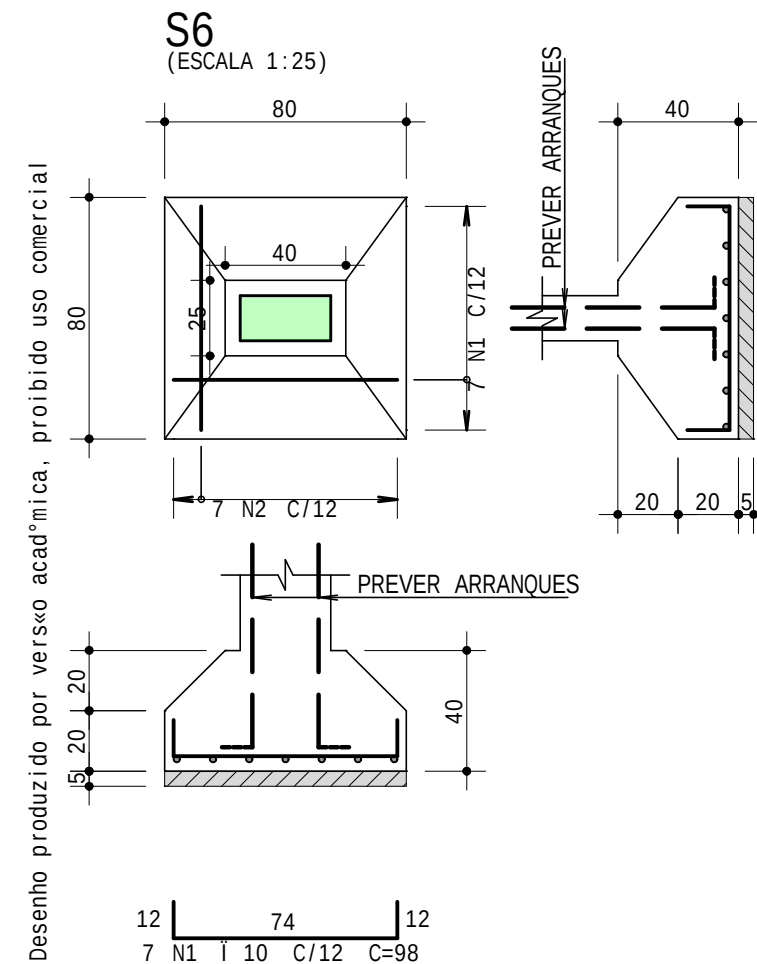
CONCRETO fck = 30 MPa				OBRA N.º 0001
CLIENTE João da Silva				DES. N.º 01/15
OBRA Residência RA				REV. N.º 00
TÍTULO LOCAÇÃO - FUNDAÇÕES				ENG. N.º
DATA 05/10/2023	ESCALA 1:40	DESENHO RES-FUN-FOR-026-R00	COORD.	

TQS VERSÃO EDUCACIONAL NÍO COMERCIAL PL RES-FUN-FUN-024-R00-RLT 05/10/2023 19:54:55

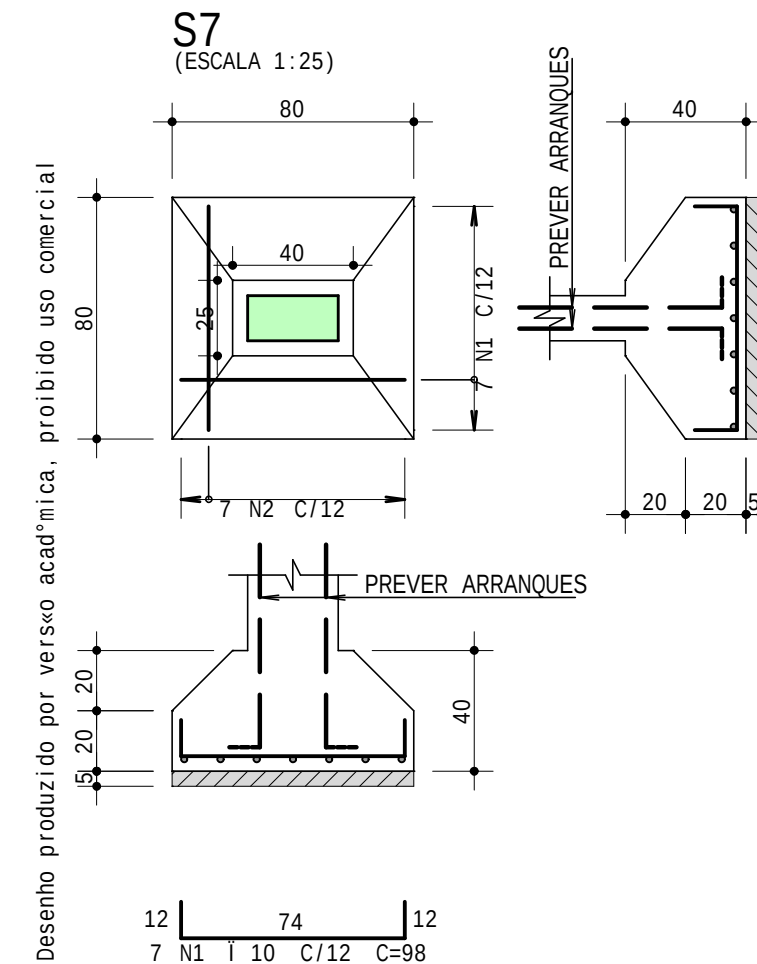
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



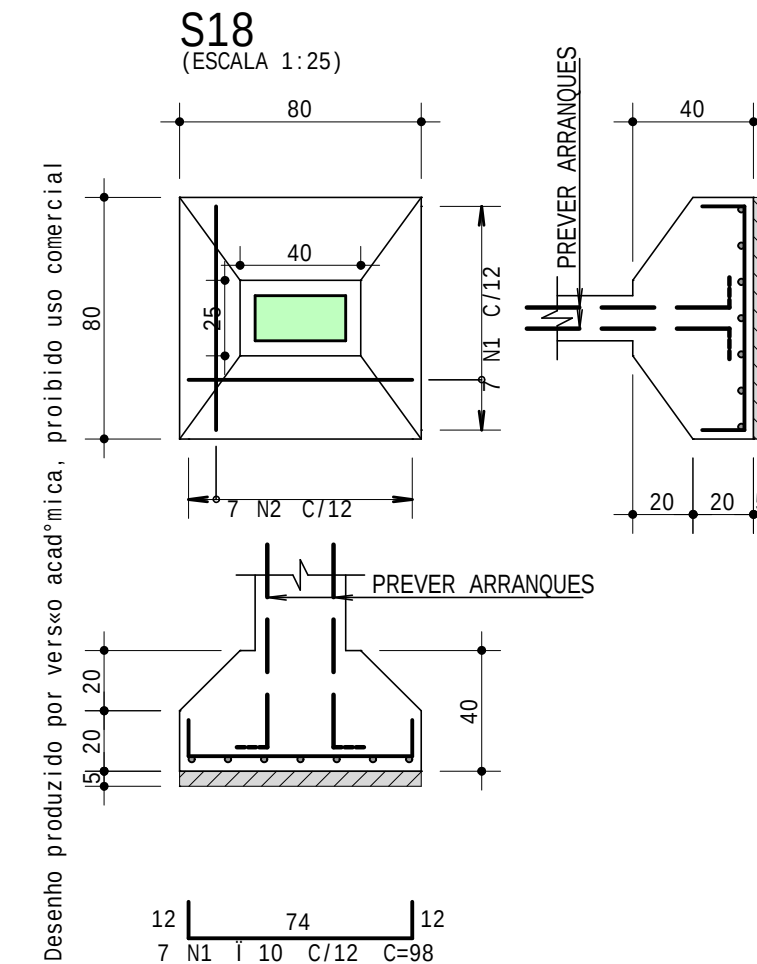
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



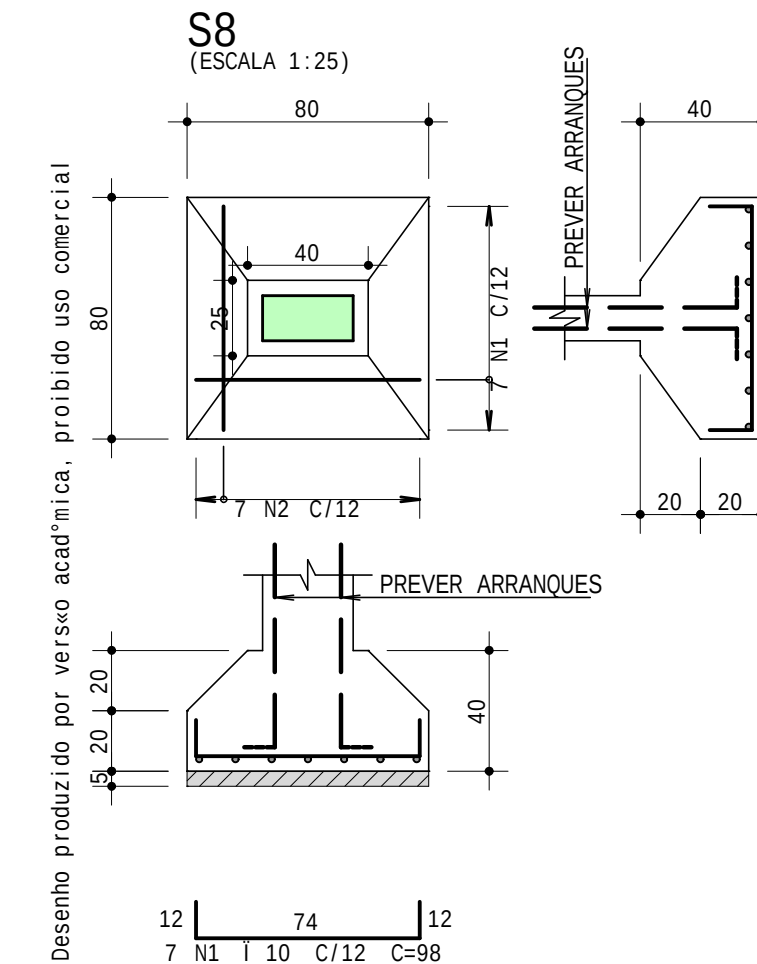
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



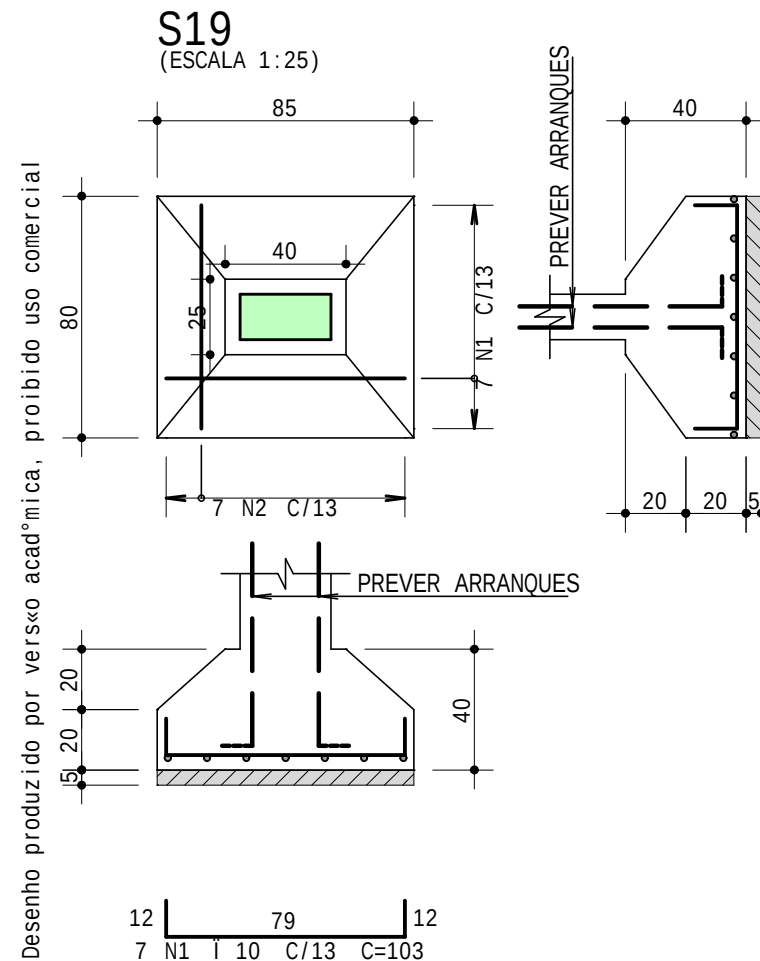
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



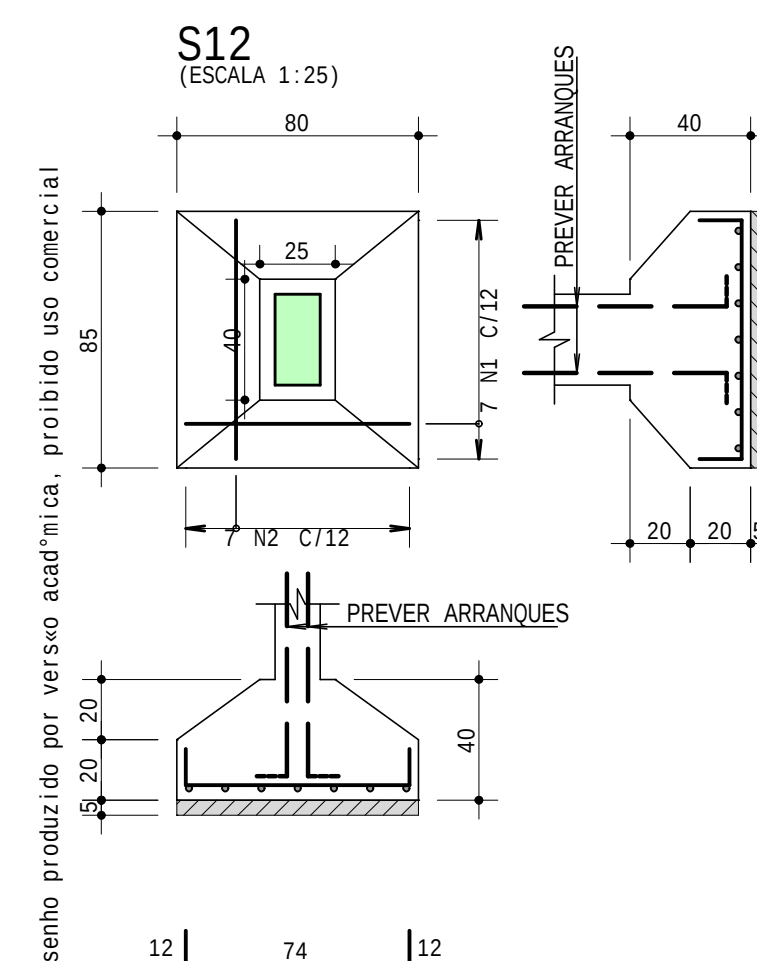
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



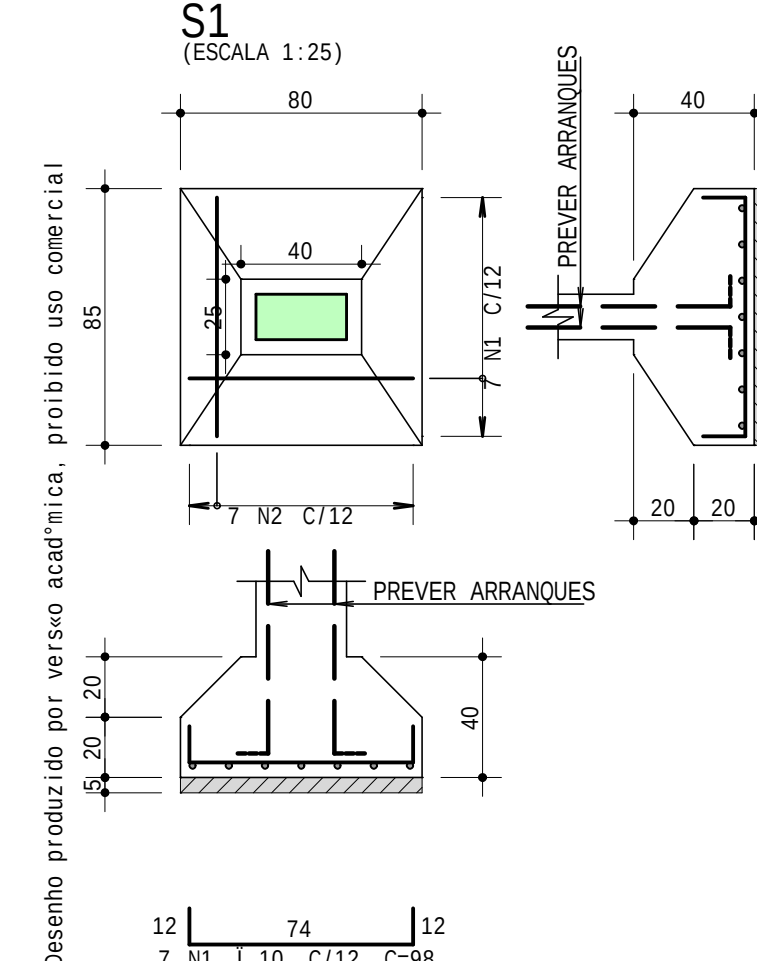
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



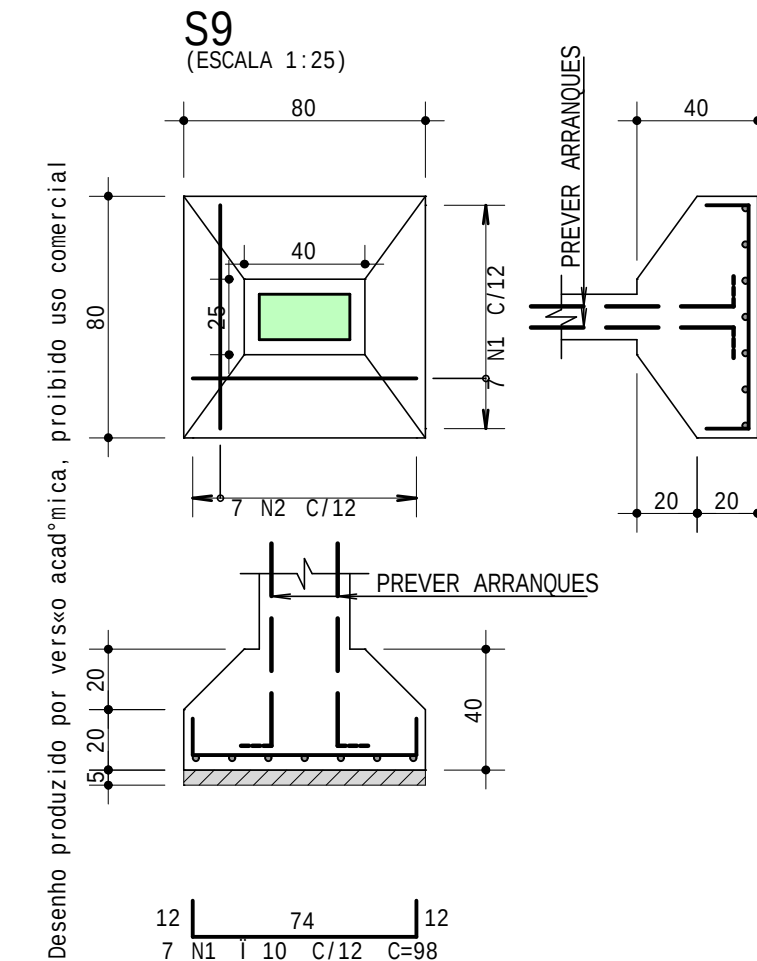
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



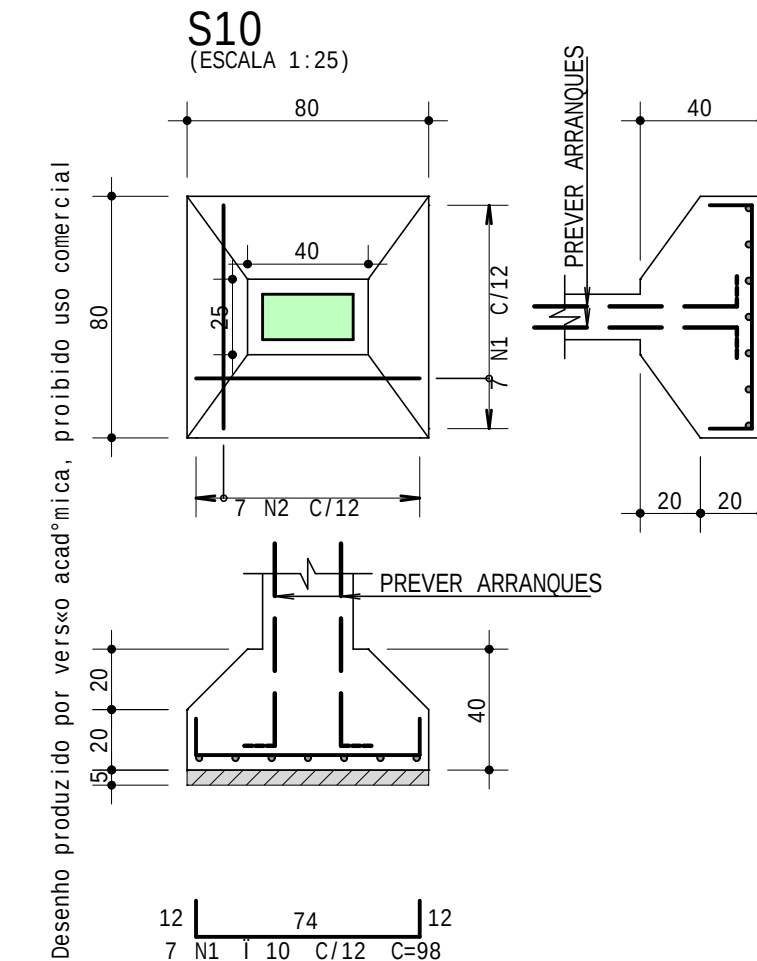
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



