

Curso de Engenharia Civil
Estágio Supervisionado
Semestre Letivo 2024/1

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
MODELAGEM E DETALHAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Por
INGRID DE PINHO CAVALCANTE

Relatório Final de Estágio elaborado como parte dos requisitos da disciplina Estágio Supervisionado para a integralização dos créditos do curso de Engenharia Civil.

Prof. Orientador: Dr. Winston Junior Zumaeta Moncayo.
Supervisor: Ian Reis Pezos.
Empresa: TecPro Projetos e Construções LTDA.

Manaus, 20 de julho de 2024

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	3
2	REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1	PROJETOS ESTRUTURAIS.....	5
2.2	BIM (BUILDING INFORMATION MODELLING).....	6
2.3	AUTODESK REVIT	7
2.4	AUTODESK AUTOCAD	9
2.5	SOFTWARE CYPECAD.....	10
3	ATIVIDADES PRÁTICAS DESENVOLVIDAS	12
3.1	DESENVOLVIMENTO DE PLANTA DE LOCAÇÃO DE FUROS DE SONDAGEM	12
3.2	ARMAÇÃO DE VIGAS, PILARES E SAPATAS	13
3.3	CRIAÇÃO DE QUANTITATIVOS E PRANCHAS DE ELEVAÇÃO DE CABOS DE PROTENSÃO	15
3.4	ARMAÇÃO DE PISCINA	17
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
	REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

O estágio supervisionado é um dos componentes obrigatórios da matriz curricular do curso de Engenharia Civil. Tem como objetivo principal integrar os conhecimentos teóricos obtidos no decorrer da graduação com a prática e vivência de campo, sendo essencial para o desenvolvimento profissional do discente. Além disso, possibilita a relação com o mercado de trabalho, os deveres e responsabilidades ligados à profissão, e a compreensão das consequências geradas pelo exercício da função.

O estágio realizado na empresa TecPro Projetos e Construções Ltda teve como objetivo principal o aprimoramento da estagiária na área de engenharia estrutural. Durante esse período, foram realizadas diversas atividades relacionadas a projetos estruturais, como armação de piscina, modelagem de pilaretes de concreto para bases de estruturas metálicas, armação de vigas, sapatas e pilares, construção de pranchas de elevação de cabos de protensão e quantitativos para elementos estruturais em concreto protendido, inserção de cargas provenientes de estruturas metálicas em pilares e elaboração de planta para locação de furos de sondagem em obras comerciais.

No seguinte relatório, estão descritas as atividades que foram realizadas pela estagiária entre maio de 2024 e junho de 2024.

1.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O estágio supervisionado foi realizado na empresa TecPro Projetos e Construções Ltda, situada na Rua Planeta Netuno, número 6, Aleixo. A Figura 1 abaixo mostra a localização da empresa.

Figura 1 — Localização da empresa TecPro Projetos e Construções Ltda



Fonte: Google Maps (2024).

A Tecpro Projetos e Construções Ltda foi fundada em 2002 e atua nas áreas de projetos, construções e consultorias, consolidando ao longo dos anos grandes projetos residenciais, comerciais, industriais, institucionais e de infraestrutura urbana, adquirindo um acervo técnico abrangente nas áreas em que atua.

Por utilizar os melhores softwares para arquitetura e engenharia disponíveis no mercado, foi possível a implementação do BIM (Building Information Modeling), que significa modelo de informação da construção, uma evolução tecnológica que permite uma completa compatibilização entre todos os projetos e um orçamento preciso, com a geração de serviços e quantitativos de todas as disciplinas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROJETOS ESTRUTURAIS

De acordo com o IBEC (2020), o projeto estrutural envolve o dimensionamento e detalhamento da estrutura necessária para sustentar a edificação, que inclui vigas, pilares, lajes e fundação. O engenheiro determina o modelo de estrutura mais adequado, suas dimensões e características através de parâmetros e cálculos específicos, seguindo as normas vigentes.

O detalhamento abrange a quantidade de elementos, posicionamento, espessura, dimensões, espaçamento, bitolas das ferragens, planta de fôrmas, tipo de fundação, entre outros fatores cruciais para a execução precisa da estrutura (IBEC, 2020).

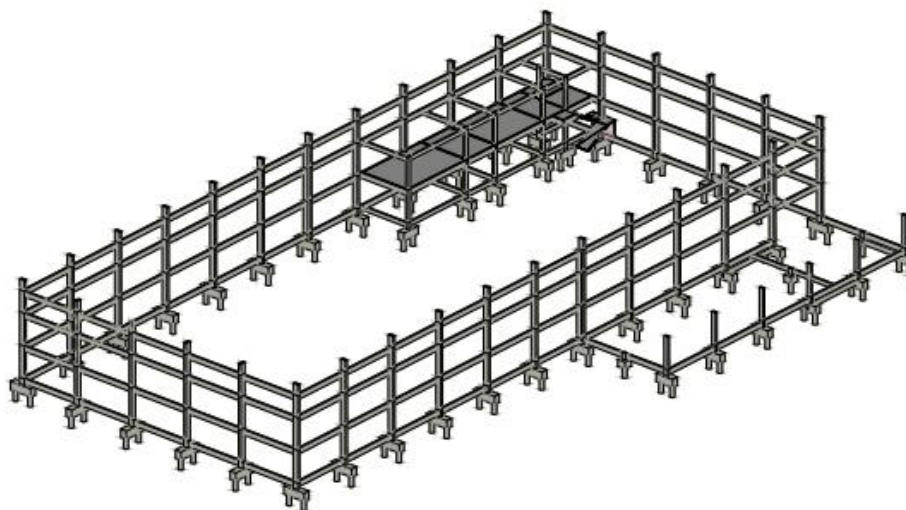
Aspectos importantes na elaboração de um projeto estrutural incluem visita técnica, relatório de sondagem, levantamento topográfico, cálculo estrutural, detalhamento e caracterização dos elementos estruturais (IBEC, 2020).

