N.º DOCUMENTO:	**LTP-SCT-IFB-TEATRO-CT062026-R01**
USUÁRIO:	**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA**
TÍTULO DO PROJETO:	**ANÁLISE ESTRUTURAL**
TÍTULO DA OBRA:	**LAUDO TÉCNICO ESTRUTURAL**

LAUDO TÉCNICO

ÍNDICE DE REVISÕES

Rev.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	Emissão
1	Revisão do relatório em atendimento aos apontamentos apresentados pela fiscalização em 03/11/2026.

	EMISSÃO	REV.1	REV.2	REV.3	REV.4	REV.5
DATA:	27/10/2026	04/11/2026				
EXECUÇÃO:	MARCILIO BRITO	MARCILIO BRITO				
VERIFICAÇÃO:	MARCILIO BRITO	MARCILIO BRITO				
APROVAÇÃO:	MARCILIO BRITO	MARCILIO BRITO				

APRESENTAÇÃO

A PROJECON – Projetos e Construções Ltda. apresenta o presente documento técnico referente as atividades que integram o Contrato nº 6/2026, destinado à elaboração de laudo estrutural para a obra do Teatro do Campus Brasília do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – IFB, localizado na Via L2 Norte, SGAN 610, Módulos D, E, F e G, Asa Norte, Brasília - DF, CEP 70830-450.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem de satélite com a localização e identificação do Teatro – IFB 6
Figura 2: Fachada Frontal e Leste 6
Figura 3: Planta de fôrma da Palco.....31
Figura 4: Armadura calculada - Palco 32
Figura 5: Armadura existente - Palco 33
Figura 6: Armadura da Viga VT9 - Palco 35
Figura 7: Armadura da Viga VT12 - Palco.....35
Figura 8: Armadura da Viga VT32 - Palco.....35
Figura 9: Planta de fôrma da Plateia Superior.....37
Figura 10: Armadura calculada - Plateia Superior.....38
Figura 11: Armadura existente - Plateia Superior.....39
Figura 12: Grupo de vigas similares a VPS 30 41
Figura 13: Grupo de vigas similares a VPS 32 41
Figura 14: Grupo de vigas similares a VPS 34 42
Figura 15: Grupo de vigas similares a VPS 39 42
Figura 16: Deformações - Aceitabilidade sensorial visual - Palco.....44
Figura 17: Deformações - Aceitabilidade sensorial de vibração - Palco.....45
Figura 18: Deformações da viga VT9.....46
Figura 19: Deformações da viga VT12 47
Figura 20: Deformações da viga VT32 47
Figura 21: Deformações da viga VPS 30 48
Figura 22: Deformações da viga VPS 32 48
Figura 23: Deformações da viga VPS 34 49
Figura 24: Armadura existente no grupo de pilares P13.....51
Figura 25: Armadura existente no grupo de pilares P24.....51
Figura 26: Armadura existente no grupo de pilares P48.....51
Figura 27: Armadura existente do pilar P93 52
Figura 28: Armadura existente no grupo de pilares P100 52
Figura 29: Fôrmas e armaduras dos tubulões dos grupos T13 e T48, respectivamente, com diâmetros dos fustes de 60 cm e 70 cm 53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação das anomalias e falhas 8
Tabela 2: Escala de classificação dos parâmetros de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) 9
Tabela 3: Pontuação GUT 20
Tabela 4: Valores normativos para cobrimento nominal – NBR 6118:2003 e 6118:2014 23
Tabela 5: Tabela 7.1 da ABNT NBR 6118:2023 24
Tabela 6: Características do concreto 25
Tabela 7: Características do aço 25
Tabela 8: Parâmetros da ação do vento 27
Tabela 9: Coeficientes de ponderação das ações 27
Tabela 10: Combinações das ações 28
Tabela 11: Resultados das lajes - Palco 30
Tabela 12: Análise e verificação do ELU – Vigas / Palco 34
Tabela 13: Resultados das lajes – Plateia Superior 36
Tabela 14: Análise e verificação do ELU – Vigas / Plateia Superior 40
Tabela 15: Limites dos deslocamentos – NBR 6118:2023 43
Tabela 16: Verificação do ELS - Deformação excessiva – Lajes / Palco 43
Tabela 17: Verificação do ELS - Deformação excessiva – Vigas / Palco 46
Tabela 18: Verificação do ELS - Deformação excessiva – Vigas / Plateia Superior 48
Tabela 19: Verificação dimensional dos pilares 50
Tabela 20: Resultados das análises das fundações 53
Tabela 21: Matriz de risco/severidade dos elementos 54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 5
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 5
3. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA E DO IMÓVEL 5
4. LEVANTAMENTO CADASTRAL DA ESTRUTURA 7
5. PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS 7
5.1 Inspeções visual e detalhada 7
5.2 Mapeamento, diagnóstico, ações corretivas e relatório fotográfico das anomalias 8
6. MATRIZ GUT 20
7. TERMINOLOGIA 20
8. HISTÓRICO DA EDIFICAÇÃO 20
9. METODOLOGIA EMPREGADA 21
10. ANÁLISE ESTRUTURAL 22
10.1 Critérios de durabilidade 23
10.2 Características dos materiais 23
10.3 Ações de carregamento 25
10.3.1 Cargas permanentes 25
10.3.2 Cargas variáveis 26
10.4 Coeficientes de ponderação das ações 27
10.5 Combinações de ações 28
11. ANÁLISE E VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL - ELU / ELS 29
11.1 Estado Limite Último – ELU 29
11.1.1 ELU das Lajes - Palco 29
11.1.2 ELU das Vigas - Palco 34
11.1.3 ELU das Lajes – Plateia Superior 36
11.1.4 ELU das Vigas – Plateia Superior 40
11.2 Estado limite de serviço – ELS 43
11.2.1 ELS das Lajes - Palco 43
11.2.2 ELS das Vigas – Palco 46
11.2.3 ELS das Vigas – Plateia Superior 47
11.3 Verificação dos pilares 49
11.4 Análise das Fundações 52
11.5 Verificação da Estabilidade Global da Estrutura 54
12. AVALIAÇÂO CONJUNTA DOS ensaios e da análise estrutural 54
12.1 Síntese Consolidada de Risco por Elemento 54
13. CONSIDERAÇÔES FINAIS 56
14. CONCLUSÃO 57
BIBLIOGRAFIA 58