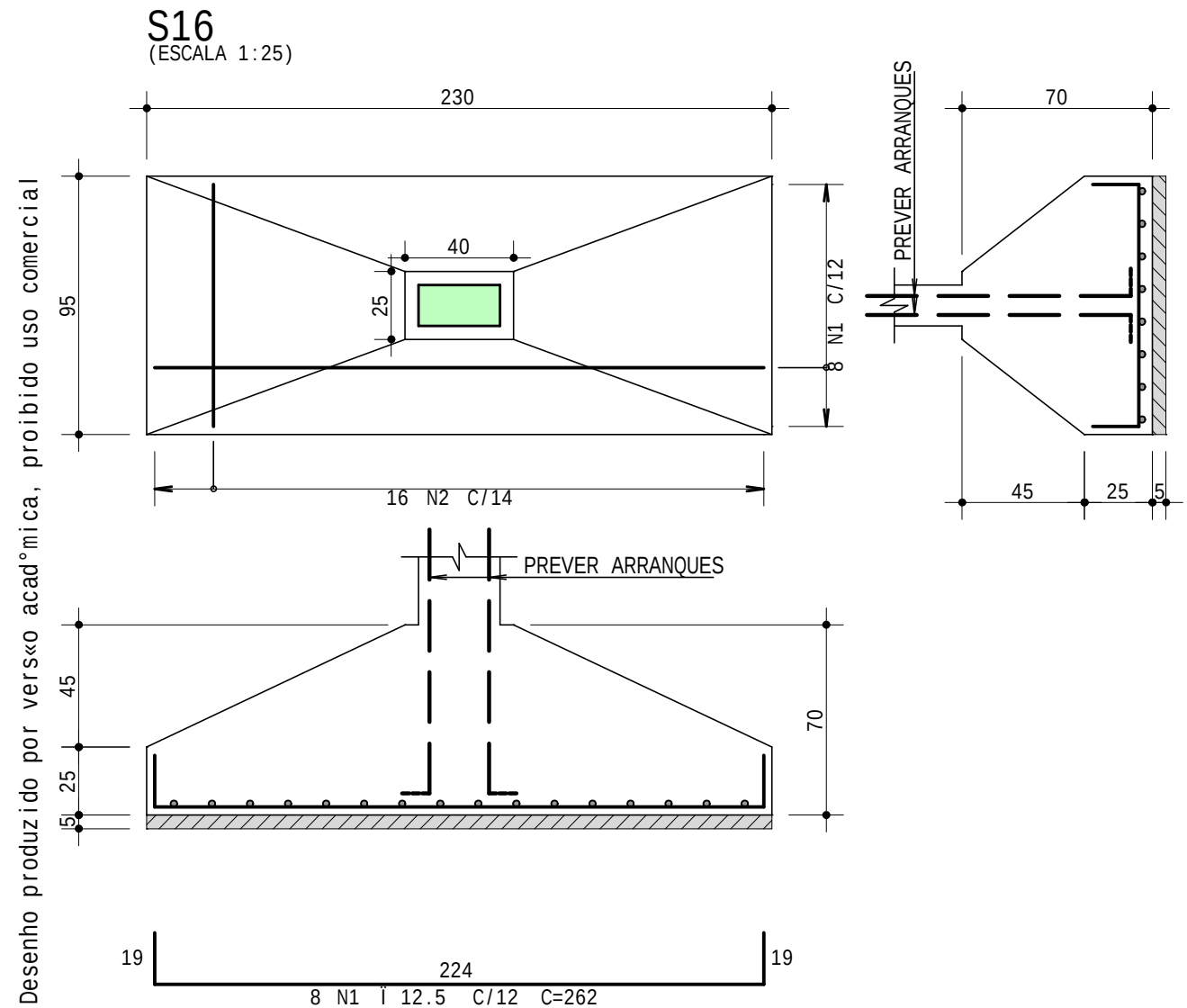
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



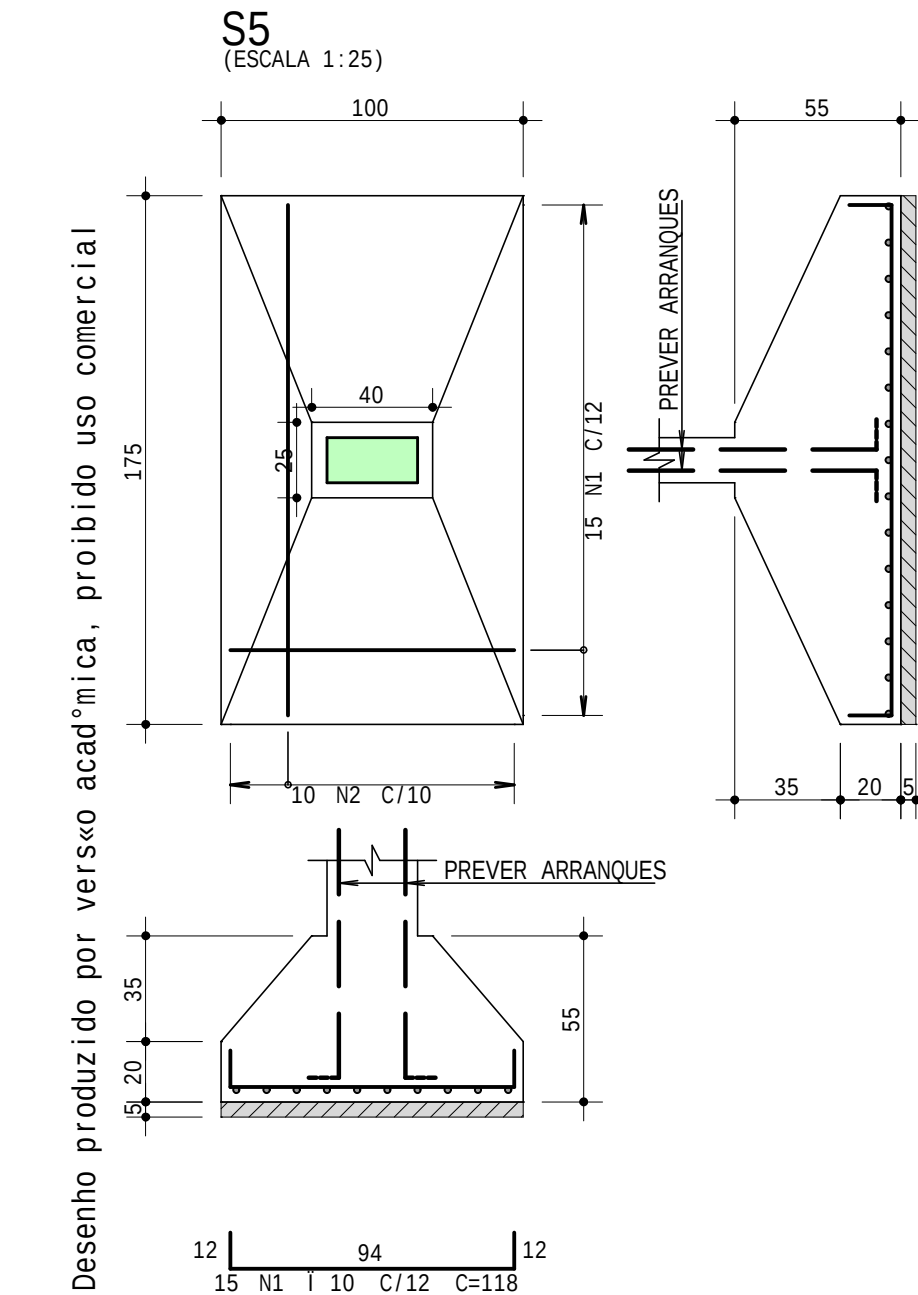
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



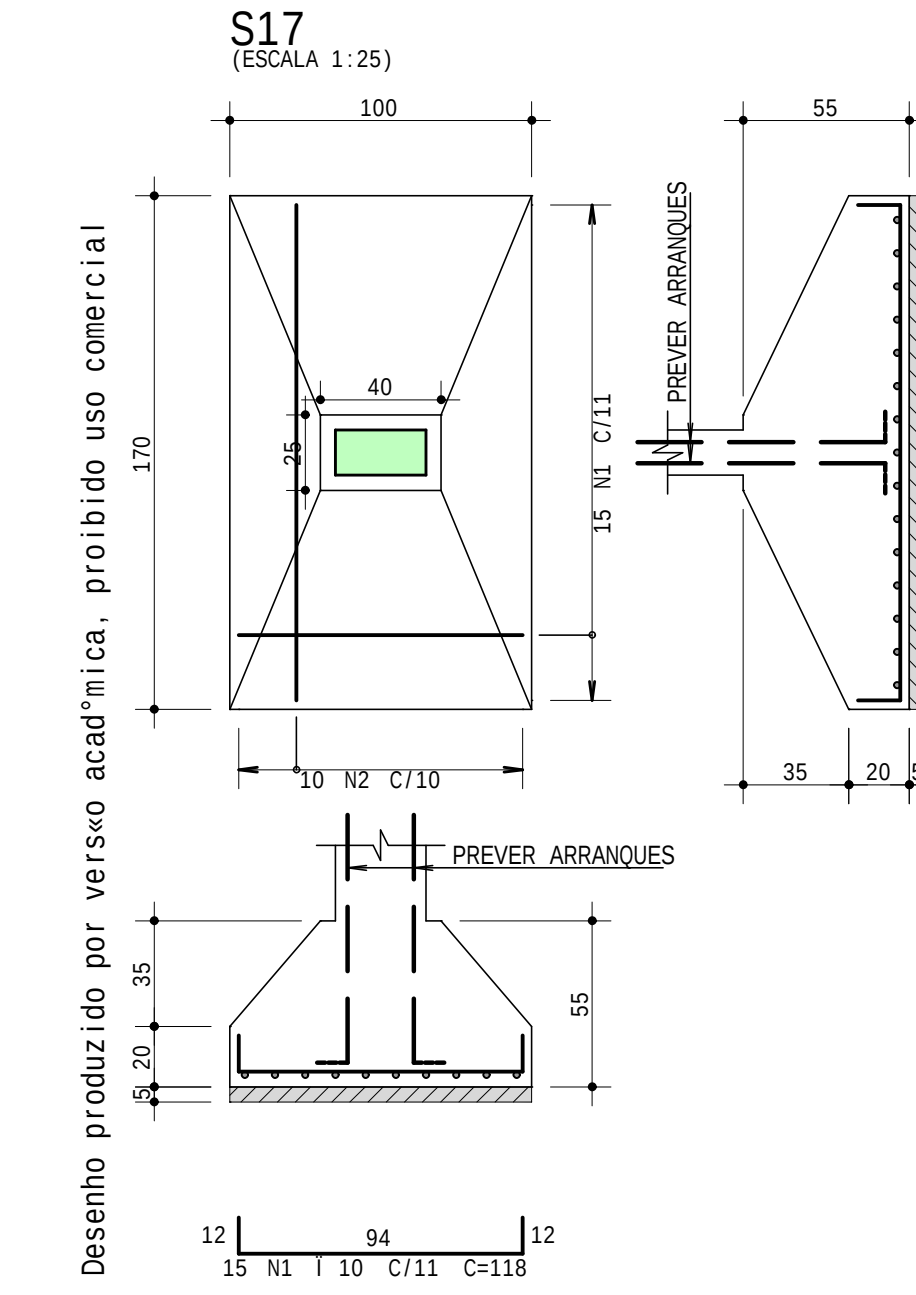
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



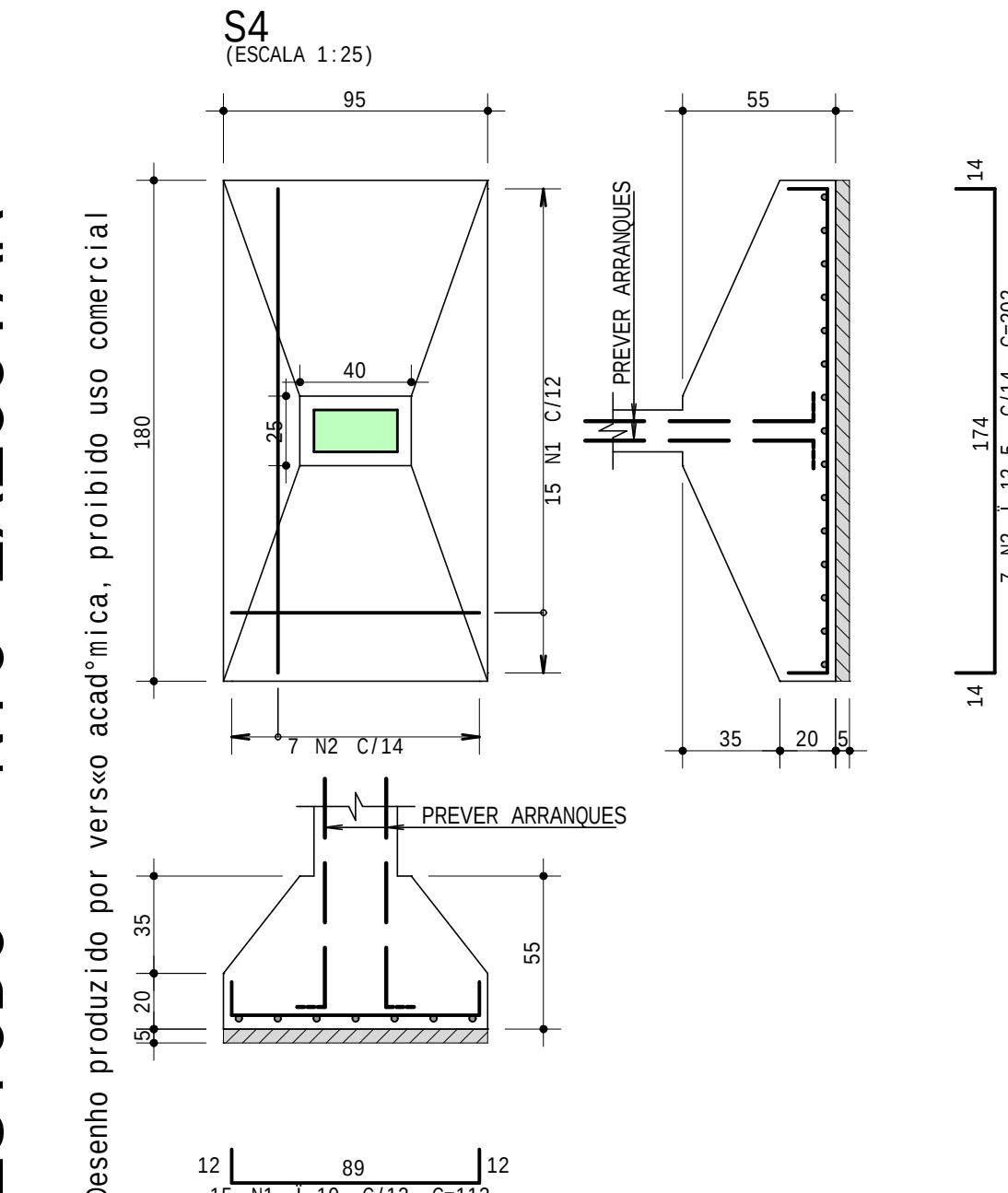
ESTUDO - NÍO EXECUTAR



ESTUDO - NÍO EXECUTAR



ESTUDO - NÍO EXECUTAR



ESTUDO - NÍO EXECUTAR

	Aço	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
					UNIT	TOTAL
		mm		cm		
S1	50A	1	10	7	98	686
	50A	2	10	7	107	749
S2	50A	1	10	7	98	686
	50A	2	10	7	102	714
S4	50A	1	10	15	113	1695
	50A	2	12.5	7	202	1414
S5	50A	1	10	15	118	1770
	50A	2	10	10	197	1970
S6	50A	1	10	7	98	686
	50A	2	10	7	102	714
S7	50A	1	10	7	98	686
	50A	2	10	7	102	714
S8	50A	1	10	7	98	686
	50A	2	10	7	102	714
S9	50A	1	10	7	98	686
	50A	2	10	7	102	714
S10	50A	1	10	7	98	686
	50A	2	10	7	102	714
S12	50A	1	10	7	98	686
	50A	2	10	7	107	749
S16	50A	1	12.5	8	262	2096
	50A	2	12.5	16	123	1968
S17	50A	1	10	15	118	1770
	50A	2	10	10	192	1920
S18	50A	1	10	7	98	686
	50A	2	10	7	102	714
S19	50A	1	10	7	103	721
	50A	2	10	7	102	714

Desenho produzido por verso acadêmica, proibido uso comercial

RESUMO DE Aço			
Aço	BIT	COMPR	PESO
50A	mm	m	kgf
50A	10	232	143
50A	12.5	55	53
Peso Total 50A =			196 kgf

CONCRETO
fck = 30 MPa

CLIENTE
João da Silva

OBRA
Residência RA

TÍTULO
FUNDAÇÕES

0001

DES. N.º

02/15

REV. N.º

00

DATA
05/10/2023

ESCALA
1:25

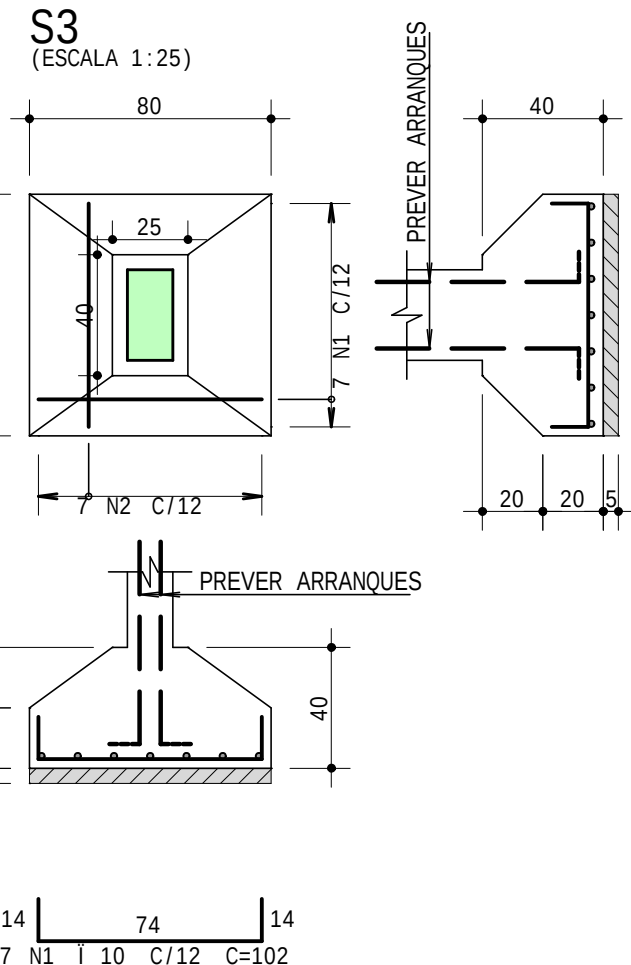
DESENHO
RES-FUN-FUN-024-R00

COORD.