Conforme IBEC (2020), é essencial que o projeto apresente informações claras e objetivas para que todos os profissionais envolvidos na execução, como carpinteiros, armadores, concreteiras ou pedreiros, serralheiros, entre outros, compreendam de forma sucinta as diretrizes do projetista.

Para isso, o profissional de engenharia deve iniciar pela fase de concepção, que engloba a definição da solução estrutural, posicionamento e pré-dimensionamento dos elementos. Em seguida, realiza-se o levantamento das ações considerando todas as cargas atuantes na edificação e suas combinações (IBEC, 2020).

Após essa etapa, conforme IBEC (2020), segue-se a análise estrutural, que combina essas cargas para obter os esforços e deslocamentos. Dessa forma, é possível dimensionar e detalhar todos os elementos de acordo com as normas vigentes e exigências da construção. O último passo é a emissão das pranchas com o projeto completo para apresentação ao cliente.

Figura 2 – Estrutura de galpão modelado pelo setor de estruturas do escritório TecPro Projetos e Construções Ltda



Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

2.2 BIM (BUILDING INFORMATION MODELLING)

Segundo Gomes e Caixeta (2020), o mercado da construção civil destaca-se pela sua capacidade de inovação. Inovar neste setor implica em aprimorar e otimizar os processos tradicionais de construção, visando alcançar edificações completamente confiáveis, com menor incidência de erros e consequentemente menos atrasos, proporcionando segurança e conforto ao cliente. O Building Information Modelling (BIM) é uma das inovações que tem potencial para alcançar tais objetivos, já consolidado no mercado há algum tempo.

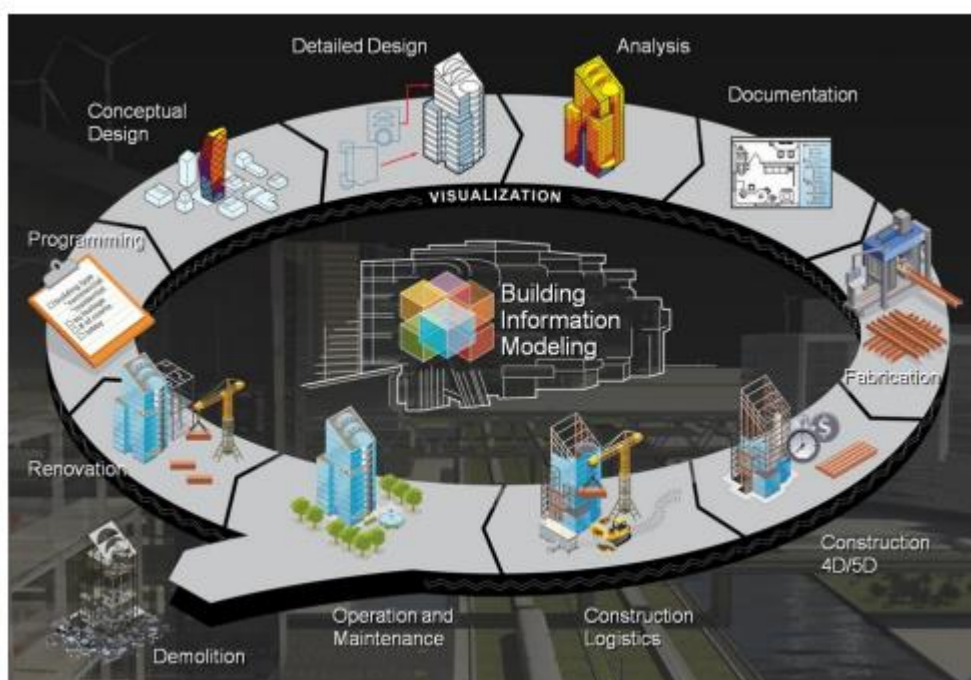
De acordo com Gomes e Caixeta (2020), os projetos elaborados no método convencional em documentação 2D têm demonstrado grandes falhas e inconsistências, muitas vezes perceptíveis apenas durante a execução da obra. Júnior (2018) destaca que um dos principais problemas da documentação 2D é a realização independente das diversas vistas do projeto, o que requer atualizações individuais em cada uma delas diante de qualquer modificação no modelo, resultando em ineficiências nos projetos.

A compatibilização é um aspecto crucial para evitar erros frequentes de projeto. No modelo 2D, essa compatibilização é realizada manualmente, seja através da sobreposição de projetos impressos ou digitalmente, com a verificação

visual de erros. Por outro lado, no BIM, a compatibilização é automatizada, utilizando softwares que trabalham com modelos interoperáveis (GOMES E CAIXETA, 2020).

A interoperabilidade possibilita a troca de dados entre diferentes softwares utilizados pelos projetistas de um empreendimento, sem perda de informações. Este aspecto elimina a necessidade de atualizações individuais das vistas pelo projetista a cada alteração no modelo, permitindo revisões automáticas (GOMES E CAIXETA, 2020). A figura 3 ilustra um possível fluxo de informação utilizando BIM, onde os dados inseridos em cada fase podem ser compartilhados ao longo das demais fases e especialidades.

Figura 3— BIM no ciclo de vida de um edifício



Fonte: Silva (2013).