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório refere-se à Etapa 2 do Projeto Básico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, constante do Processo Administrativo nº 23098.000305.2026-22 e contrato de nº 06/2026, o qual contempla as seguintes etapas de entrega dos produtos:

Etapa 1: Estudo das estruturas da edificação por meio de ensaios não destrutivos como por exemplo: esclerometria, ultrassom, pacômetro (ou scanner de estrutura), raio x e gama, análise de deformações, entre outros necessários para a correta avaliação, e se for o caso ensaios destrutivos;

Etapa 2: Elaboração de laudo estrutural conclusivo e projeto de reforço estrutural ou projeto de alteração do projeto inicialmente previsto.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para desenvolvimento deste trabalho foi fornecido pelo cliente:

- Projeto de Arquitetura, de autoria do arquiteto Alexandre do Prado Dias – CREA 7836D-GOEng. Walid Joseph Esper, CREA 7119D-GO, datado de 27 de abril de 2009;
- Projeto de Estrutura, elaborado pela ESPER – Engenharia de Projetos, de autoria do Eng. Walid Joseph Esper, CREA 7119D-GO, Obra de nº 28/2012, datado de abril de 2012;
- Projeto de Estrutura metálica da cobertura, elaborado pela A.P. MENDES ESTRUTURAS, de autoria do Eng. Antônio Paulo Mendes, CREA 1888D-GO, datado de fevereiro 2009.
- Estudo Técnico Preliminar 15/2026

3. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA E DO IMÓVEL

A estrutura investigada é do tipo aporticada, constituída por pilares, vigas e lajes nervuradas de concreto armado, além de cobertura em estrutura metálica. As fundações são compostas por tubulões com bases alargadas. A edificação possui área total de 2.925,00 m², distribuída entre os setores Junta A e Junta B, abrangendo os ambientes de palco, subsolo, plateia inferior e plateia superior.

A localização e a fachada principal da edificação são apresentadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.



Figura 1: Imagem de satélite com a localização e identificação do Teatro – IFB
Fonte: (Google Earth)



Figura 2: Fachada Frontal e Leste

4. LEVANTAMENTO CADASTRAL DA ESTRUTURA

Os trabalhos foram realizados no período de 28 de agosto a 9 de setembro de 2026, iniciando-se pelo levantamento cadastral da estrutura, seguido da inspeção visual e da execução de ensaios de campo.

Com base nos dados obtidos em campo, complementados pela análise, interpretação e transposição dos desenhos técnicos disponibilizados, foi desenvolvida a modelagem digital dos principais sistemas estruturais da edificação, com ênfase nas regiões do palco e da plateia superior, em razão de sua relevância estrutural. Os demais elementos identificados correspondem, predominantemente, a paredes de fechamento.

A documentação técnica fornecida foi submetida a procedimentos de verificação e compatibilização, seguidos de validação em campo, mediante confronto com as condições efetivamente observadas durante as inspeções. Esses procedimentos tiveram como objetivo assegurar a representatividade, a consistência e a confiabilidade do modelo estrutural elaborado.

5. PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS

Nas vistorias foram inspecionados, de forma visual e detalhada, os problemas existentes nos componentes estruturais, os quais foram registrados e classificados de acordo com o provável diagnóstico.

Nessa fase, foram realizadas à obtenção de dados, o levantamento do histórico do imóvel, a anamnese da estrutura, bem como a realização de inspeção visual e detalhada.

5.1 Inspeções visual e detalhada

Os trabalhos foram iniciados com a inspeção visual preliminar nos componentes estruturais para conhecimento das anomalias e definição dos locais para realização dos ensaios, visando obter a melhor representatividade do todo, considerando tanto as regiões de baixo risco como regiões potencialmente de maior risco de ocorrências de manifestações patológicas e definir as diretrizes que foram adotadas para critérios das análises estruturais.