S1 / S2 / S4 / S5 / S6
S7 / S8 / S9 / S10 / S12
S16 / S17 / S18 / S19

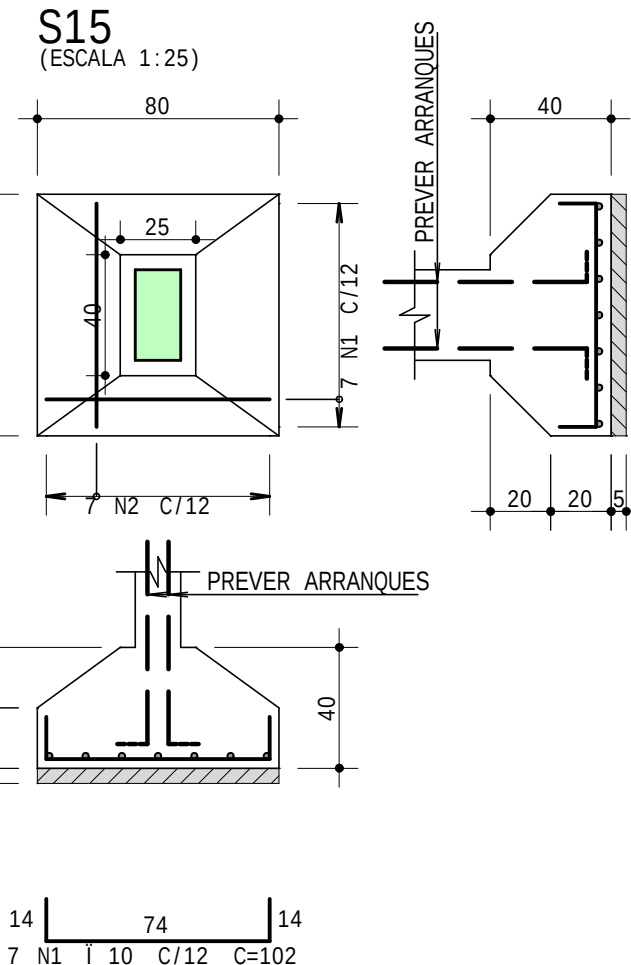
ESTUDO - NÌO EXECUTAR

Desenho produzido por versso acadêmica, proibido uso comercial



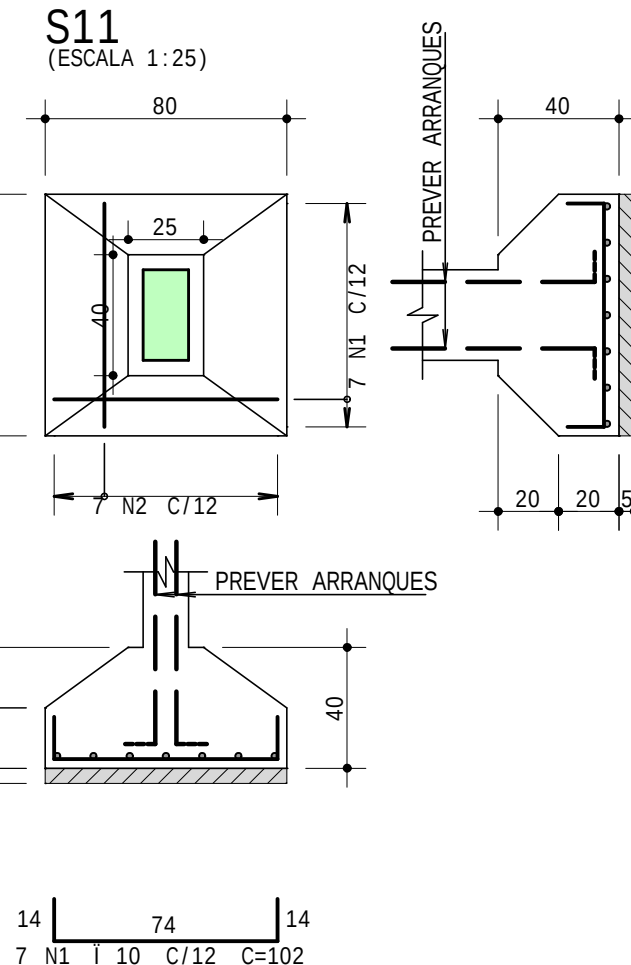
ESTUDO - NÌO EXECUTAR

Desenho produzido por versso acadêmica, proibido uso comercial



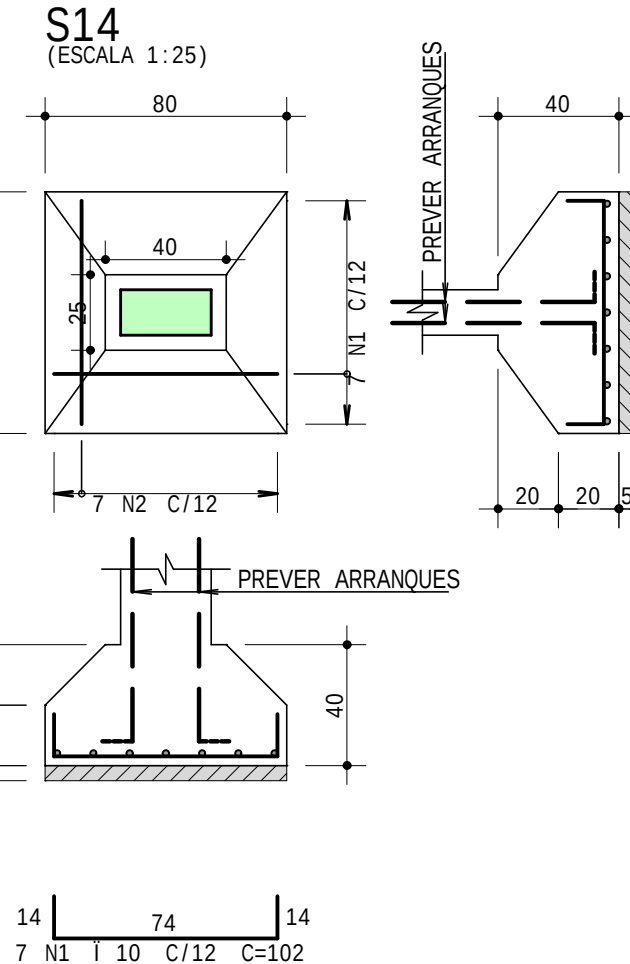
ESTUDO - NÌO EXECUTAR

Desenho produzido por versso acadêmica, proibido uso comercial



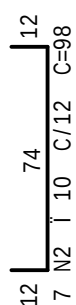
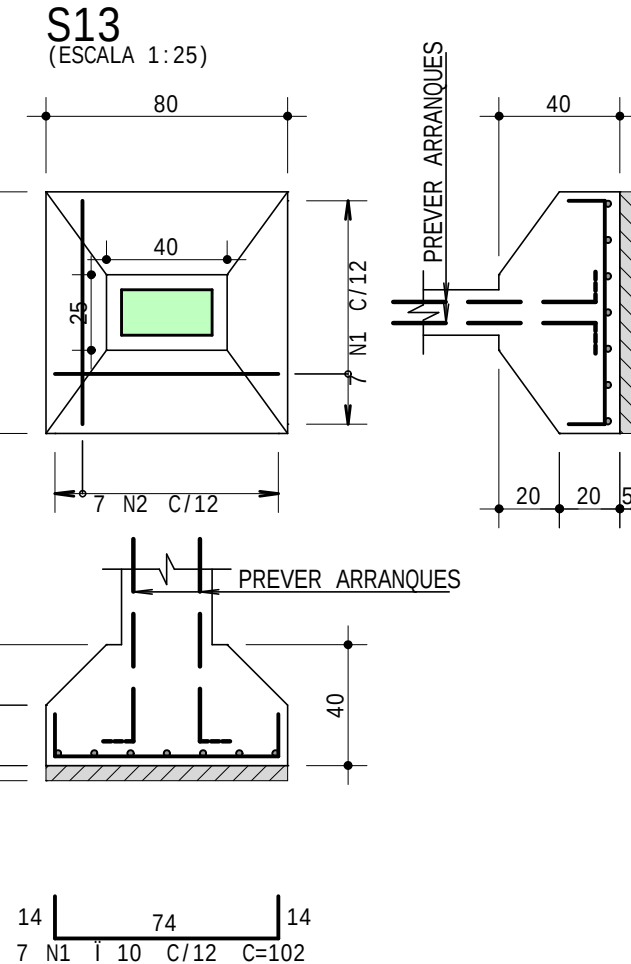
ESTUDO - NÌO EXECUTAR

Desenho produzido por versso acadêmica, proibido uso comercial



ESTUDO - NÌO EXECUTAR

Desenho produzido por versso acadêmica, proibido uso comercial



	Aço	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
					UNIT	TOTAL
					cm	cm
S3			mm			
	50A	1	10	7	102	714
S11	50A	2	10	7	98	686
	50A	1	10	7	102	714
S13	50A	2	10	7	98	686
	50A	1	10	7	102	714
S14	50A	2	10	7	98	686
	50A	1	10	7	102	714
S15	50A	2	10	7	98	686
	50A	1	10	7	102	714

RESUMO DE Aço			
Aço	BIT	COMPR	PESO
50A	mm	m	kgf
50A	10	70	43
Peso Total		50A =	43 kgf

CONCRETO
fck = 30 MPa

CLIENTE
João da Silva

OBRA
Residência RA

TÍTULO
FUNDAÇÕES

S3 / S11 / S13 / S14 / S15

DATA
05/10/2023

ESCALA
1:25

DESENHO
RES-FUN-FUN-025-R00

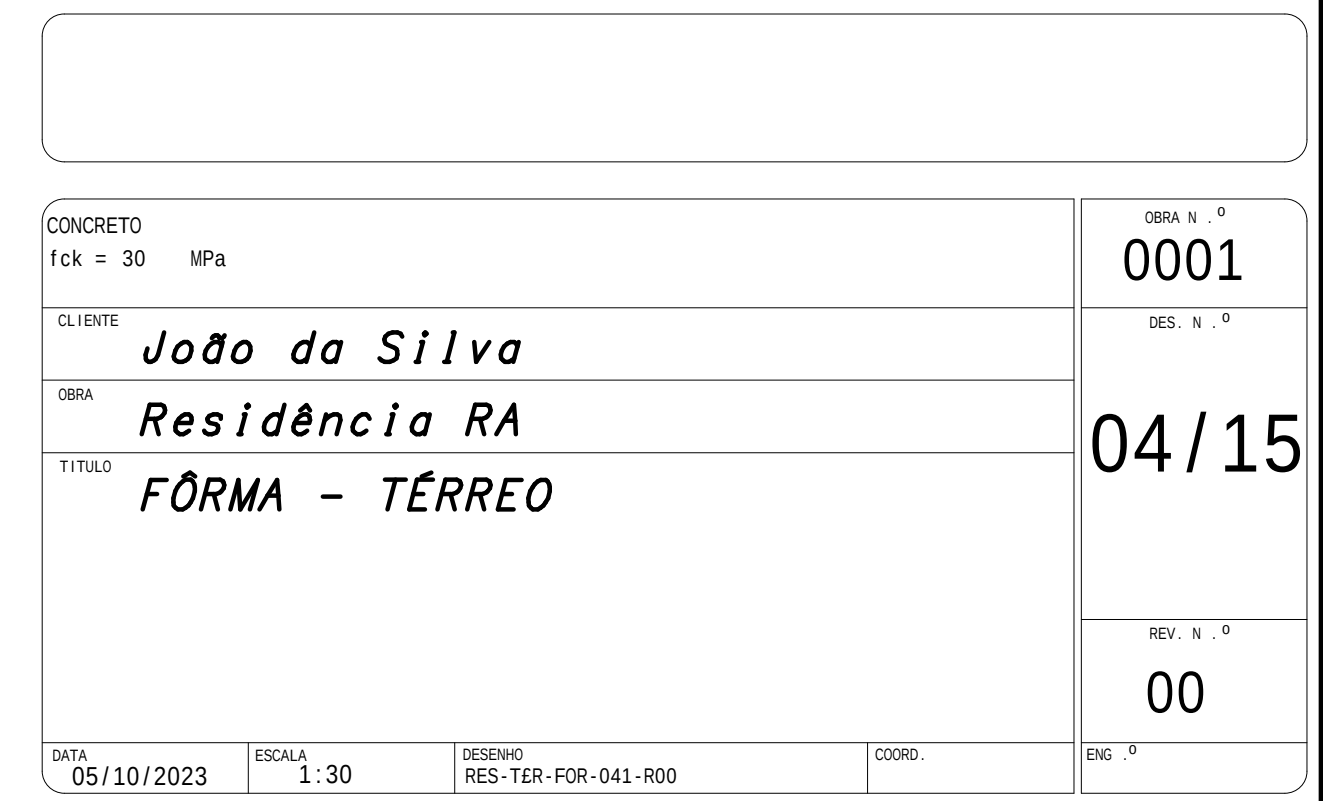
COORD.

OBRA N.º
0001

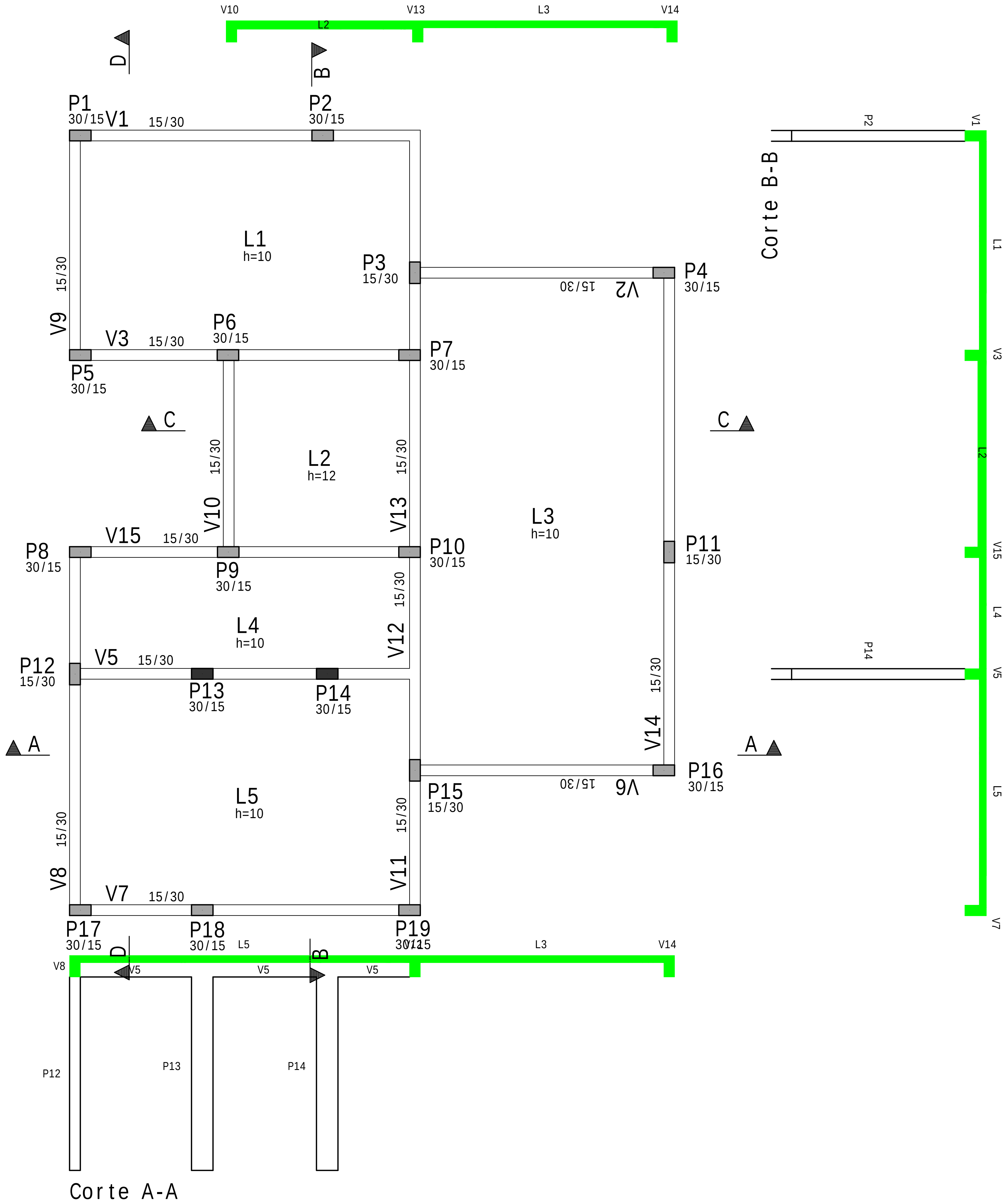
DES. N.º
03/15

REV. N.º
00

ENG.º



Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial



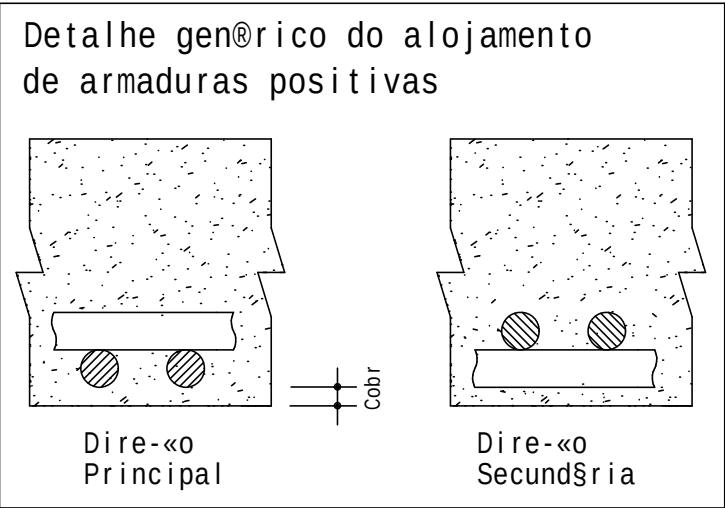
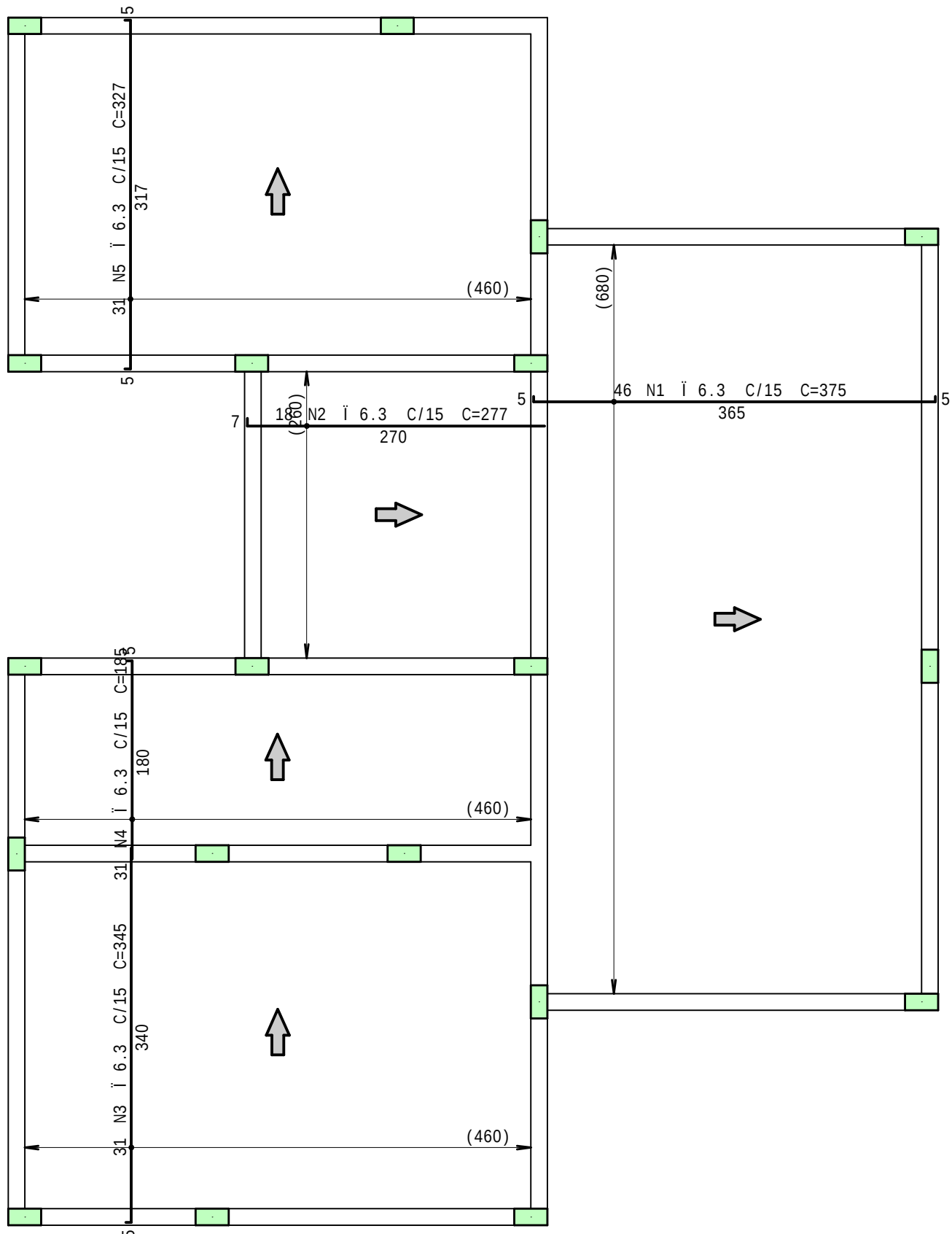
CONCRETO				OBRA N.º	
fck = 30 MPa				0001	
ECS = MPa				DES. N.º	
CLIENTE				05/15	
OBRA				REV. N.º	
Residência RA				00	
TÍTULO				ENG.º	
FÔRMA - PD					
DATA	ESCALA	RESENHO	COORD.		
05/10/2023	1:30	RES-PD_-FOR-042-R00			