2.3 AUTODESK REVIT

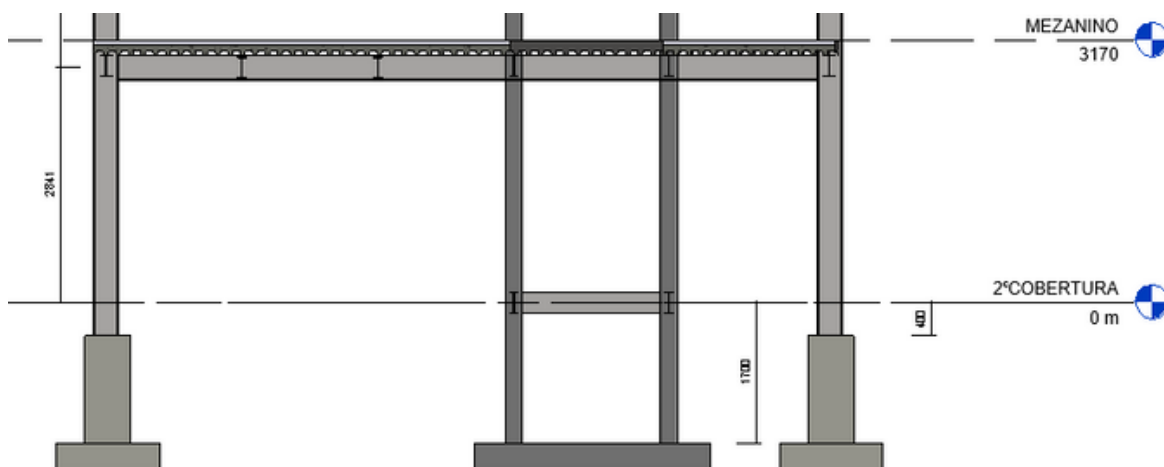
Segundo Gomes e Caixeta (2020), o Revit é um software BIM comercializado pela Autodesk desde o ano 2000. Ele possibilita a criação de modelos tridimensionais associados à parametrização de objetos. No Revit, as famílias de objetos são fundamentais para definir essa parametrização e são essenciais em

qualquer projeto no software, incluindo portas, janelas, telhados, vegetação, entre outros. Para a Autodesk (2020), uma família consiste em um grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades chamadas de parâmetros, além de uma representação gráfica correspondente.

Além disso, no Revit, há um vínculo dinâmico entre os elementos e as vistas: alterações ou exclusões feitas em uma vista refletem automaticamente nas outras. O software facilita o compartilhamento de trabalho entre diferentes projetistas, permitindo a criação de um modelo centralizado onde membros da equipe podem realizar alterações simultaneamente em cópias locais (AUTODESK, 2019).

Conforme Gomes e Caixeta (2020), a interoperabilidade entre softwares otimiza o trabalho em equipe, composto por diferentes projetistas na concepção de um empreendimento. A troca de dados, sem perda de informações geométricas e características dos elementos, ocorre através do modelo IFC (Industry Foundation Classes). Para Silva (2019), qualquer software que se intitule compatível com a plataforma BIM deve ser capaz, no mínimo, de exportar corretamente em IFC.

Figura 4 — Compatibilização no software Revit de estrutura metálica com pilaretes de concreto exportados em formato IFC do software CYPECAD



Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

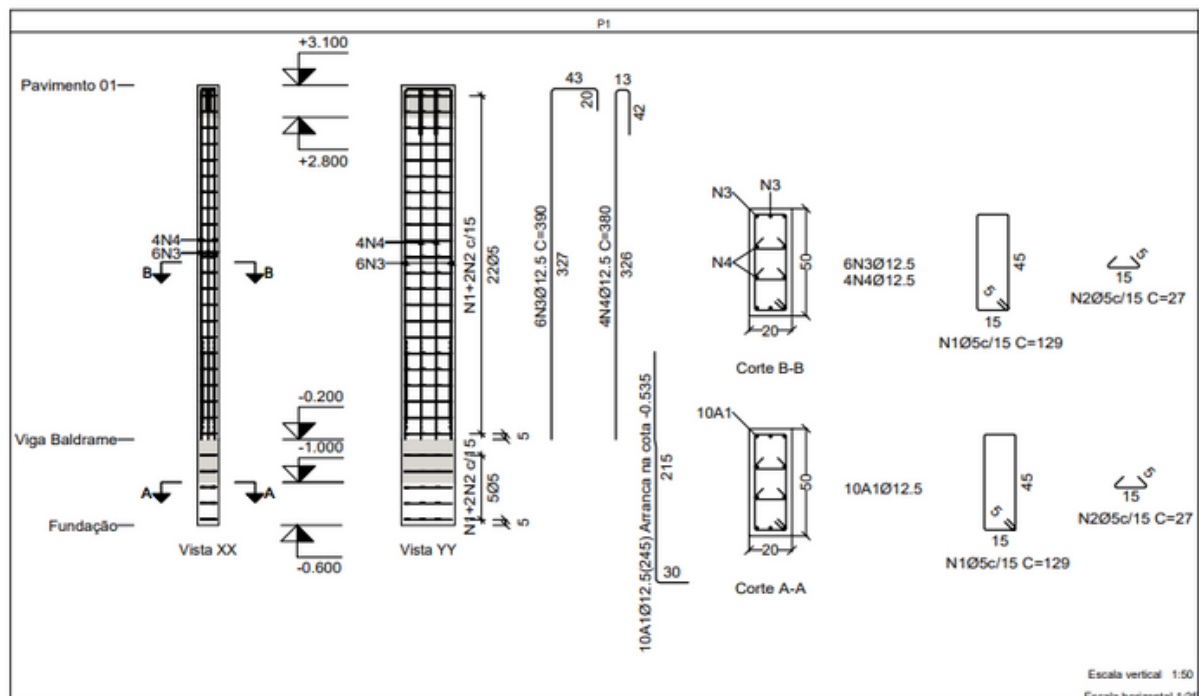
2.4 AUTODESK AUTOCAD

Criado pela Autodesk, o AutoCAD é um software de design, onde são aplicadas ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de projetos em 2D e 3D.

O desenho projetado por computador é muito utilizado no ramo da engenharia, pois permite planejar com facilidade projetos em locais onde seriam mais difíceis se executados à mão. A facilidade de edição dos desenhos no AutoCAD é um diferencial importante. Modificações podem ser feitas rapidamente, o que é essencial em um ambiente dinâmico onde alterações frequentes são necessárias para atender às demandas do projeto.