ESTUDO - NÀO EXECUTAR

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial

PD - Armadura positiva principal

1X

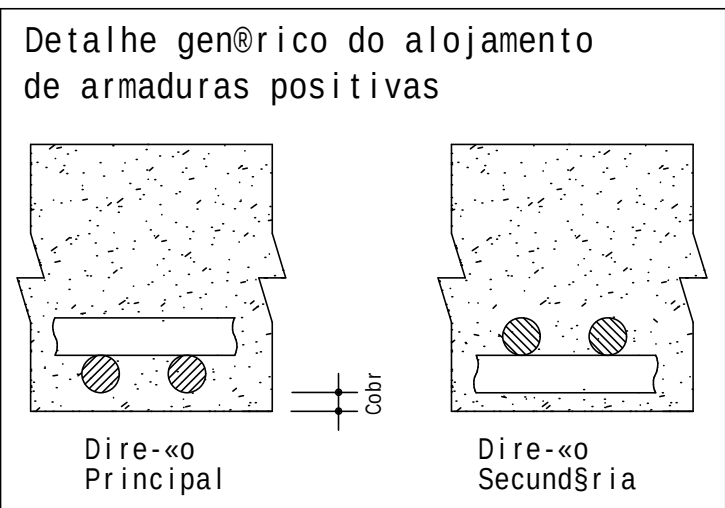
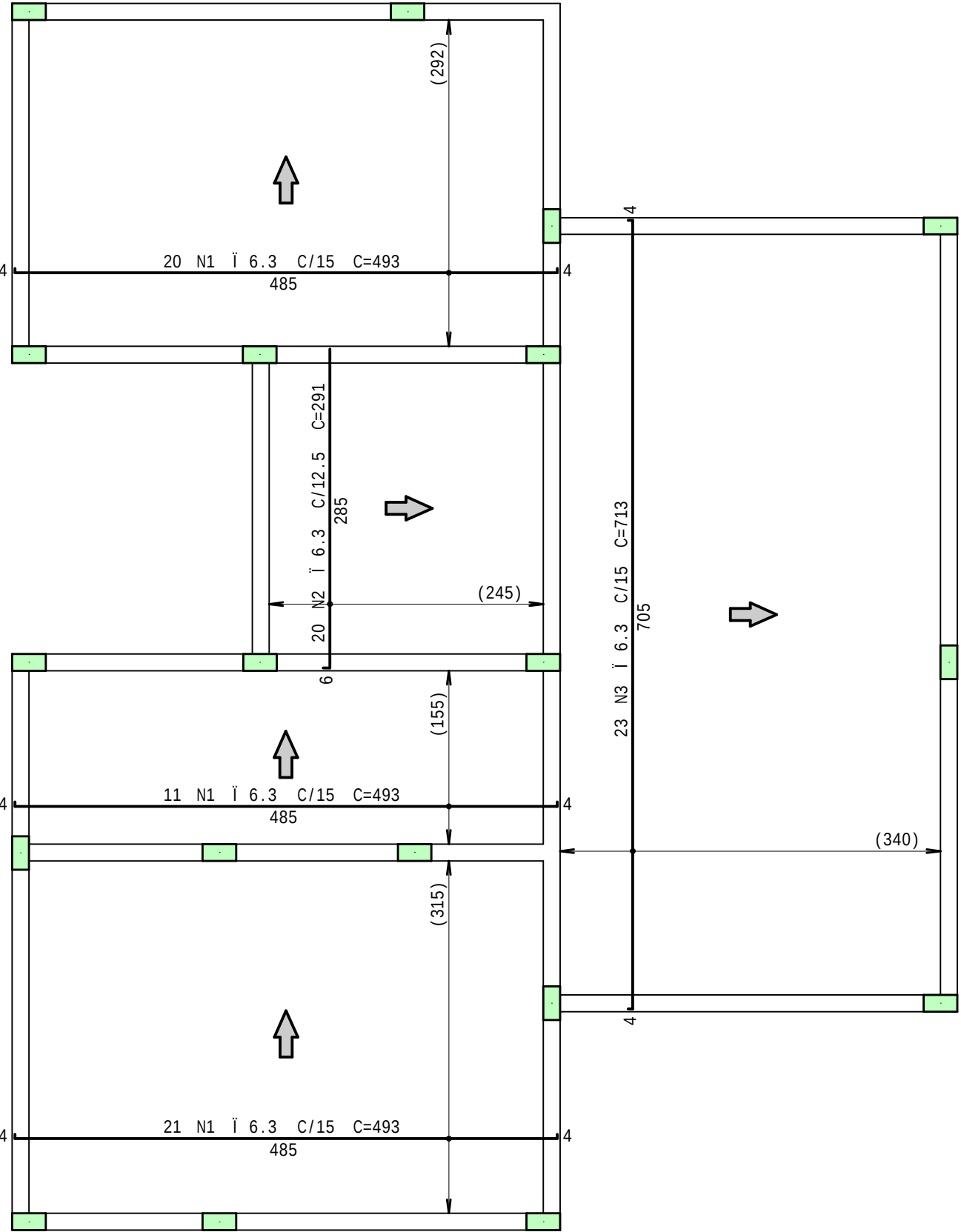


ESTUDO - NÀO EXECUTAR

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial

PD - Armadura positiva secundaria

1X



AÇO	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
				UNIT	TOTAL
				cm	cm
PD - Armadura positiva principal					
50A	1	6.3	46	375	17250
50A	2	6.3	18	277	4986
50A	3	6.3	31	345	10695
50A	4	6.3	31	185	5735
50A	5	6.3	31	327	10137
PD - Armadura positiva secundaria					
50A	1	6.3	52	493	25636
50A	2	6.3	20	291	5820
50A	3	6.3	23	713	16399

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT	COMPR	PESO
50A	6.3	967	kgf
Peso Total		50A =	237 kgf

CONCRETO
fck = 30 MPa

CLIENTE
João da Silva

OBRA
Residência RA

TÍTULO
LAJES - ARMADURAS POSITIVAS

OBRA N.º
0001

DES. N.º
06/15

REV. N.º
00

PD - Armadura positiva principal
PD - Armadura positiva secundaria

DATA
05/10/2023

ESCALA
1:50

DESENHO
RES-PD_-LAJ-043-R00

COORD.

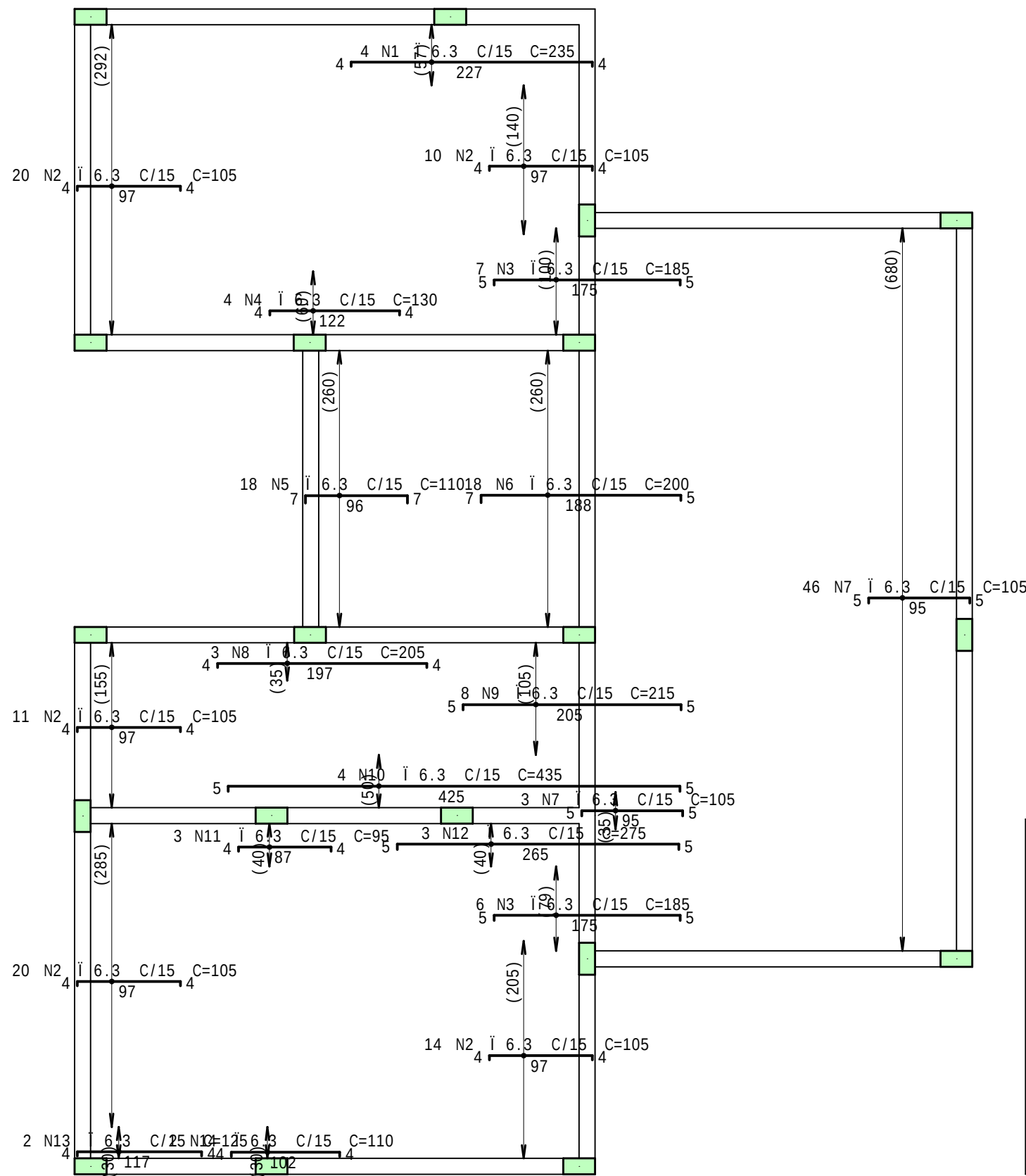
ENG.º

ESTUDO

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial

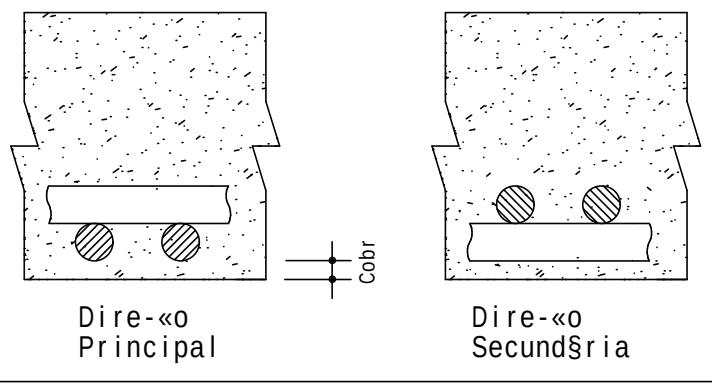
PD - Armadura negativa principal

1X



28 N15 I 5 C/20 C=1140

Detalhe genérico do alojamento de armaduras positivas

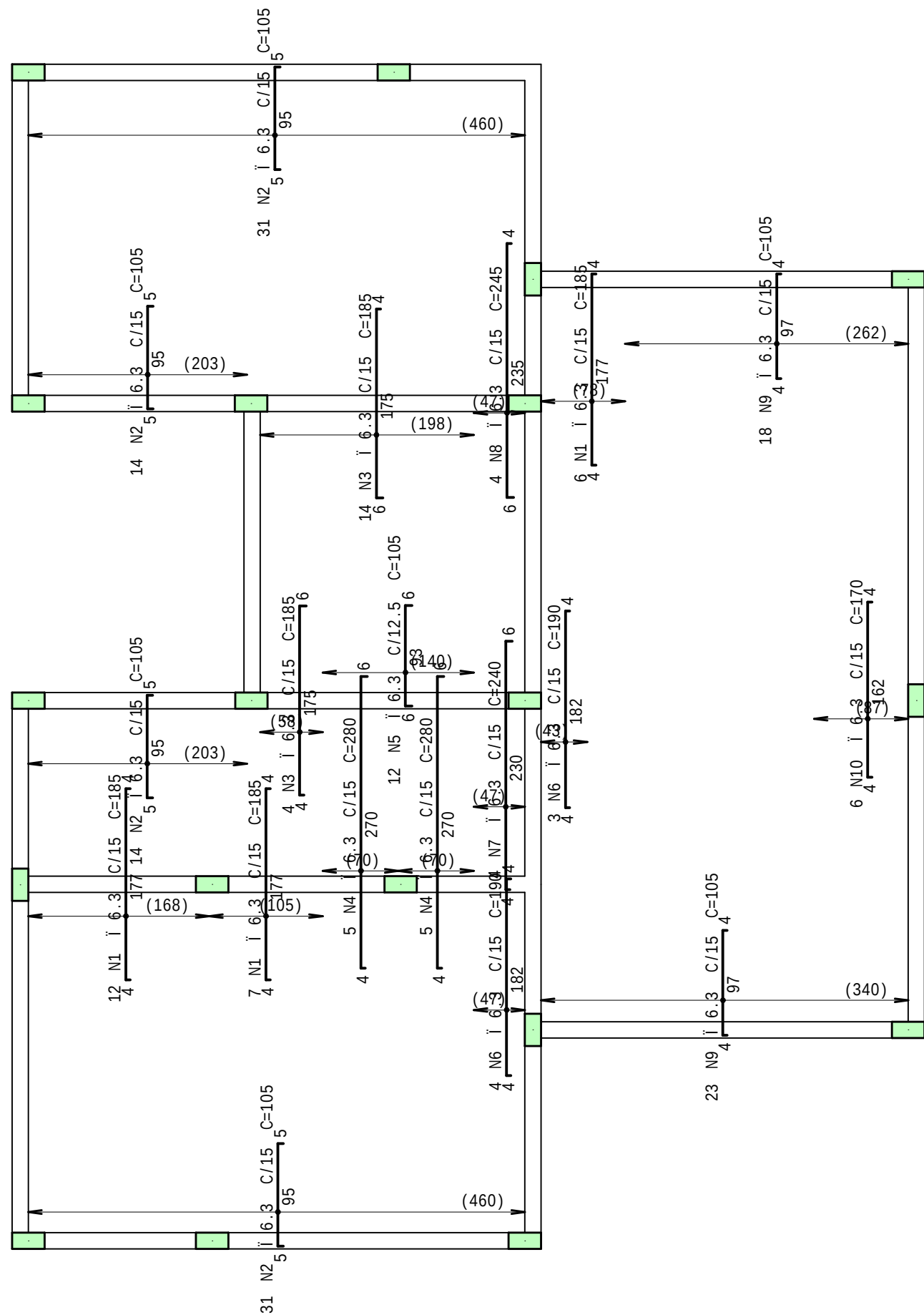


ESTUDO

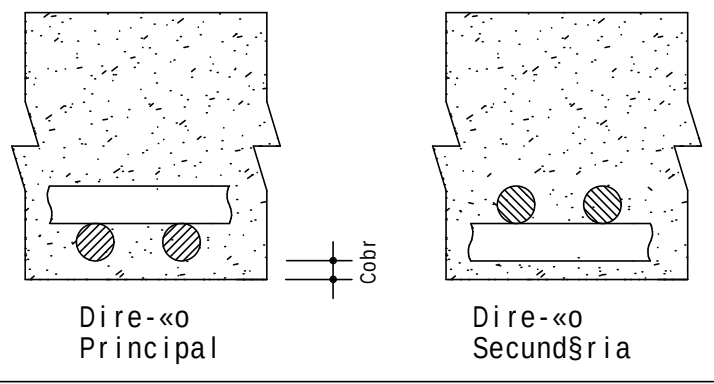
Desenho produzido por vers^o acad^omica, proibido uso comercial

PD - Armadura negativa secundaria

1X



Detalhe genérico do alojamento de armaduras positivas



	AÇO	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
					UNIT	TOTAL
			mm	cm	cm	
PD - Armadura negativa principal						
	50A	1	6,3	4	235	940
	50A	2	6,3	75	105	7875
	50A	3	6,3	13	185	2405
	50A	4	6,3	4	130	520
	50A	5	6,3	18	110	1980
	50A	6	6,3	20	200	3600
	50A	7	6,3	49	105	5145
	50A	8	6,3	3	205	615
	50A	9	6,3	8	215	1720
	50A	10	6,3	4	435	1740
	50A	11	6,3	3	285	855
	50A	12	6,3	3	275	825
	50A	13	6,3	2	125	250
	50A	14	6,3	2	110	220
	50A	15	6,3	5	1140	31920
PD - Armadura negativa secundária						
	50A	1	6,3	25	185	4625
	50A	2	6,3	90	105	9450
	50A	3	6,3	18	185	3330
	50A	4	6,3	10	280	2800
	50A	5	6,3	12	105	1260
	50A	6	6,3	12	190	1330
	50A	7	6,3	4	240	960
	50A	8	6,3	4	245	980
	50A	9	6,3	41	105	4305
	50A	10	6,3	6	170	1020

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT	COMPR	PESO
	mm	m	kgf
60A	5	319	49
50A	6.3	582	143
Peso Total	60A =		49 kgf
Peso Total	50A =		143 kgf

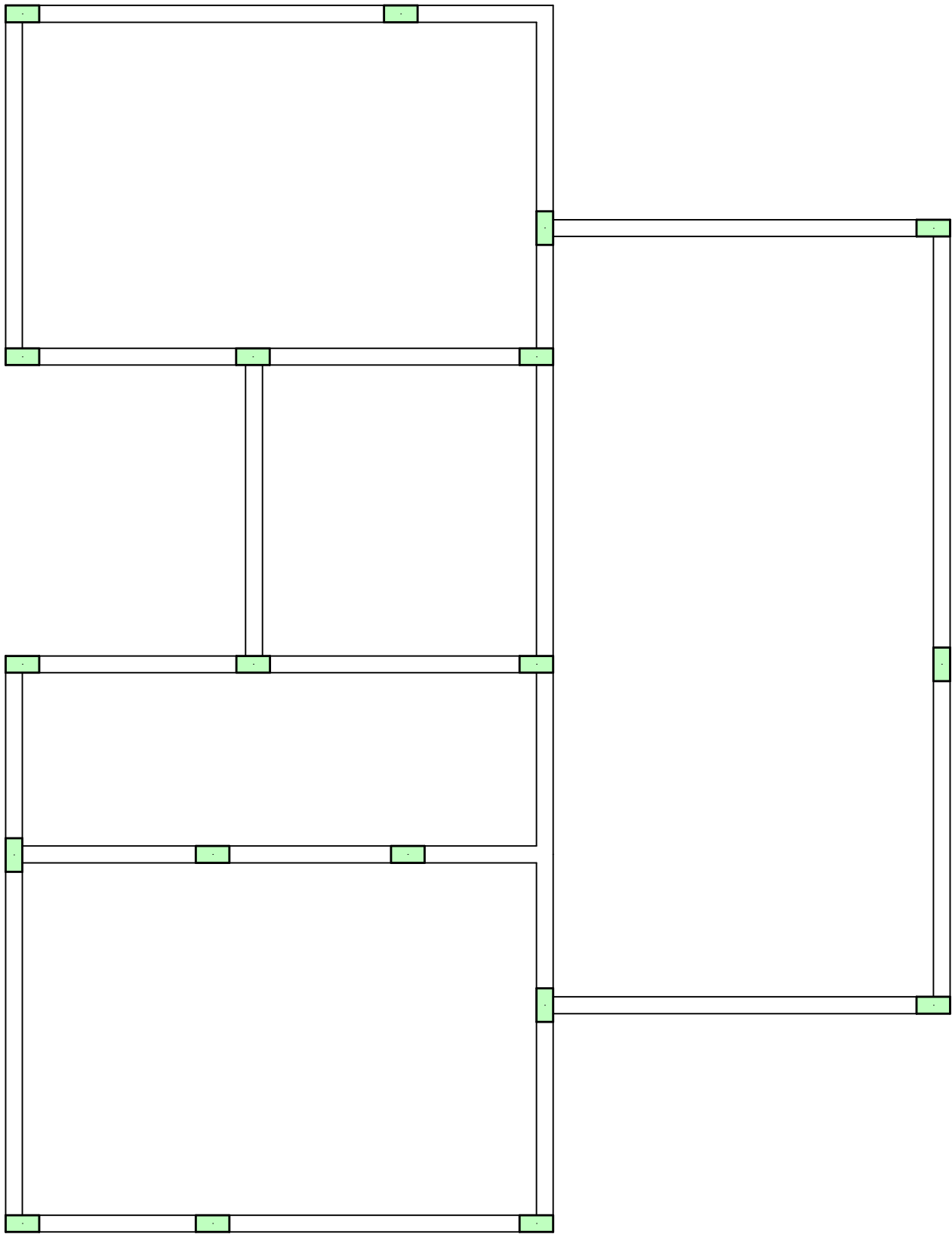
Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial

CONCRETO fck = 30 MPa			OBRA N.º 0001	
CLIENTE João da Silva			DES. N.º	
OBRA Residência RA			07/15	
TÍTULO LAJES - ARMADURAS NEGATIVAS				
PD - Armadura negativa principal PD - Armadura negativa secundária			REV. N.º 00	
DATA 05/10/2023	ESCALA 1:50	DESENHO RES-PD_LAJ-044-R00	COORD.	
			END.º	