Outro ponto importante é a compatibilidade do AutoCAD com outros softwares utilizados na engenharia civil, como ferramentas de análise estrutural e BIM (Building Information Modeling). Essa integração permite um fluxo de trabalho mais contínuo e a utilização de dados de maneira mais eficiente.

Figura 5 — Armação de pilar exportado do CYPECAD para edição no software AutoCAD



Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

2.5 SOFTWARE CYPECAD

De acordo com a Multiplus (2024), o CYPECAD é um software para projeto e cálculo estrutural em concreto armado, pré-moldado, protendido e misto de concreto e aço que abrange as etapas de lançamento do projeto, análise e cálculo da estrutura, dimensionamento e detalhamento final dos elementos.

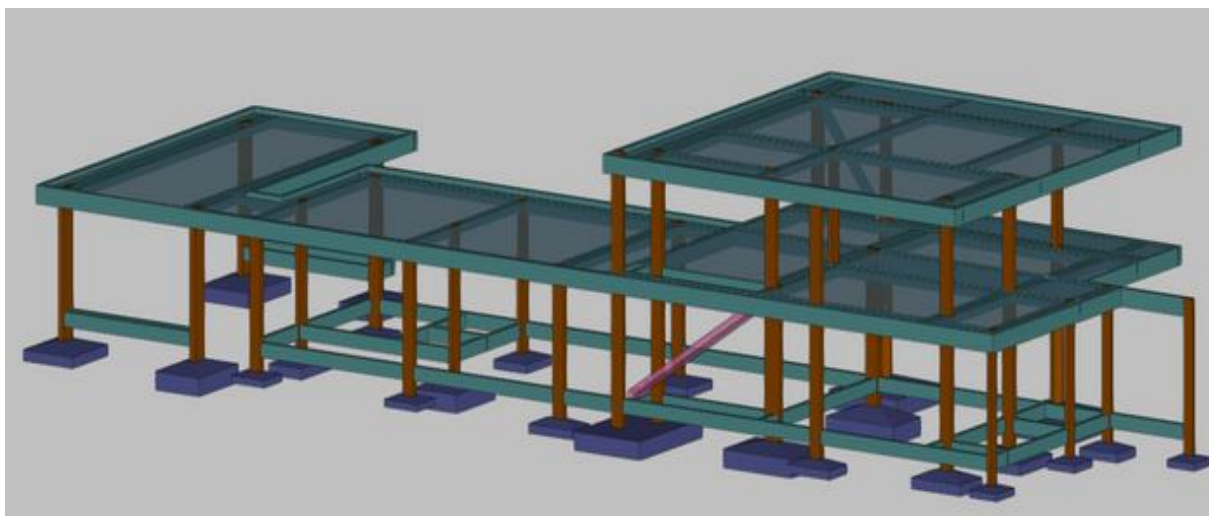
Segundo a Multiplus (2024), os recursos de detalhamento e dimensionamento estão em conformidade com as normas brasileiras de concreto armado (ABNT NBR 6118:2023), fundações (ABNT NBR 6122), carregamentos (ABNT NBR 6120), ventos (ABNT NBR 6123) e ações e combinações (ABNT NBR 8681).

O software CYPECAD é composto por diversos recursos para a concepção estrutural de edifícios. Possui ferramentas específicas para cada etapa do projeto de cálculo estrutural, incluindo o lançamento de pilares de concreto, pilares metálicos, pilares mistos de concreto e aço, pilares de madeira, vigas de concreto, vigas metálicas, vigas de madeira, lajes maciças e cogumelo, lajes pré-fabricadas, lajes nervuradas, sapatas, blocos sobre estacas e tubulões, radiers, entre outros (MULTIPLUS, 2024).

Uma das principais vantagens do CYPECAD é sua capacidade de realizar cálculos complexos de maneira automatizada, o que reduz significativamente o tempo necessário para a elaboração de projetos estruturais. Isso é crucial em um ambiente onde prazos são muitas vezes apertados e a eficiência é essencial.

Além disso, o software oferece a funcionalidade de gerar quantitativos da obra, que é extremamente útil para o planejamento e controle de custos. Esses quantitativos incluem informações detalhadas sobre os materiais necessários e quantidades, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos e ajudando a evitar desperdícios.

Figura 6 — Modelo tridimensional de estrutura modelada no software CYPECAD



Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

Figura 7 — Quantitativo de material de estrutura modelada no software CYPECAD

Quantidades da obra

Alexandre Pankov 2024 Data: 10/07/24

Notas:
 Barras: Os valores indicados têm incluídas as perdas.
 Superfície total: Foram deduzidas as aberturas de superfície maior que 0.00 m².

Fundação

Elemento	Fôrmas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Zapatas isoladas	85.12	33.179	1763
Total	-	33.179	1763

Viga Baldrame

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Vigas	96.37	18.30	7.990	523
Pilares	20.12	-	1.570	190
Total	-	18.30	9.560	713
Índices (por m²)	-	-	0.477	35.54

Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

3 ATIVIDADES PRÁTICAS DESENVOLVIDAS

Todas as atividades realizadas durante o estágio supervisionado foram acompanhadas pela Engenheira Civil Patrícia Dias, líder do setor de estruturas da Tecpro Projetos e Construções Ltda. Além disso, os projetistas do setor auxiliaram no esclarecimento de dúvidas e na solução de problemas sempre que necessário.

3.1 DESENVOLVIMENTO DE PLANTA DE LOCAÇÃO DE FUROS DE SONDAGEM

Segundo a EESC JR. (2021), o ensaio SPT, ou ensaio de sondagem simples à percussão, é um dos vários métodos utilizados para obter o perfil geotécnico de um solo. SPT é a sigla em inglês para Standard Penetration Test, que em português significa "Teste Padrão de Penetração". Este ensaio calcula o índice N_{SPT} , estabelecendo uma relação entre o número de golpes aplicados sobre um amostrador (N) e a resistência do solo.

Ao traçar as características do solo com o ensaio SPT, bem como o arranjo de suas camadas em diferentes profundidades, é possível delinear o perfil geológico-geotécnico do terreno. Este perfil fornece informações essenciais para a elaboração de um projeto. Com base nesses dados, o engenheiro responsável pode especificar e dimensionar as fundações da obra, evitando diversos problemas (EESC JR., 2021).

Conforme determina a ABNT NBR 8036:1983, os números mínimos de furos são definidos pela área a ser construída:

- de 200m² até 1200m² — uma sondagem para cada 200m²;
- de 1200m² até 2400m² — uma sondagem para cada 400m² que exceder de 1200m²;
- acima de 2400m² — fixado de acordo com o plano de construção.

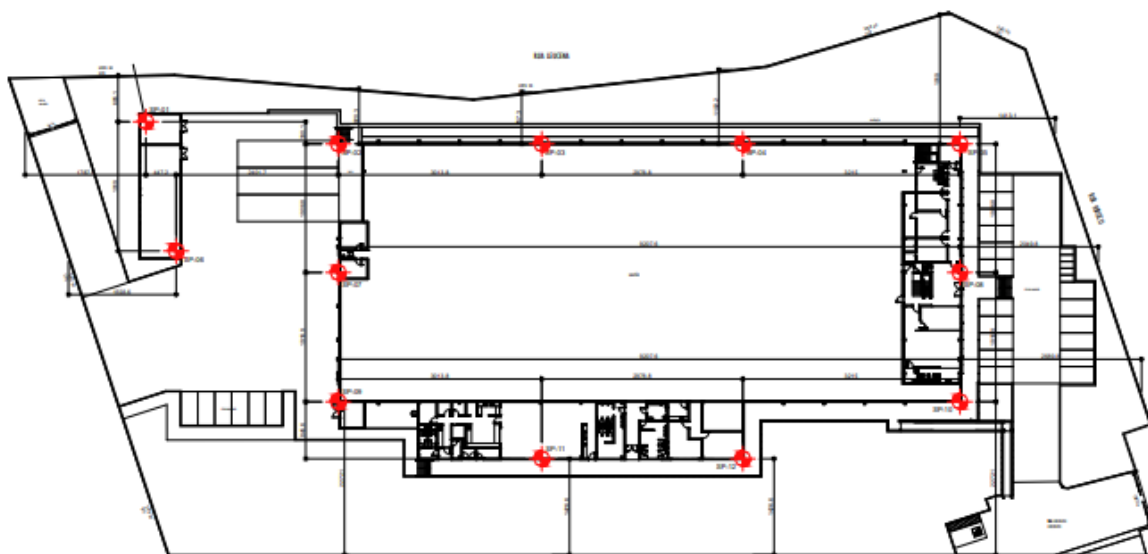
Em qualquer condição, o número mínimo de sondagens deve ser:

- dois furos para área de projeção até 200m²;
- três furos para área de projeção entre 200 a 400m².

Nos casos de estudos de viabilidade ou de escolha do local, conforme a ABNT NBR 8036:1983, o número de sondagens deve ser fixado a uma distância máxima de 100 metros.

O projeto em que a estagiária foi designada para elaborar a planta de locação dos furos de sondagem, trata-se de um galpão com cerca de 4000 m². Seguindo as diretrizes da ABNT NBR 8036:1983, optou-se por realizar 12 furos de sondagem, principalmente na área dos pilares e distribuídos estrategicamente para obter um perfil geotécnico adequado do terreno.

Figura 8 — Planta de locação de furos de sondagem



Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

3.2 ARMAÇÃO DE VIGAS, PILARES E SAPATAS

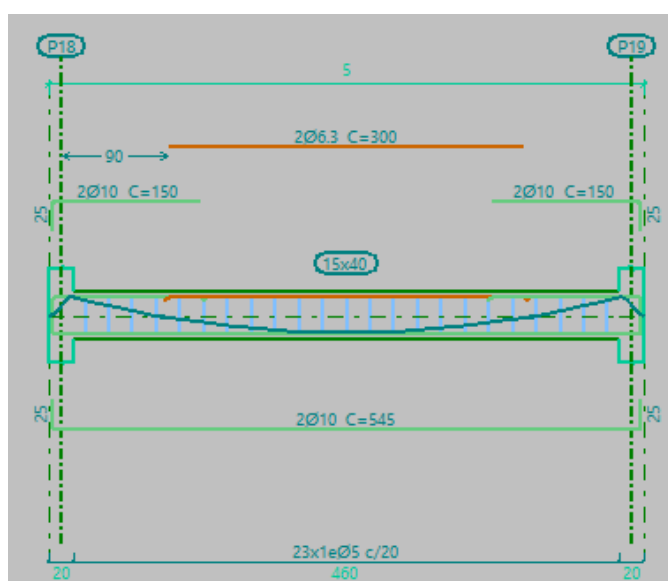
Grande parte das modelagens estruturais em concreto armado do escritório TecPro Projetos e Construções Ltda são realizadas utilizando o software CYPECAD.

No caso das vigas, o programa, em algumas situações, fornece valores de comprimento de armaduras que são difíceis de manusear em obras, apresentando valores fracionados que podem confundir os operários. Por isso, essas armações são editadas manualmente para facilitar a execução da estrutura, mantendo a segurança. Os comprimentos das armações são ajustados para serem sempre múltiplos de 50, e, em seguida, verifica-se no software se as alterações comprometem a segurança da estrutura.

Para os pilares, o comprimento de ancoragem é ajustado conforme as bitolas das barras de aço do pilar: para bitolas de 10 mm, utiliza-se um comprimento de emenda de 60 cm; para bitolas de 12,5 mm, utiliza-se uma emenda de 80 cm; e para bitolas de 16 mm, utiliza-se um comprimento de emenda de 100 cm.