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial

PD - Armadura de cisalhamento

1X

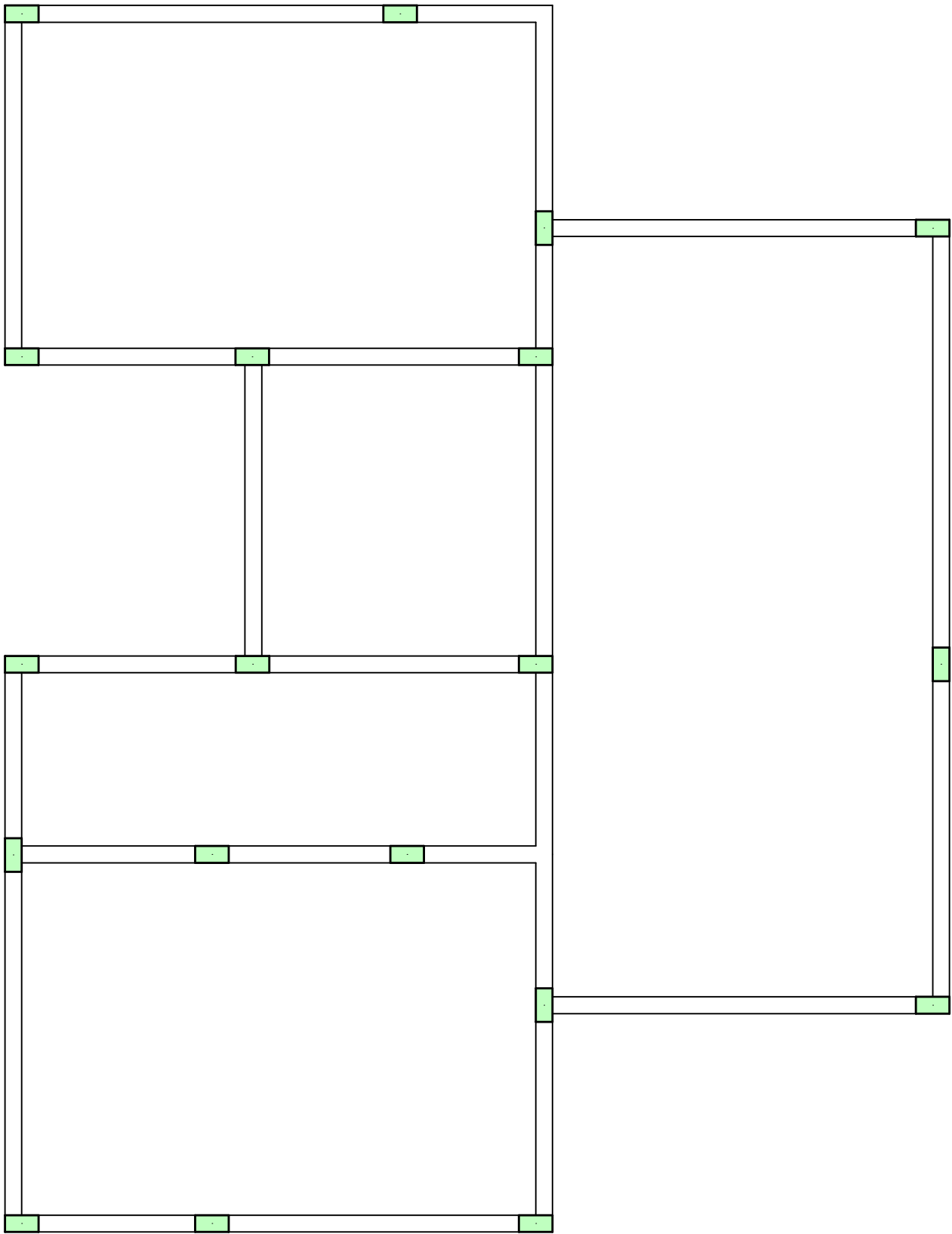


ESTUDO - NÃO EXECUTAR

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial

PD - Armadura de pun- o

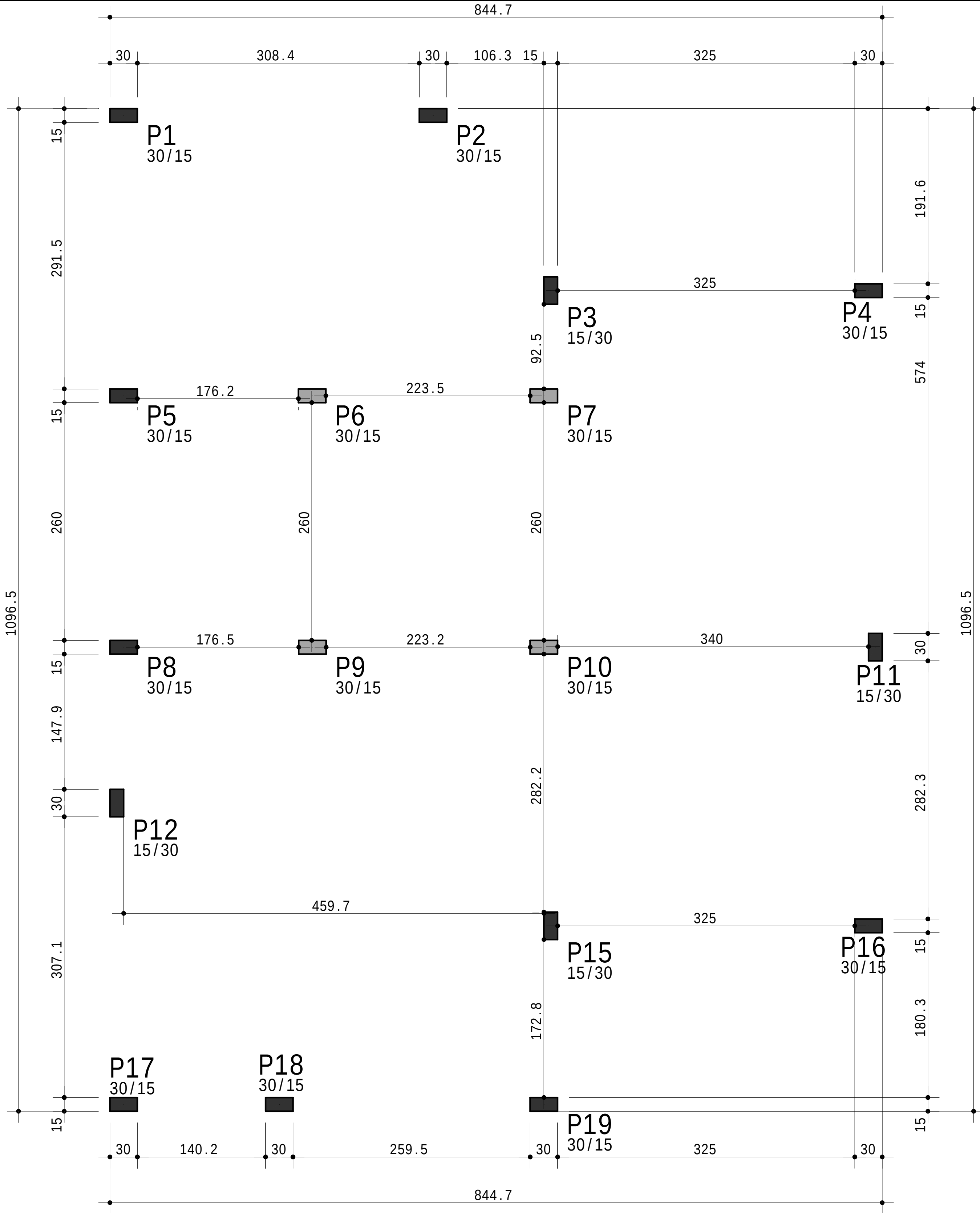
1X



AÇO	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
				UNIT	TOTAL
		mm		cm	cm
PD - Armadura de pun-ção					
PD - Armadura de cisalhamento					

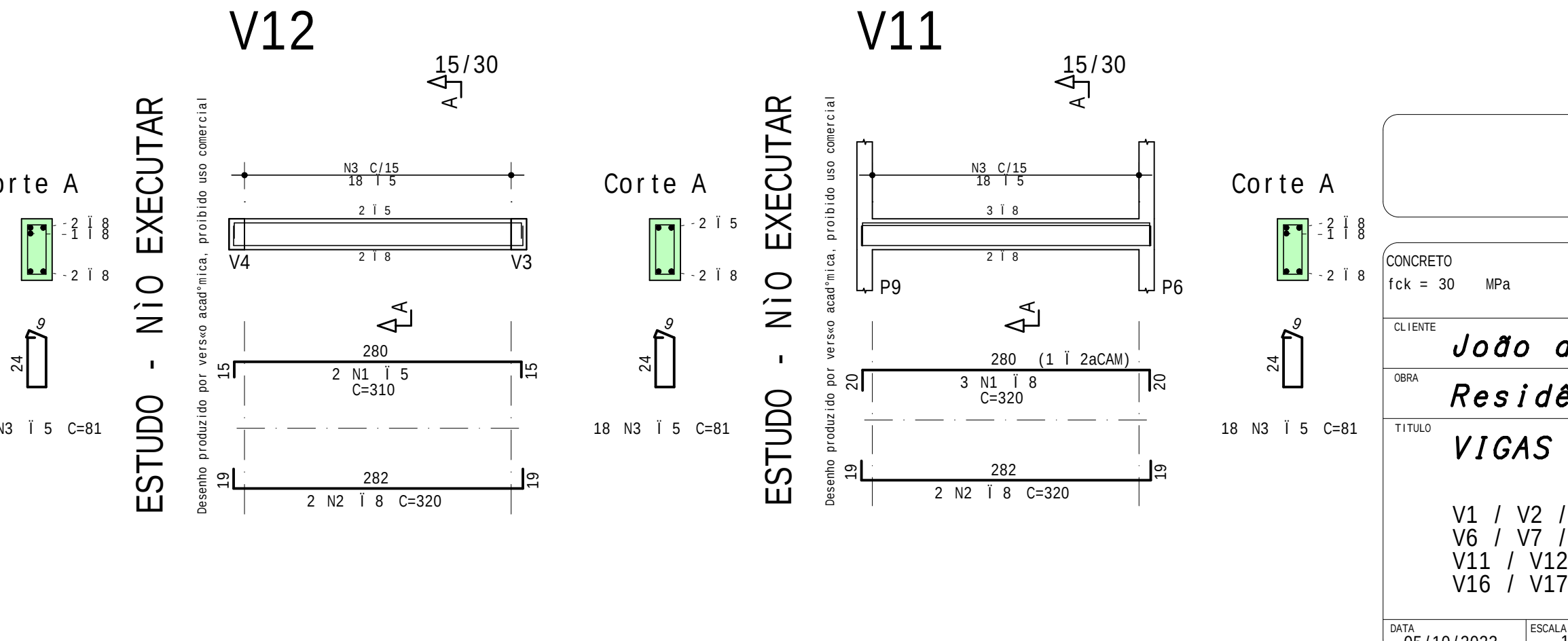
CONCRETO				OBRA N. �	
fck = 30 MPa				0001	
CLIENTE				DES. N. �	
João da Silva				08/15	
OBRA				REV. N. �	
Residência RA				00	
TÍTULO				ENG. �	
LAJES - ARMADURAS DE CISCALHAMENTO E PUNÇÃO					
PD - Armadura de cisalhamento					
PD - Armadura de pun-�o					
DATA	ESCALA	DESENHO	COORD.		
05/10/2023	1:50	RES-PD_-LAJ-045-R00			

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial



CONCRETO fck = 30 MPa				OBRA N.º 0001
CLIENTE João da Silva				DES. N.º 09/15
OBRA Residência RA				REV. N.º 00
TÍTULO FÔRMAS - PLATIBANDA				ENG.º
DATA 06/10/2023	ESCALA 1:30	DESENHO RES-PLA-FOR-055-R00	COORD.	

V11

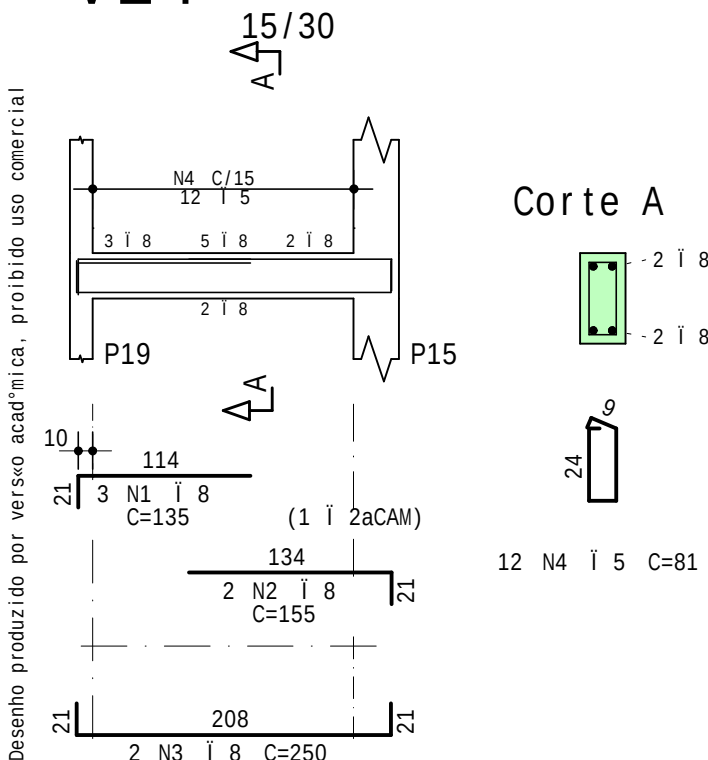


RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT	COMPR	PESO
	mm	m	kgf
60A	5	342	53
50A	8	257	101
50A	10	56	35
Peso Total	60A =		53 kgf
Peso Total	50A =		136 kgf

Desenho produzido por vers«o acadêmica, proibido uso comercial

CONCRETO				OBRA N.º	
fck ≈ 30 MPa				0001	
CLIENTE				DES. N.º	
João da Silva				10/15	
OBRA					
Residência RA					
TÍTULO				REV. N.º	
VIGAS - TÉRREO				00	
V1 / V2 / V3 / V4 / V5 V6 / V7 / V8 / V9 / V10 V11 / V12 / V13 / V15 V16 / V17					
DATA		ESCALA	DESENHO	COORD.	
05/10/2023		1:50	RES-TER-VIG-049-R00	ENG.º	

V14



V14	Aço	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
			mm		UNIT	TOTAL
					cm	cm
	50A	1	8	3	135	405
	50A	2	8	2	155	310
	50A	3	8	2	250	500
	60A	4	5	12	81	972

RESUMO DE Aço			
Aço	BIT	COMPR	PESO
	mm	m	kgf
60A	5	10	1
50A	8	12	5
Peso Total	60A =		1 kgf
Peso Total	50A =		5 kgf

CONCRETO
fck = 30 MPa

CLIENTE
João da Silva

OBRAS
Residência RA

TITULO
VIGAS - TÉRREO

V14

OBRA N.º
0001

DES. N.º
11/15

REV. N.º
00

DATA
05/10/2023

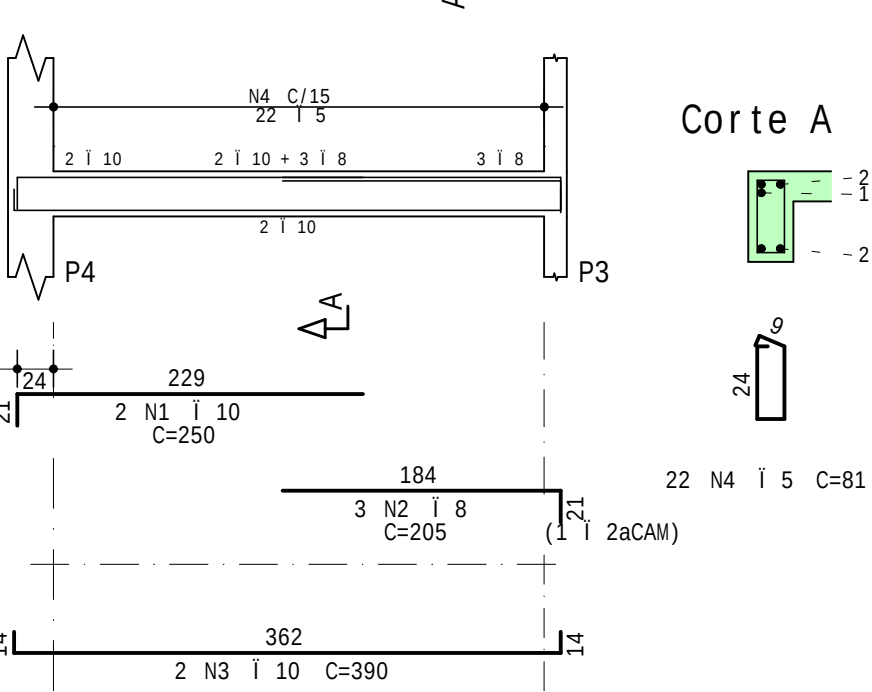
ESCALA
1:50

DESENHO
RES-TR-VIG-050-R00

COORD.

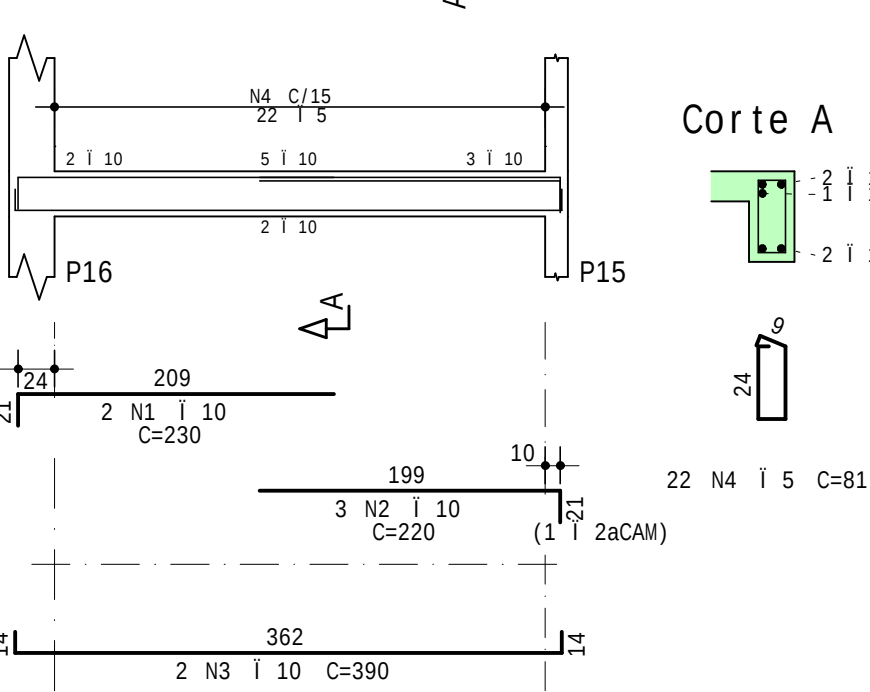
ENG.º

V2



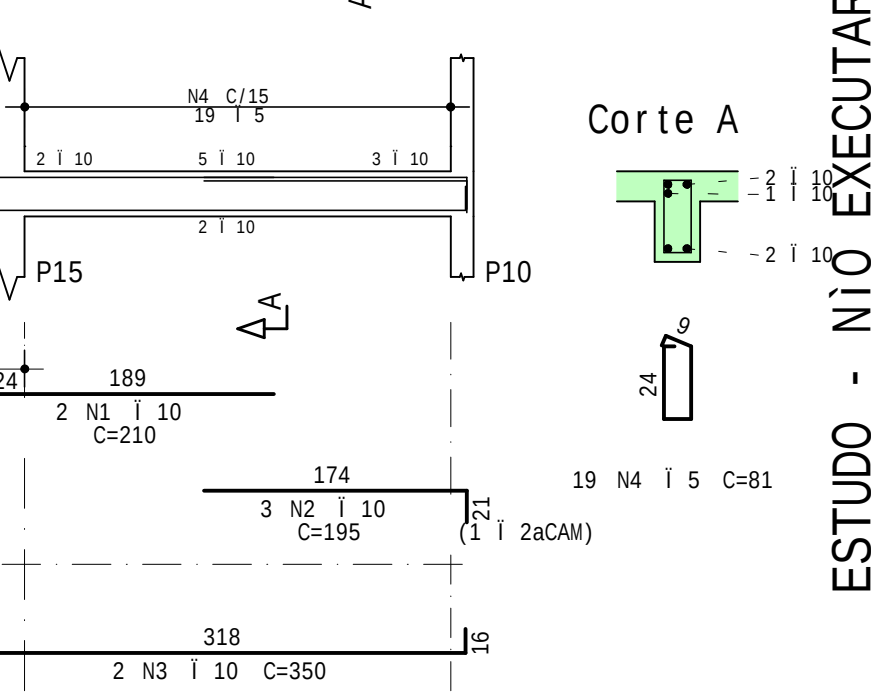
ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V6



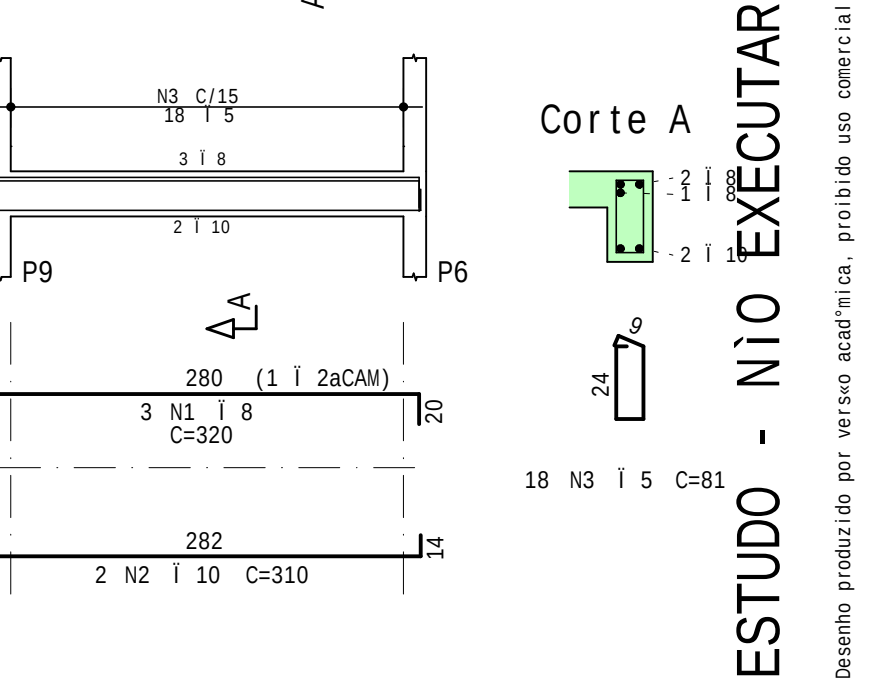
ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V12



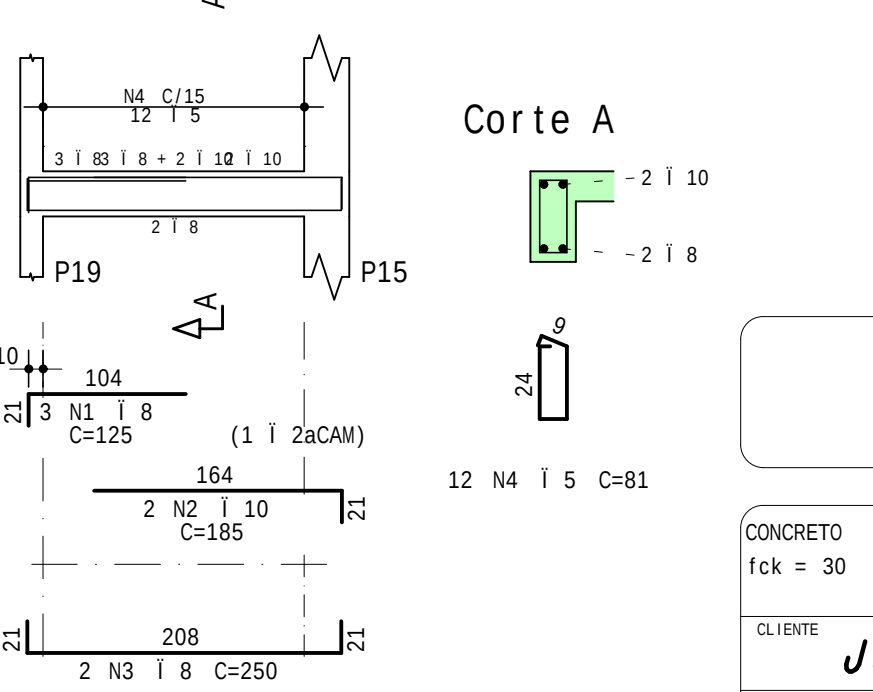
ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V10

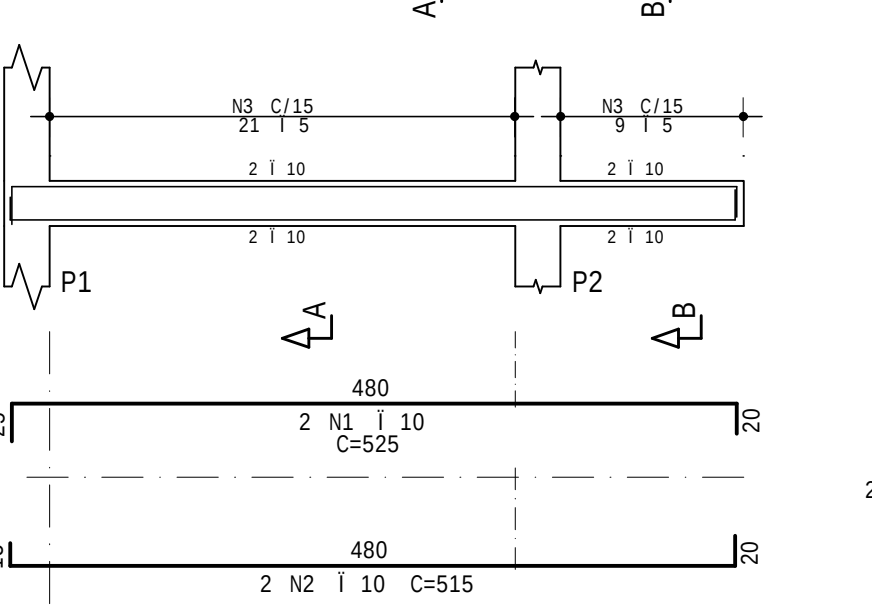


ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V11

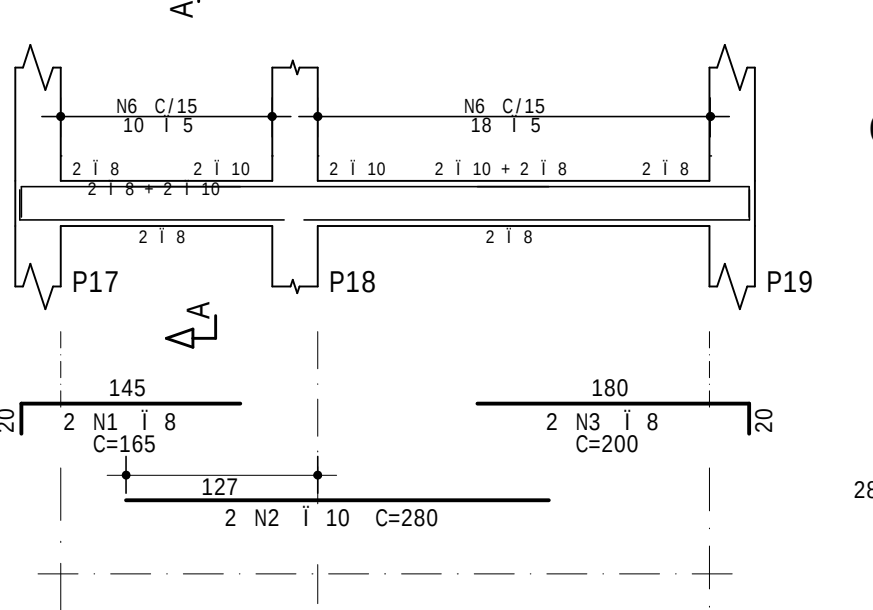


V1



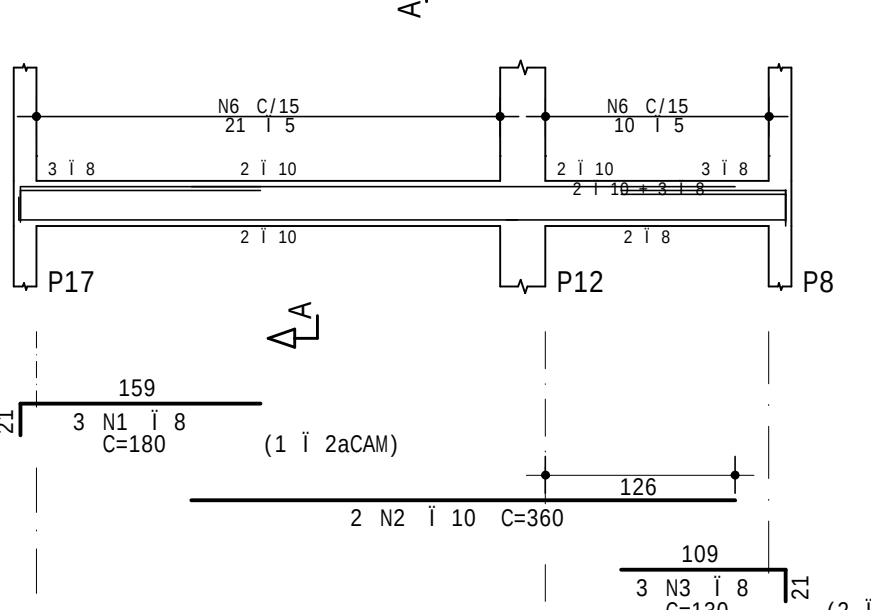
ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V7



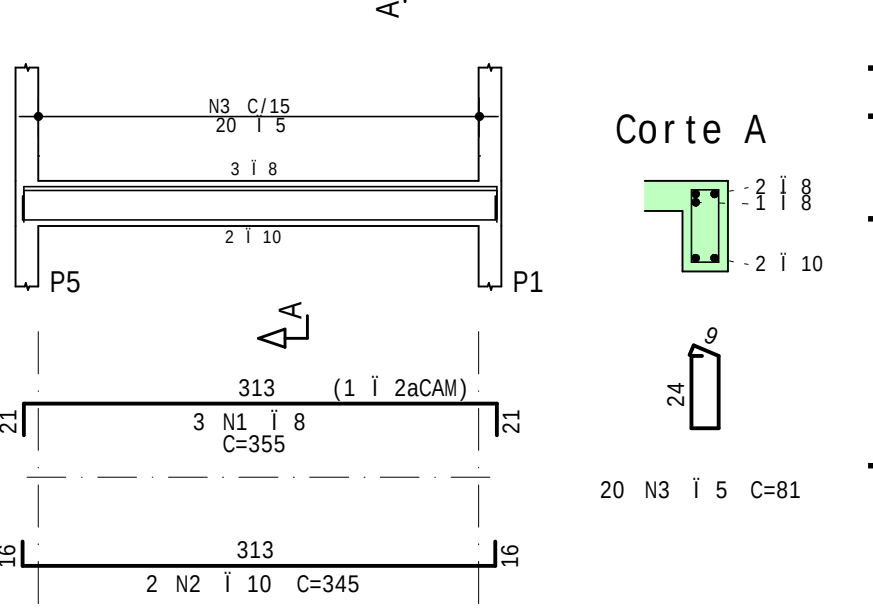
ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V8

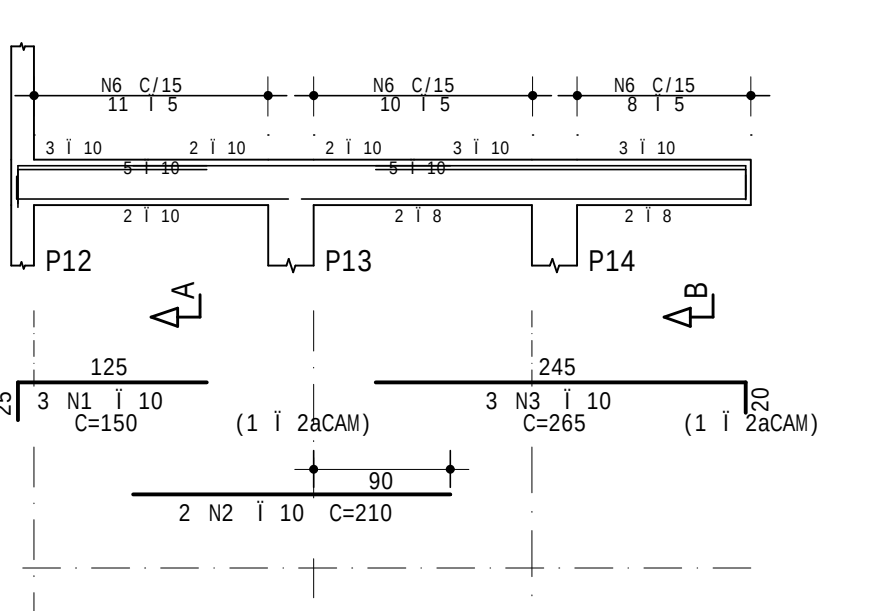


ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V9

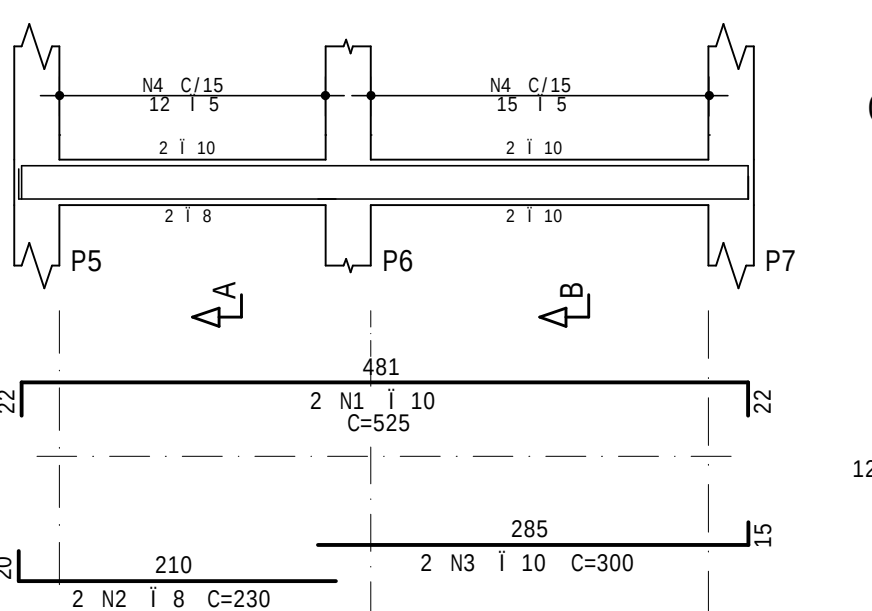


V5



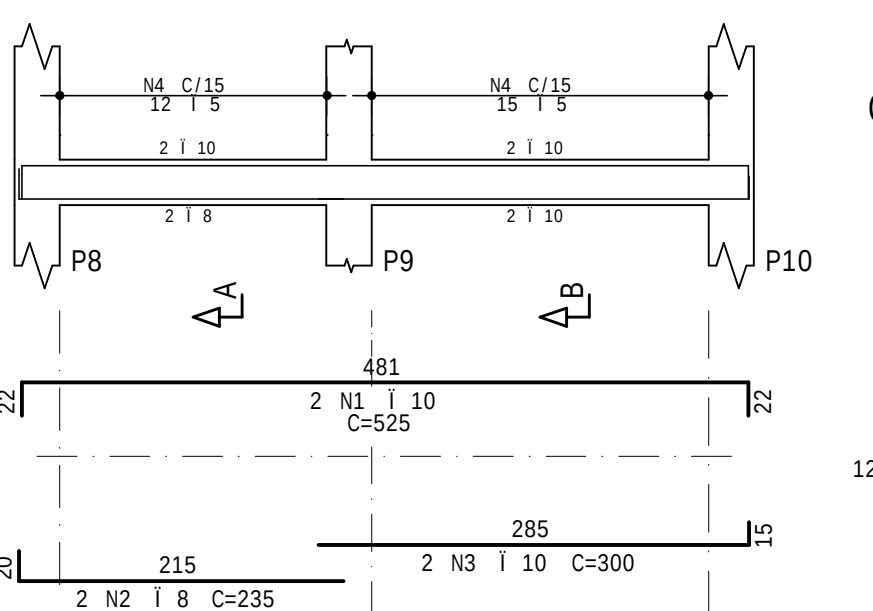
ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V3



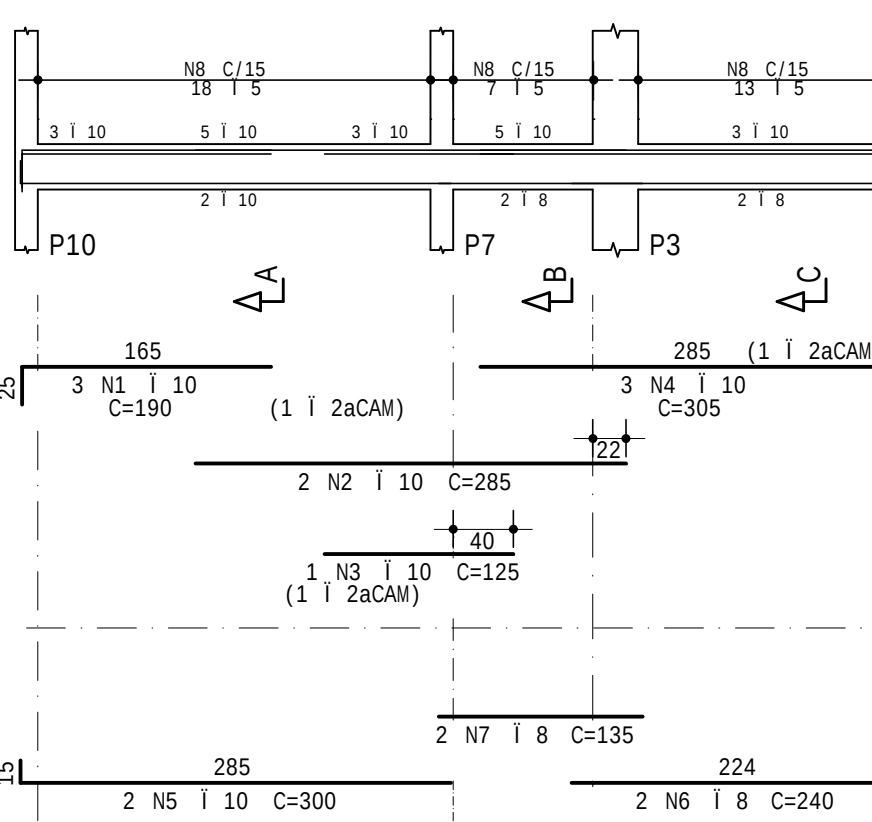
ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V15



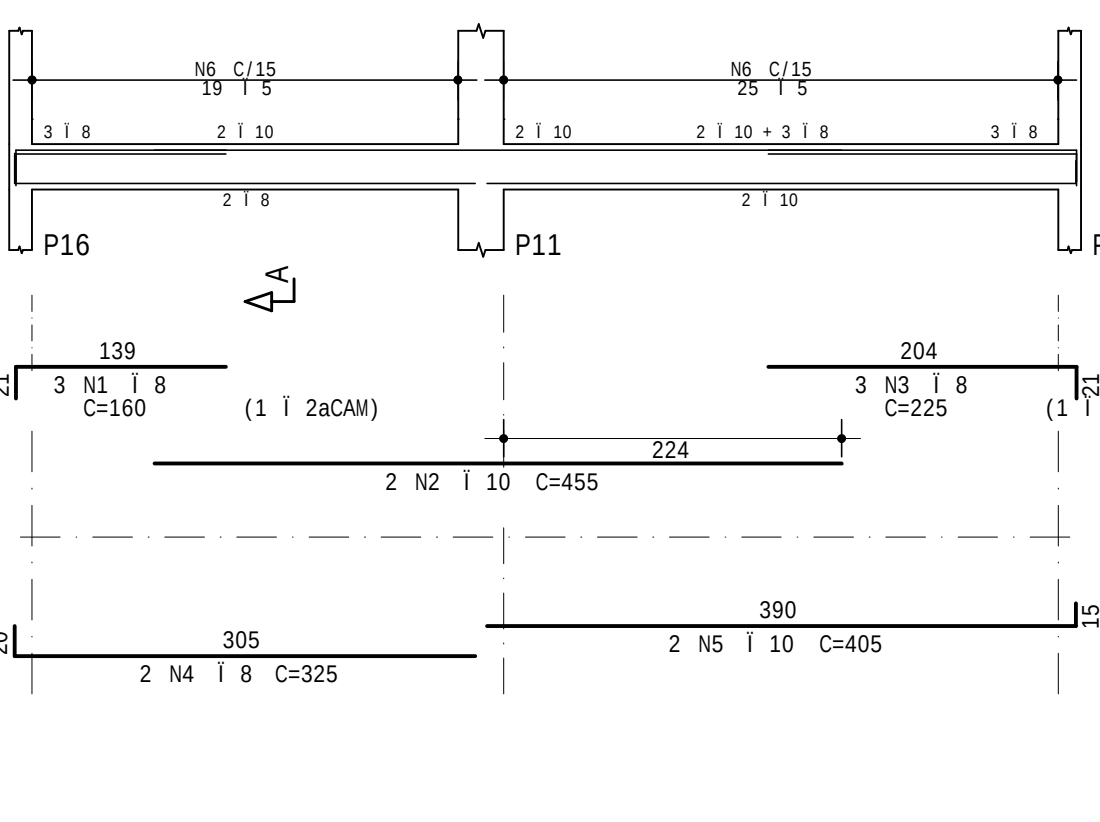
ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V13



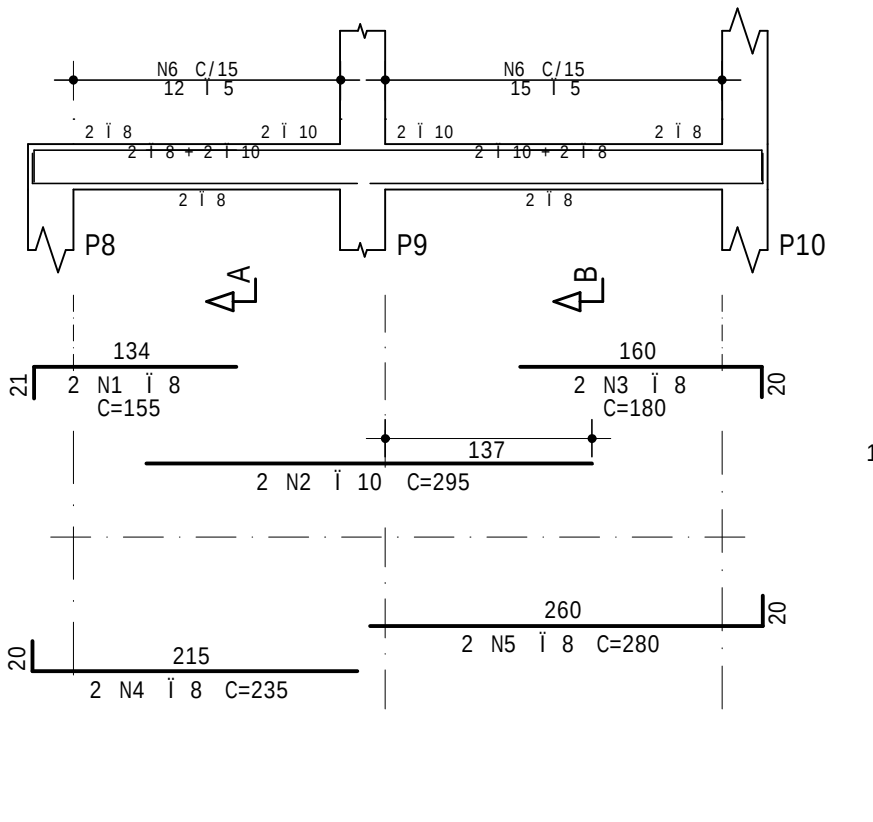
ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V14