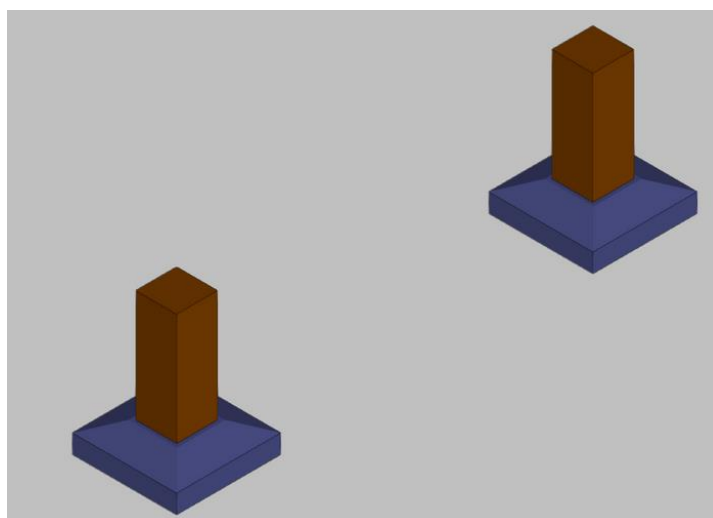
Nas sapatas, devem ser analisados fatores como tensões sobre o terreno, flexão na sapata, comprimento de ancoragem, quantidade geométrica mínima, quantia mínima necessária por flexão, entre outros. A armação e geometria das sapatas também podem ser editadas conforme a situação.

Figura 9 — Armação de viga editada no software CYPECAD



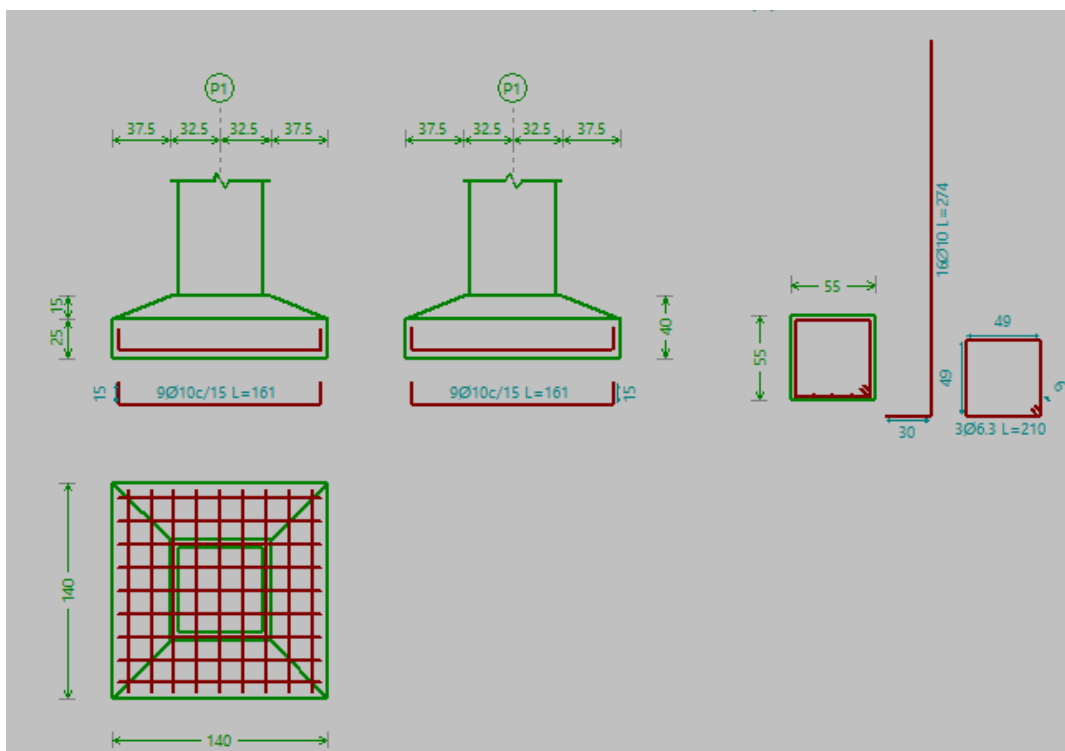
Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