ESTUDO - NÃO EXECUTAR

V4



ESTUDO - NÃO EXECUTAR

Desenho produzido por verso acadêmica, proibido uso comercial

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT	COMPR	PESO
	mm	m	kgf
60A	5	319	49
50A	8	124	49
50A	10	211	130
Peso Total 60A =			49 kgf
Peso Total 50A =			179 kgf

	AÇO	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
					UNIT	TOTAL
			mm		cm	cm
V1	50A	1	10	2	525	1050
	50A	2	5	30	81	2430
V2	50A	1	10	2	250	500
	50A	2	8	3	205	615
	50A	3	10	2	390	780
	60A	4	5	22	81	1782
V3	50A	1	10	2	525	1050
	50A	2	8	2	230	460
	50A	3	10	2	300	600
	60A	4	5	27	81	2187
V4	50A	1	8	2	155	310
	50A	2	10	2	295	590
	50A	3	8	2	180	360
	50A	4	8	2	235	470
	50A	5	8	2	280	560
	60A	6	5	27	81	2187
V5	50A	1	10	3	150	450
	50A	2	10	2	210	420
	50A	3	10	3	265	795
	50A	4	10	2	195	390
	50A	5	8	2	310	620
	60A	6	5	29	81	2349
V6	50A	1	10	2	230	460
	50A	2	10	3	220	660
	50A	3	10	2	390	780
	60A	4	5	22	81	1782
V7	50A	1	8	2	165	330
	50A	2	10	2	280	560
	50A	3	8	2	200	400
	50A	4	8	2	195	390
	50A	5	8	2	315	630
	60A	6	5	28	81	2268
V8	50A	1	8	3	180	540
	50A	2	10	2	360	720
	50A	3	8	3	130	390
	50A	4	10	2	345	690
	50A	5	8	2	205	410
	60A	6	5	31	81	2511
V9	50A	1	8	3	355	1065
	50A	2	10	2	345	690
	60A	3	5	20	81	1620
V10	50A	1	8	3	320	960
	50A	2	10	2	310	620
	60A	3	5	18	81	1458
V11	50A	1	8	3	125	375
	50A	2	10	2	185	370
	50A	3	8	2	250	500
	60A	4	5	12	81	972
V12	50A	1	10	2	210	420
	50A	2	10	3	195	585
	50A	3	10	2	350	700
	60A	4	5	19	81	1539
V13	50A	1	10	3	190	570
	50A	2	10	2	285	570
	50A	3	10	1	125	125
	50A	4	10	3	305	915
	50A	5	10	2	300	600
	50A	6	8	2	240	480
	50A	7	5	2	135	270
	60A	8	5	38	81	3078
V14	50A	1	8	3	160	480
	50A	2	10	2	455	910
	50A	3	8	3	225	675
	50A	4	8	2	325	650
	50A	5	10	2	405	810
	60A	6	5	44	81	3564
V15	50A	1	10	2	525	1050
	50A	2	8	2	235	470
	50A	3	10	2	300	600
	60A	4	5	27	81	2187

0001

DES. N.º

12/15

00

REV. N.º

ENG.º

CONCRETO
fck = 30 MPa

CLIENTE
João da Silva

OBRA
Residência RA

TÍTULO
VIGAS - PD

V1 / V2 / V3 / V4 / V5
V6 / V7 / V8 / V9 / V10
V11 / V12 / V13 / V14
V15

DATA
05/10/2023

ESCALA
1:50

DESENHO
RES-PD_-VIG-051-R00

COORD.

OBRA N.º
0001

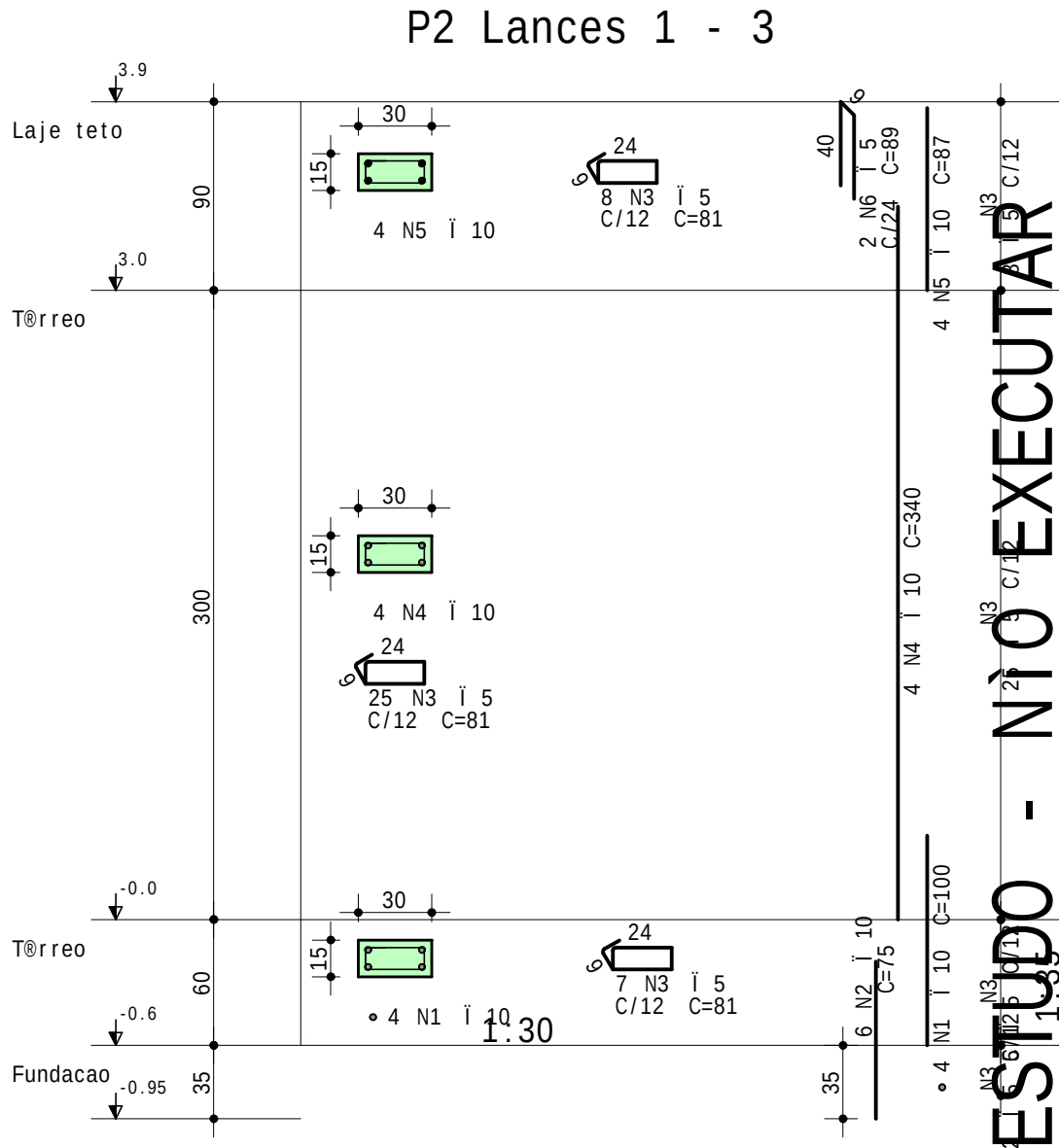
DES. N.º

12/15

REV. N.º
00

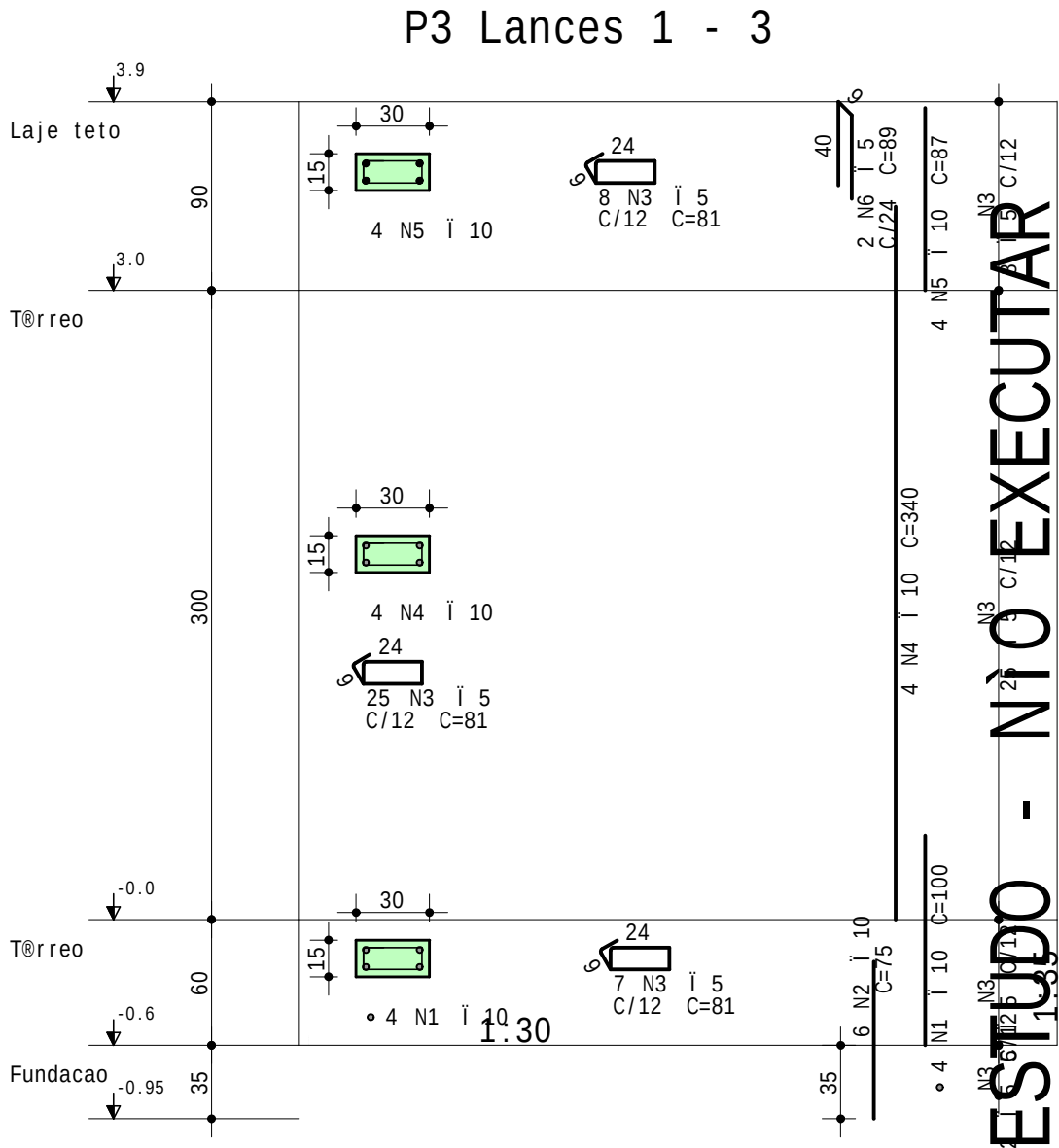
ENG.º

Desenho produzido por verso acad mica, proibido uso comercial



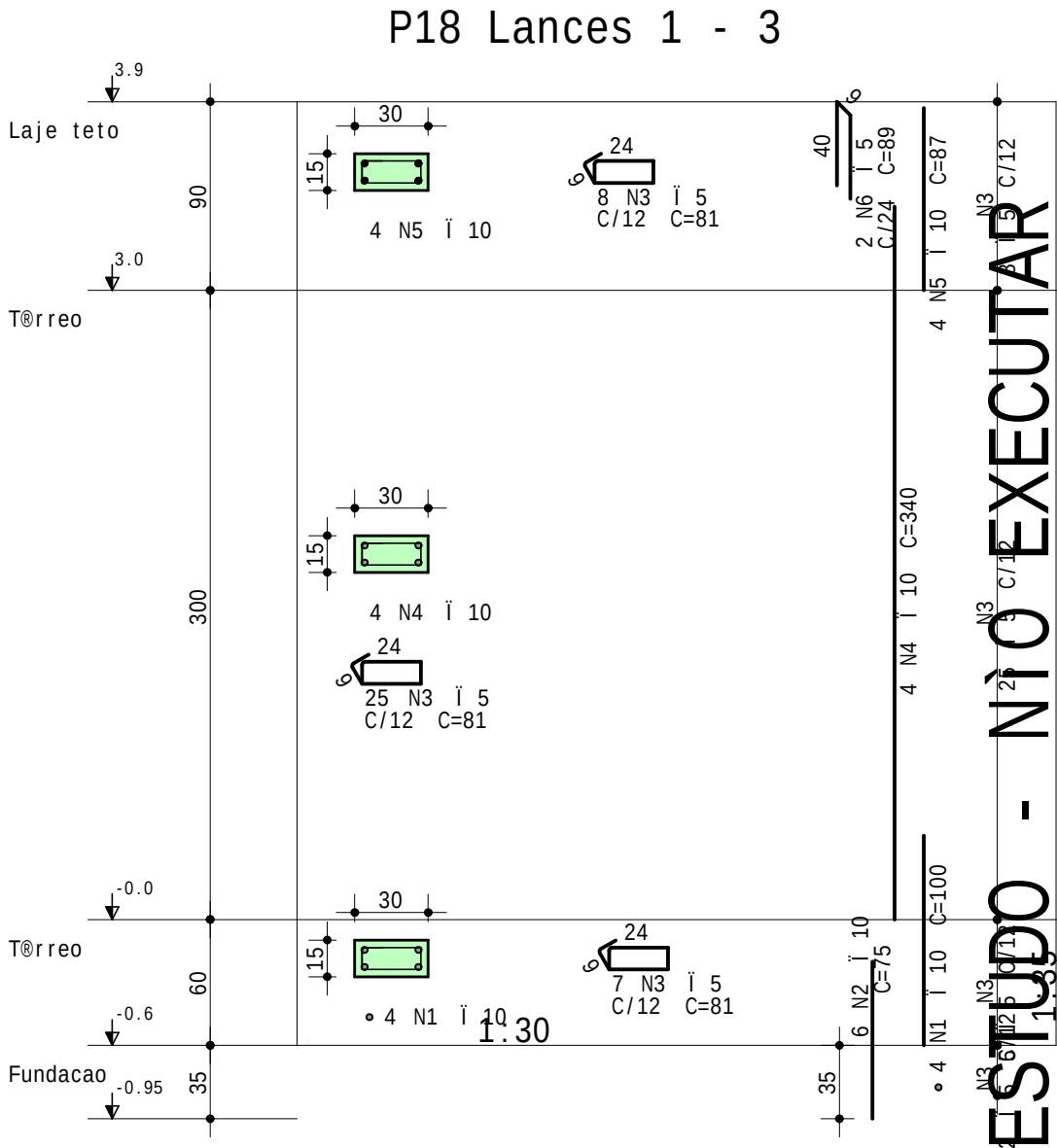
ESTUDO - N  EXECUTAR

Desenho produzido por verso acadêmica, proibido uso comercial



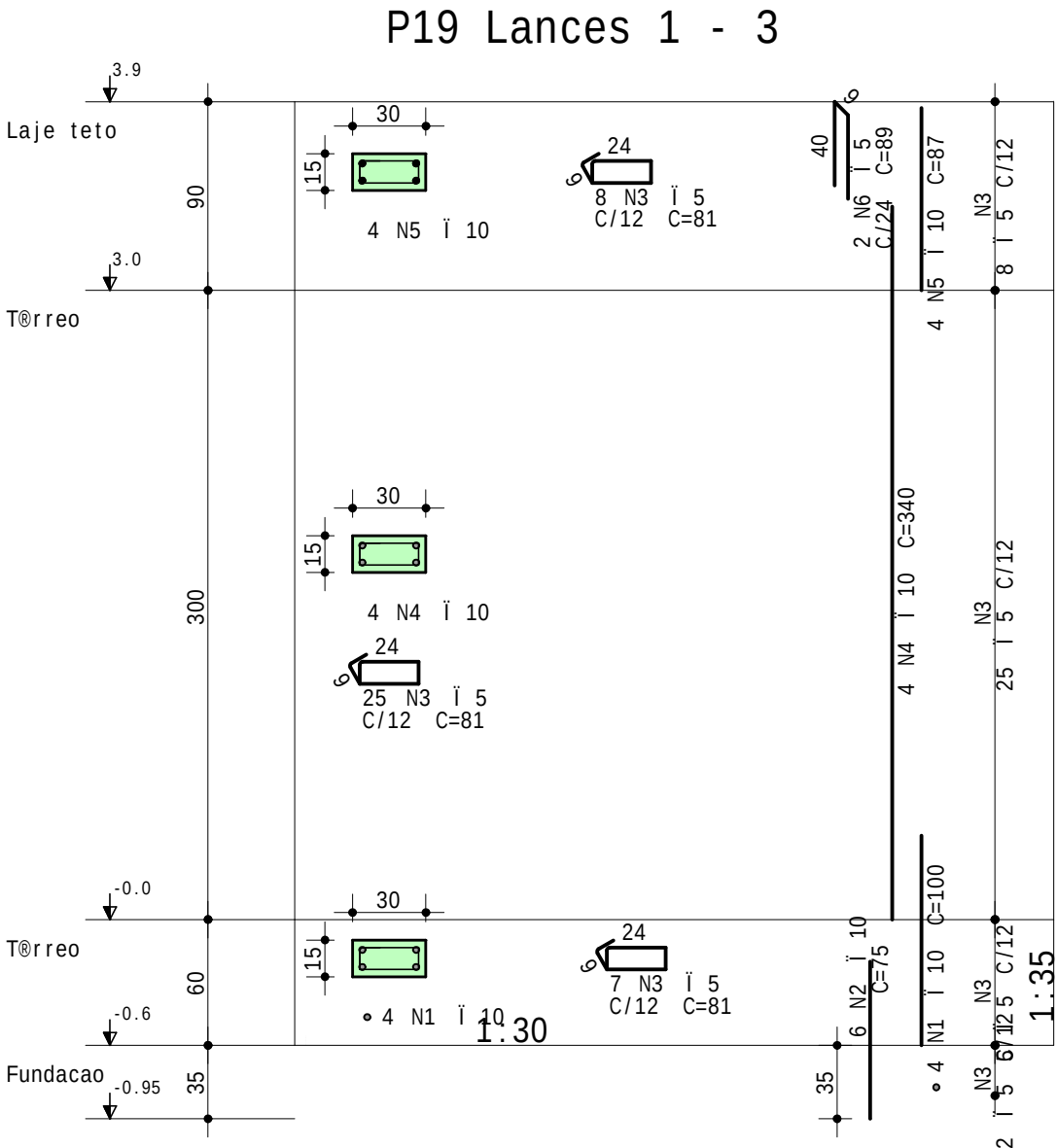
ESTUDO - N  EXECUTAR

Desenho produzido por verso acadêmica, proibido uso comercial



ESTUDO - N  EXECUTAR

Desenho produzido por verso acadêmica, proibido uso comercial



CONCRETO
fck = 30 MPa

CLIENTE
João da Silva

OBRA
Residência RA

TÍTULO
PILARES

DATA
05/10/2023

ESCALA
1:30

DESENHO
RES-PIL-PIL-053-ROO

COORD.

OBRA N. 
0001

DES. N. 
14/15

REV. N. 
00

ENG. 