Figura 10 — Pilaretes de concreto modelados no software CYPECAD



Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

Figura 11 — Armação de sapata editada no software CYPECAD



Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

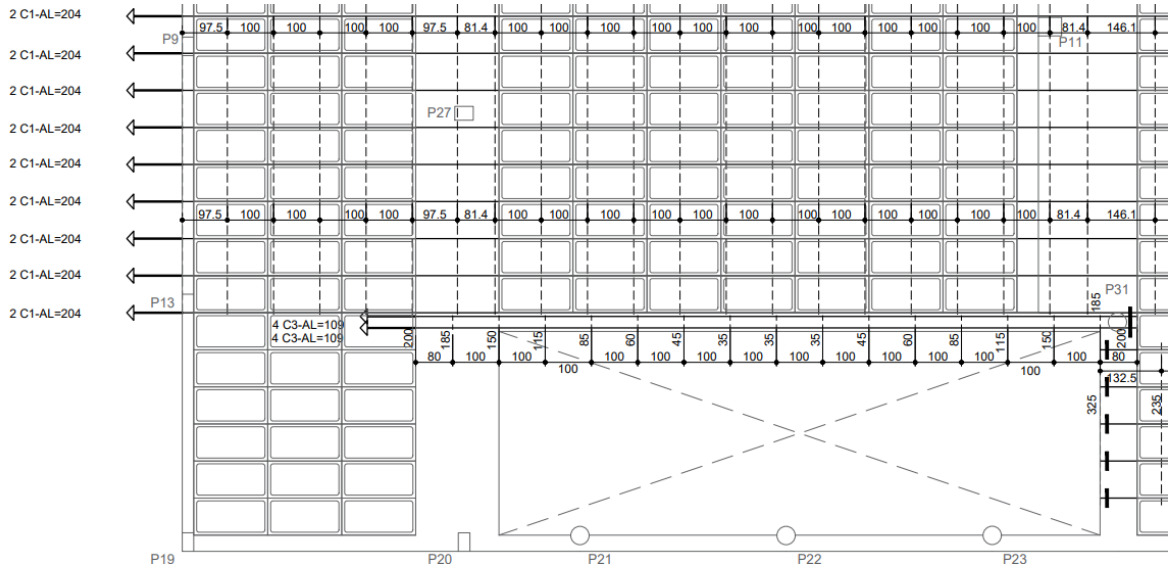
3.3 CRIAÇÃO DE QUANTITATIVOS E PRANCHAS DE ELEVAÇÃO DE CABOS DE PROTENSÃO

Os elementos em concreto protendido são modelados no software ADAPT no escritório TecPro Projetos e Construções Ltda.

Esses elementos são exportados do ADAPT em formato DWG para o AutoCAD, onde são editados para atender aos padrões de entrega da empresa, inserindo cotas entre as elevações dos cabos de protensão e ajustando a prancha para torná-la o mais compreensível possível para o cliente.

São realizados também os quantitativos dos cabos de protensão e da armadura de fretagem a ser utilizada. O quantitativo dos cabos de protensão considera fatores como quantidade, comprimento e alongamento (mm) dos cabos. A armadura de fretagem, situada na região da ancoragem para evitar fissuras no concreto causadas pelos esforços concentrados de protensão, tem sua quantidade determinada de acordo com o tipo de cabo, seja ele distribuído ou concentrado.

Figura 12 — Modelo de prancha de elevação de cabos de protensão



Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

Figura 13 — Quantitativo de cabos de protensão

PROTENSÃO: AÇO CP190 RB 12.7								
CABO	Ø	Q	COMPRIMENTO		ANCORAGENS			ALONG (mm)
			UNITÁRIO	TOTAL	A	P	I	FINAL
C1	Ø 12.7	34	30,90	1.050,60	34	34	0	204
C2	Ø 12.7	4	30,90	123,60	4	4	0	197
C3	Ø 12.7	8	11,00	88,00	8	8	0	109
C4	Ø 12.7	10	11,05	110,50	10	10	0	73
RESUMO DE PROTENSÃO								
MONOCORDOALHAS NÃO ADERENTES								
CABO				ANCORAGENS				
Ø	COMPR.	PESO			A	P	I	
		kg/m	kg	kg+4%				
Ø 12.7	1372.70	0,886	1216.21	1264.86	56	56	0	

Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

Figura 14 — Quantitativo de armadura de fretagem

ARMADURA DE FRETAGEM						
sem escala						
			200 N1 Ø10 C=60 30 N2 Ø10 C=74			
Elemento	Pos.	Bit. Ø	Q.	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50A (kg)
Det-1	1	10	200	60	12000	74.07
	2	10	30	74	2220	13.70
Total+10%:						96.56
Ø10:						96.56
TOTAL:						96.56

Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

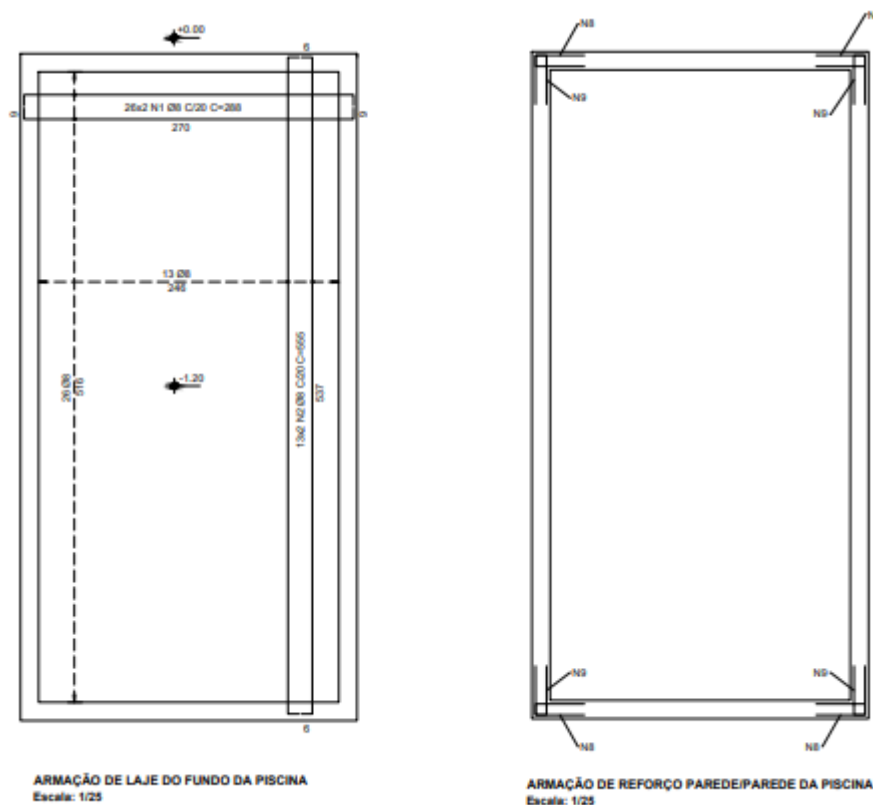
3.4 ARMAÇÃO DE PISCINA

A armação da laje do fundo e das paredes da piscina é essencial para garantir a integridade e a durabilidade da estrutura.