P1 Lances 1 - 3

P2 Lances 1 - 3

P3 Lances 1 - 3

P8 Lances 1 - 3

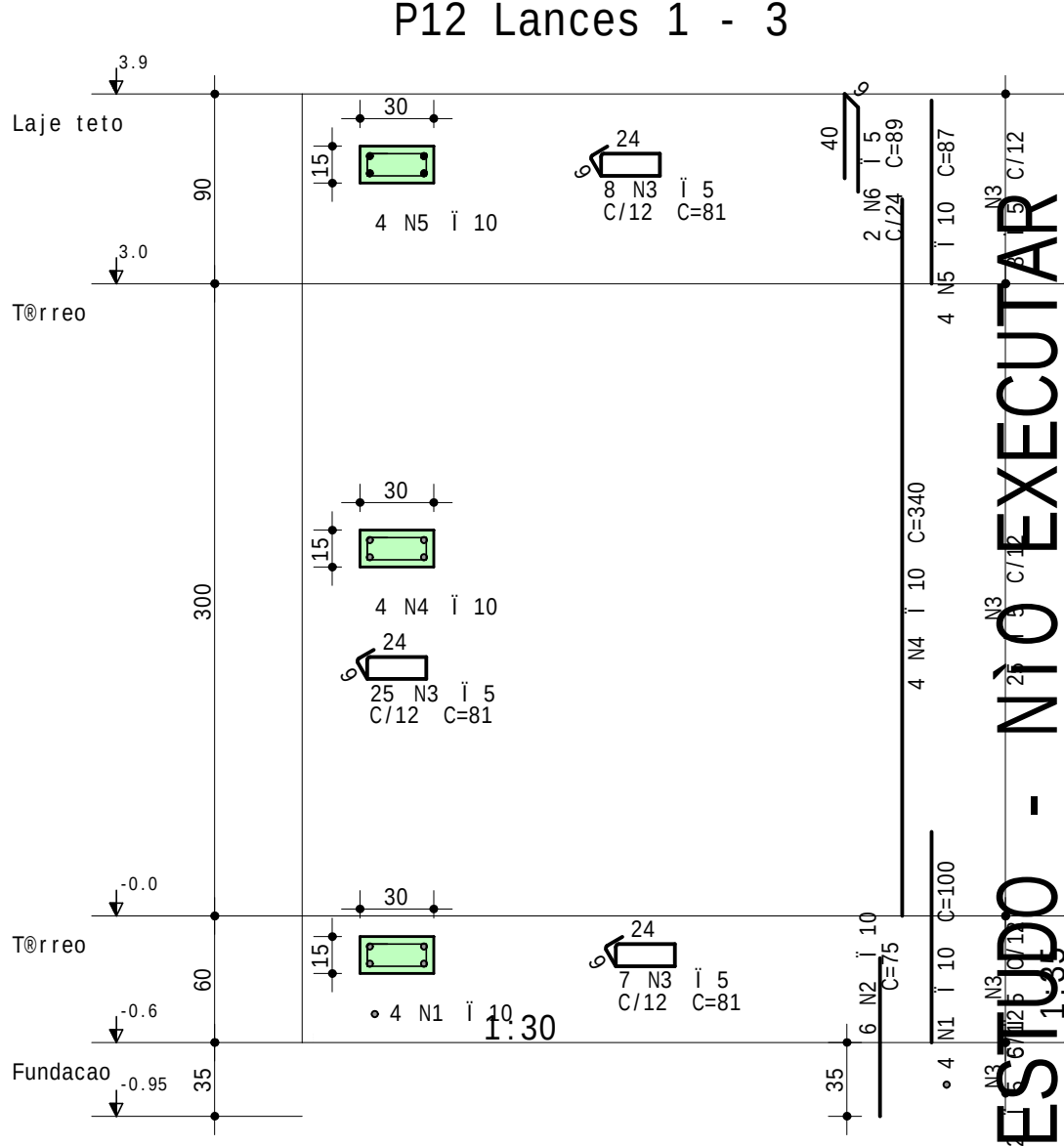
P12 Lances 1 - 3

P15 Lances 1 - 3

P18 Lances 1 - 3

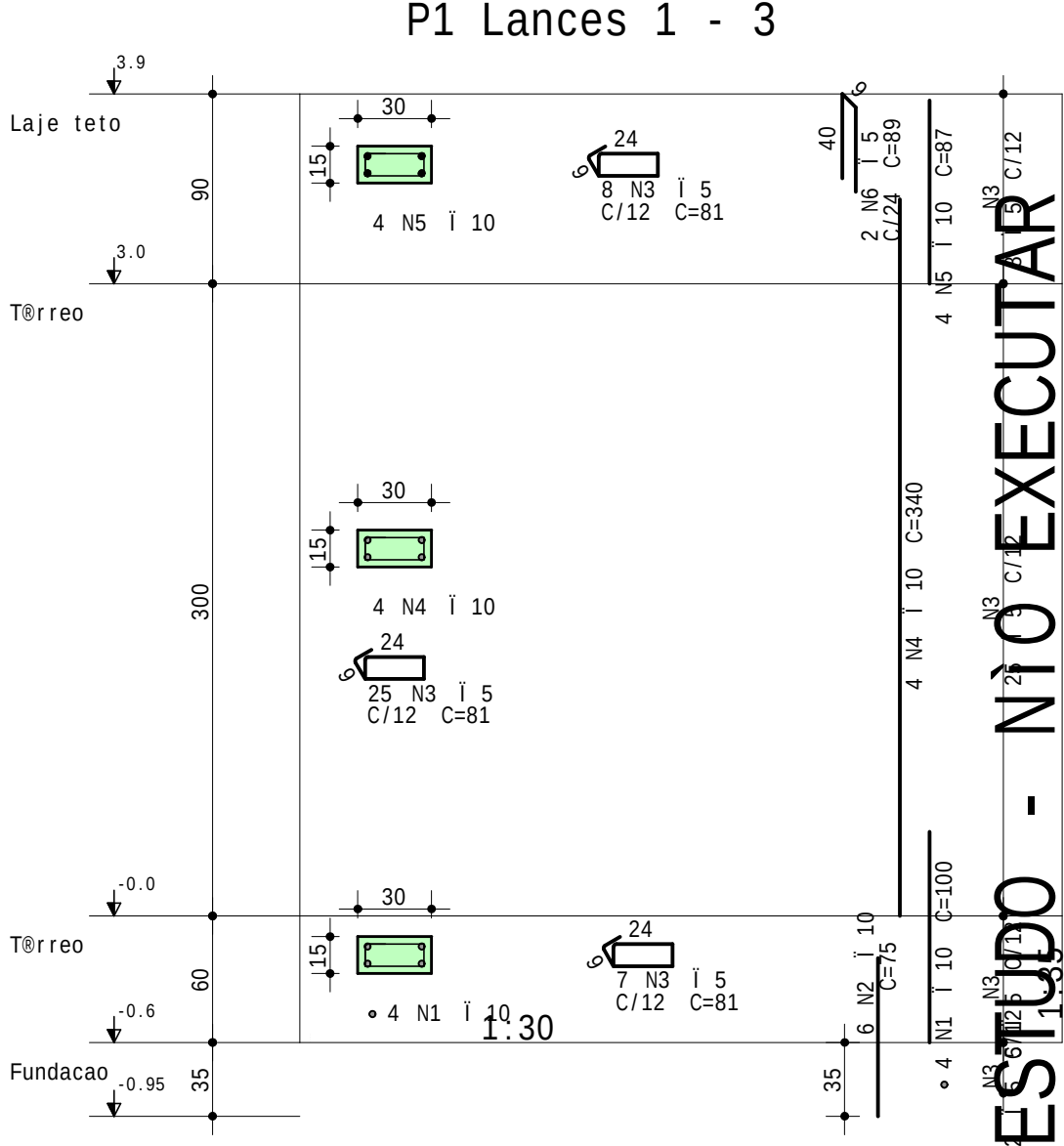
P19 Lances 1 - 3

Desenho produzido por verso acad mica, proibido uso comercial



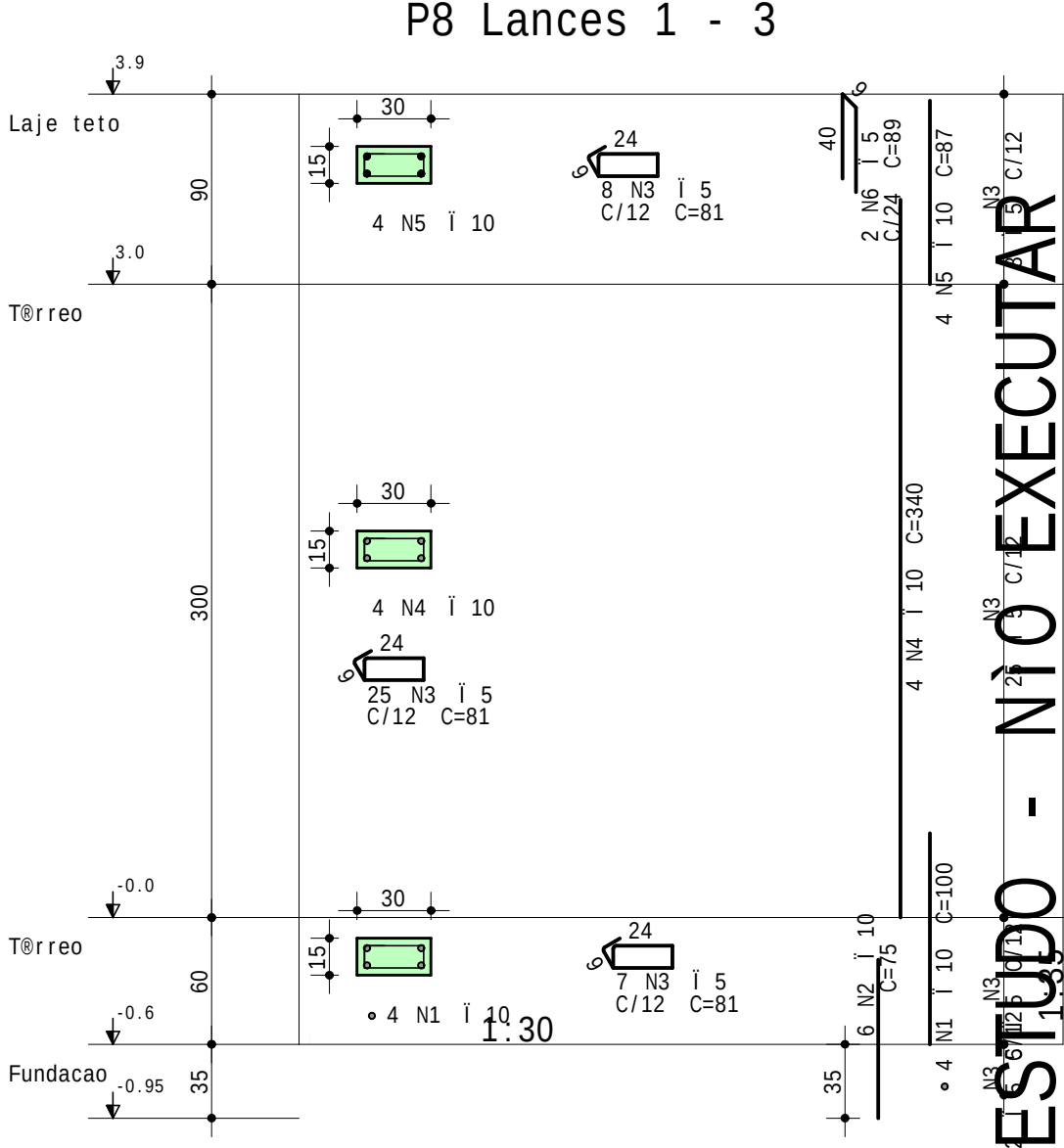
ESTUDO - N  EXECUTAR

Desenho produzido por verso acadêmica, proibido uso comercial



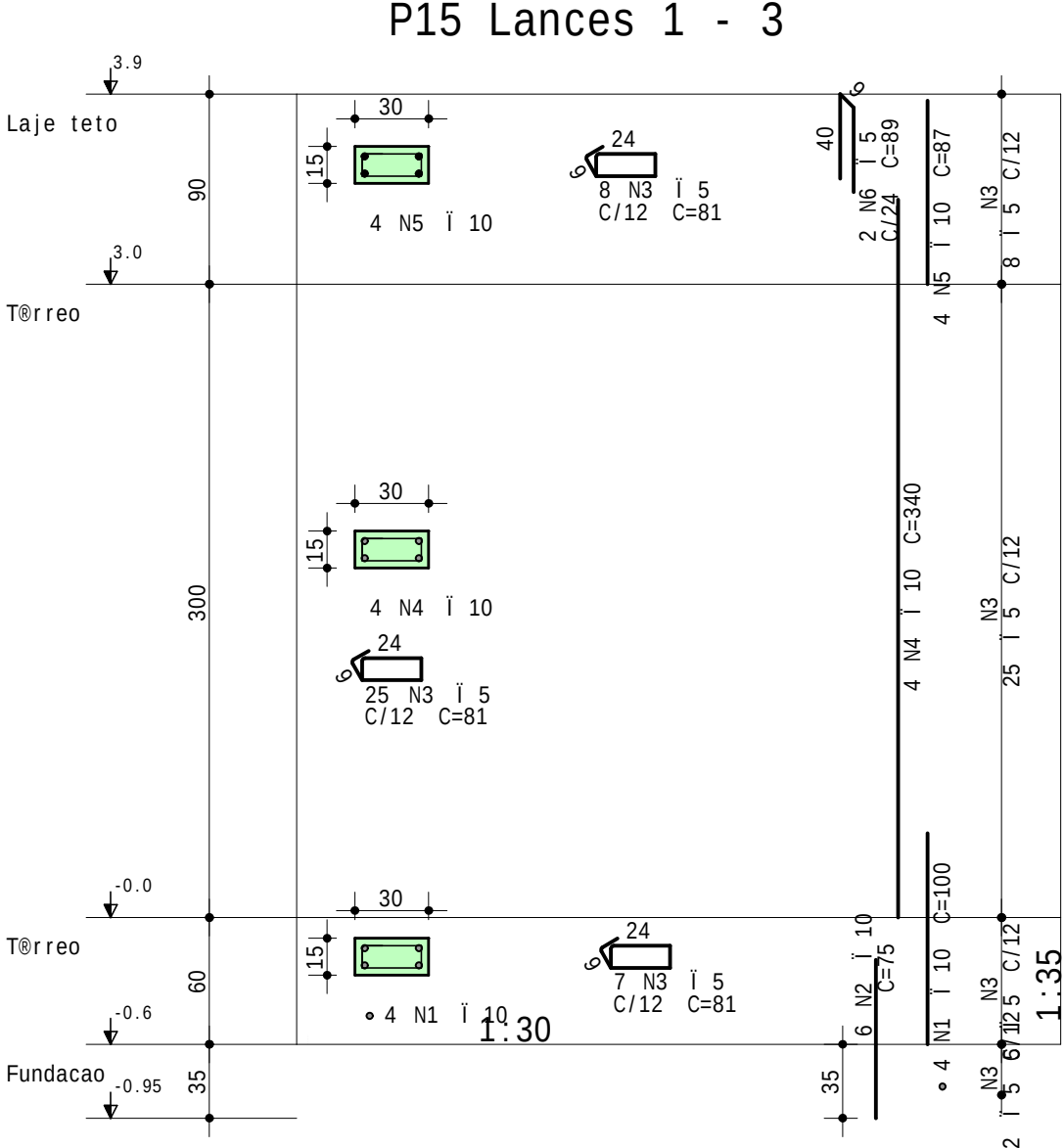
ESTUDO - N  EXECUTAR

Desenho produzido por verso acadêmica, proibido uso comercial



ESTUDO - N  EXECUTAR

Desenho produzido por verso acadêmica, proibido uso comercial



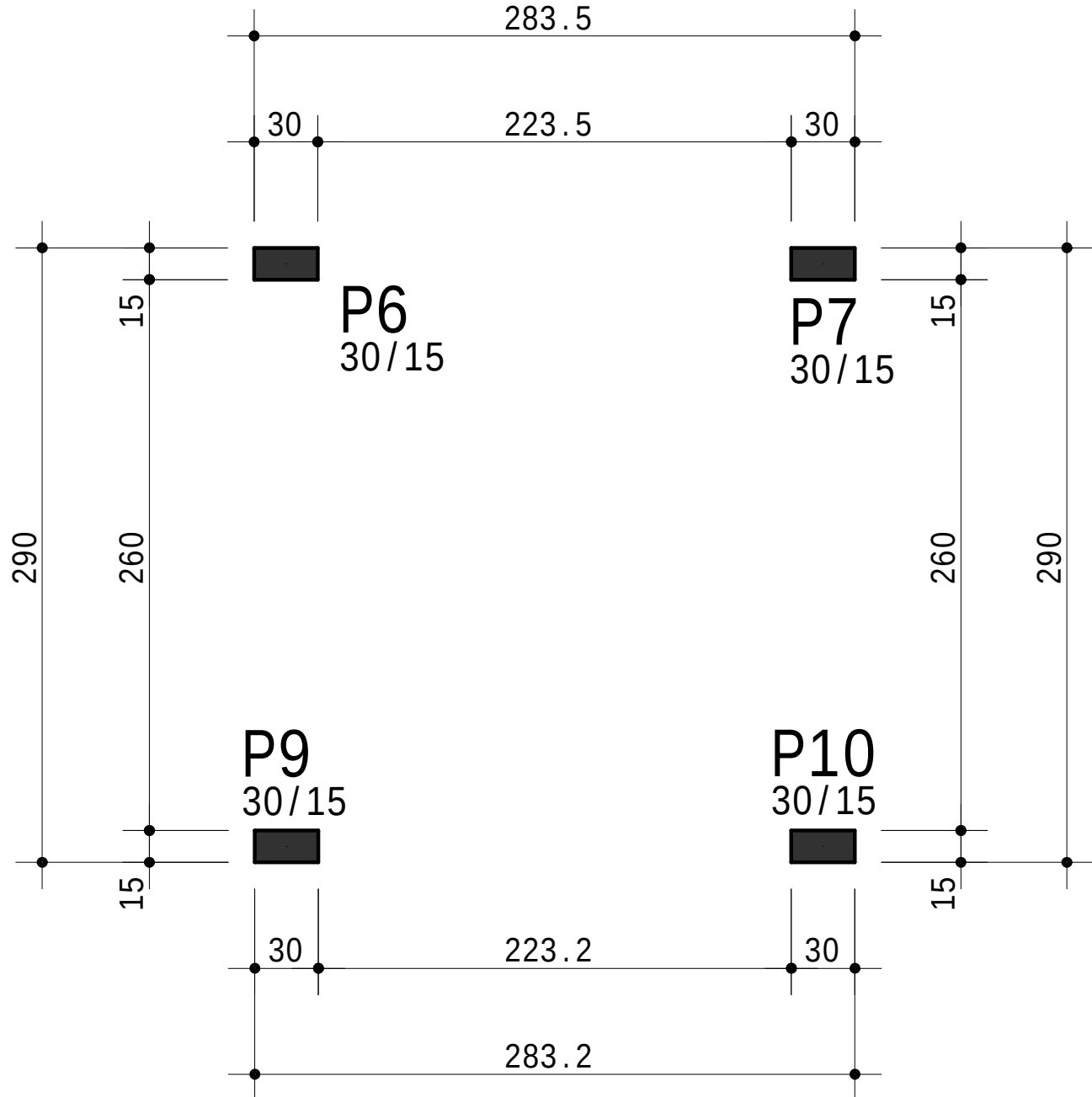
Desenho produzido por verso acadêmica, proibido uso comercial

AEO	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT	TOTAL	
mm						
cm						
cm						
P1 Lances 1 - 3	50A	1	10	4	100	400
	50A	2	10	6	75	450
	60A	3	5	40	81	3240
	50A	4	10	4	340	1360
	50A	5	10	4	87	348
	60A	6	5	2	89	178
P2 Lances 1 - 3	50A	1	10	4	100	400
	50A	2	10	6	75	450
	60A	3	5	40	81	3240
	50A	4	10	4	340	1360
	50A	5	10	4	87	348
	60A	6	5	2	89	178
P3 Lances 1 - 3	50A	1	10	4	100	400
	50A	2	10	6	75	450
	60A	3	5	40	81	3240
	50A	4	10	4	340	1360
	50A	5	10	4	87	348
	60A	6	5	2	89	178
P8 Lances 1 - 3	50A	1	10	4	100	400
	50A	2	10	6	75	450
	60A	3	5	40	81	3240
	50A	4	10	4	340	1360
	50A	5	10	4	87	348
	60A	6	5	2	89	178
P12 Lances 1 - 3	50A	1	10	4	100	400
	50A	2	10	6	75	450
	60A	3	5	40	81	3240
	50A	4	10	4	340	1360
	50A	5	10	4	87	348
	60A	6	5	2	89	178
P15 Lances 1 - 3	50A	1	10	4	100	400
	50A	2	10	6	75	450
	60A	3	5	40	81	3240
	50A	4	10	4	340	1360
	50A	5	10	4	87	348
	60A	6	5	2	89	178
P18 Lances 1 - 3	50A	1	10	4	100	400
	50A	2	10	6	75	450
	60A	3	5	40	81	3240
	50A	4	10	4	340	1360
	50A	5	10	4	87	348
	60A	6	5	2	89	178
P19 Lances 1 - 3	50A	1	10	4	100	400
	50A	2	10	6	75	450
	60A	3	5	40	81	3240
	50A	4	10	4	340	1360
	50A	5	10	4	87	348
	60A	6	5	2	89	178

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT	COMPR	PESO
	mm	m	kgf
60A	5	273	42
50A	10	205	126
Peso Total 60A =			42 kgf
Peso Total 50A =			126 kgf

Desenho produzido por vers«o acad°mica, proibido uso comercial

Desenho produzido por vers«o acad°mica, proibido uso comercial



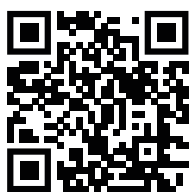
CONCRETO fck = 30 MPa		OBRA N.º 0001	
CLIENTE João da Silva		DES. N.º 15/15	
OBRA Residência RA		REV. N.º 00	
TÍTULO FÔRMAS - TOPO CAIXA D'ÁGUA			
DATA 05/10/2023	ESCALA 1:30	DESENHO RES-TOP-FOR-054-R00	COORD.
ENG.º			

REFERENCE TRACKER

augin



*More than 176 countries are
augin' with us.*



Join
augin.app

WE ARE AUGIN'
Visit our site augin.app

augin'

Load your 3D models and start
augin' your projects in AR.

FREE DOWNLOAD