A piscina precisa suportar o enorme peso da água, que exerce uma pressão significativa sobre todas as partes da estrutura. Além disso, as forças exercidas pelo solo circundante também podem ser substanciais, especialmente em terrenos instáveis ou em regiões com lençóis freáticos altos. A armação, composta por barras de aço dispostas estrategicamente, confere ao concreto a capacidade de resistir a essas forças sem se deformar, rachar ou colapsar.

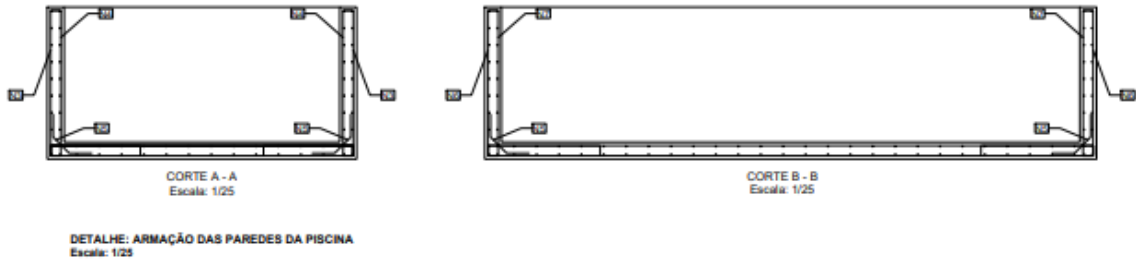
A estrutura da piscina apresentada nas figuras 15, 16 e 17 foi projetada manualmente utilizando o software AutoCAD. Neste processo, foram elaboradas as estruturas da laje do fundo, das paredes, assim como os reforços nas conexões parede/parede e parede/fundo da piscina.

Figura 15 — Armação da laje do fundo e reforço parede/parede da piscina



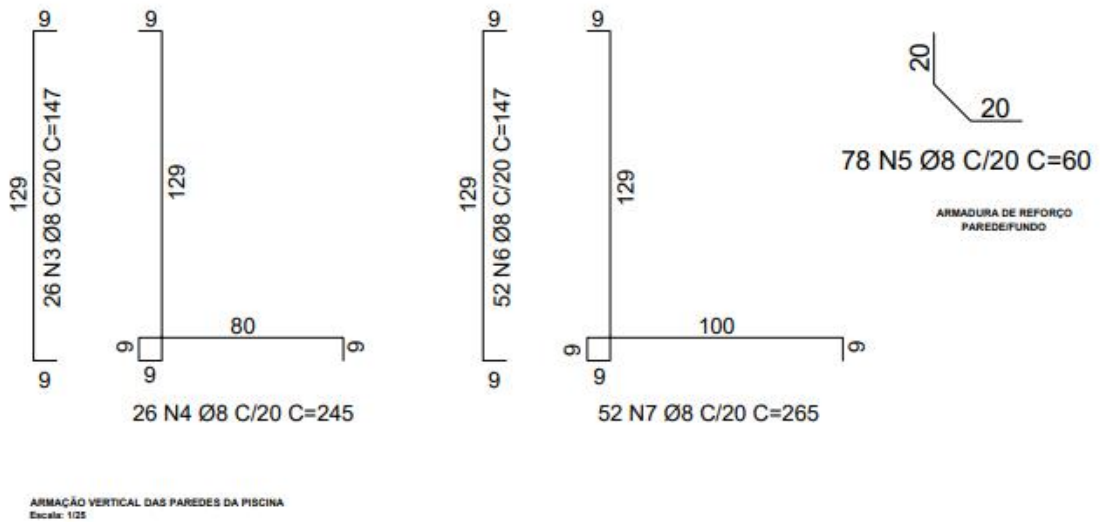
Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

Figura 16 — Armação das paredes da piscina



Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

Figura 17 — Armação vertical das paredes da piscina e armadura de reforço parede/fundo



Fonte: TecPro Projetos e Construções Ltda (2024).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio desempenha um papel fundamental na formação de um estudante de Engenharia Civil, servindo como uma conexão essencial entre a teoria acadêmica e a prática profissional no mercado de trabalho. Durante esse período, a estudante teve a oportunidade de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso em situações reais de trabalho, fortalecendo não apenas a compreensão dos conceitos técnicos, mas também desenvolvendo habilidades práticas essenciais, como trabalho em equipe, comunicação eficaz, lidar com desafios e tomada de decisões.

O estágio proporcionou uma oportunidade única para a estudante desenvolver competências como responsabilidade e resolução de problemas. Enfrentando desafios diários, como questões técnicas inesperadas ou ajustes em projetos, ela adquiriu experiência em analisar problemas de engenharia e buscar soluções práticas. A interação com projetistas experientes e a imersão em casos reais contribuíram significativamente para o crescimento pessoal e profissional da estagiária, enriquecendo seu aprendizado e preparando-a para os desafios futuros na carreira de Engenharia Civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036:1983 - Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundação de edifícios**. Rio de Janeiro, 1983. 3 p. Acesso em: 10 jul. 2024.

EESC JR. - EMPRESA JÚNIOR DE ENGENHARIA E ARQUITETURA DA USP SÃO CARLOS. **Ensaio SPT: A importância de estudar o terreno para garantir a segurança da sua residência (e da sua família!)**. São Carlos, 2021. Acesso em: 10 jul. 2024.

GOMES, L.; CAIXETA, M. (Coord.). **Compatibilização de Projetos em BIM**. Goiânia, 2020. 9 p Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Google LLC. **Google Maps**. 2024. Acesso em: 12 jul. 2024.

IBEC - INSTITUTO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE CUSTOS. **A importância do projeto estrutural para a engenharia e o que há de mais moderno nisso**. 2020. Acesso em: 12 jul. 2024.

MULTIPLUS. **CYPECAD - Software para cálculo estrutural**. Acesso em: 12 jul. 2024.

SILVA, Jorge. **PRINCÍPIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS COM RECURSO A FERRAMENTAS BIM**. Portugal, 2013. 105 p Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade do Porto.