A inspeção detalhada compreendeu a realização de ensaios destrutivos e não destrutivos, com o objetivo de obter informações sobre as propriedades dos materiais e as condições dos componentes estruturais, subsidiar a investigação dos sintomas observados e fornecer embasamento técnico para o diagnóstico. Os procedimentos adotados e os resultados obtidos estão apresentados na Parte 1, correspondente ao Relatório nº RT-ENS-IFB-CT062026-R01.

5.2 Mapeamento, diagnóstico, ações corretivas e relatório fotográfico das anomalias

As anomalias observadas foram classificadas de acordo com o diagnóstico técnico preliminar. A classificação das anomalias e falhas seguiu os critérios estabelecidos pela Norma de Inspeção Predial Nacional (IBAPE Nacional, 2012), NBR 16747:2020 - 16.747 e pela ABNT NBR 13752:1996), considerando sua origem – Endógena, Exógena, Natural ou Funcional – e o grau de risco associado – Crítico, Médio ou Mínimo. Cada ocorrência foi acompanhada de seu diagnóstico técnico e das recomendações de ações corretivas cabíveis. Dessa forma, as anomalias e falhas foram classificadas conforme suas causas e origens, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação das anomalias e falhas

ANOMALIAS	
Endógena	Originária da própria edificação (projeto, materiais e execução)
Exógena	Originária de fatores externos à edificação, provocados por terceiros
Natural	Originária de fenômenos da natureza (previsíveis, imprevisíveis)
Funcional	Originária do uso e término de vida útil de elementos e sistemas
FALHAS	
Planejamento	Decorrentes de falhas nos procedimentos e do plano de manutenção
Execução	Decorrentes de execução da manutenção (materiais, procedimentos e atividades)
Operacionais	Relativas aos procedimentos de registro, controles e demais atividades pertinentes
Gerenciais	Decorrentes da falta de controle de qualidade e de custos

Quanto à ordem de prioridades, recomenda-se que as anomalias e falhas sejam classificadas em ordem decrescente, considerando o grau de risco e a intensidade dos danos identificados. A

Tabela 2 apresenta a classificação das anomalias e falhas resultantes da inspeção, utilizando a metodologia Gravidade, Urgência e Tendência (GUT), por meio da fórmula dos resultados GUT, quanto maior o resultado, maior a prioridade de resolver o problema.

Tabela 2: Escala de classificação dos parâmetros de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT)

Escala	G- Gravidade	U - Urgência	T - Tendência
5	Extremamente grave	Extremamente urgente	Se não for resolvido piora imediatamente
4	Muito grave	Muito urgente	Vai piorar a curto prazo
3	Grave	Urgente	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco grave	Pouco urgente	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Sem urgência	Sem tendência de piorar

Nos quadros seguintes estão apresentados os casos patológicos e classificados de acordo com os níveis das estruturas, da ocorrência manifestada e seu provável diagnóstico.

PAVIMENTO: COBERTURA METÁLICA
MAPEAMENTO: CORROSSÃO / DETERIORAÇÃO DO TELHADO EM PLACA CIMENTÍCIA
DATA: 28/AGOSTO A 09/SETEMBRO 2026




F01: Sujidade, manchas marrons, excesso de umidade, telhas soltas



F02: Treliça metálica com corrosão generalizada



F03: Corrosão dos banzos e diagonais das treliças, vigas e terças; ausência de telhas (continua...)



F03: Corrosão dos banzos e diagonais das treliças, vigas e terças; ausência de telhas (continua...)



F03: Corrosão dos banzos e diagonais das treliças, vigas e terças; ausência de telhas (continua...)



F03: Corrosão dos banzos e diagonais das treliças, vigas e terças; ausência de telhas (continua...)



F03: Corrosão dos banzos e diagonais das treliças, vigas e terças; ausência de telhas (continua...)



F03: Corrosão dos banzos e diagonais das treliças, vigas e terças; ausência de telhas



F04: Treliça com risco de colapso, corrosão em estado avançado e com perda de seção; Calha danificada; excesso de umidade; manchas marrons e sujidade.

Manifestações – Classificações

F01: Sujidade, manchas marrons, excesso de umidade, telhas soltas; Anomalia – Exógena e Natural– Grau de risco: G2; U2 e T2.
F02: Treliça metálica com corrosão generalizada; Anomalia – Exógena e Natural – Grau de risco: G3; U3 e T4.
F03: Corrosão dos banzos e diagonais das treliças, vigas e terças; ausência de telhas; Anomalia – Exógena e Natural – Grau de risco: G3; U3 e T4.
F04: Treliça com risco de colapso, corrosão em estado avançado e com perda de seção; Calha danificada; excesso de umidade; manchas marrons e sujidade; Anomalia – Exógena e Natural – Grau de risco: G4; U4 e T4.

Diagnóstico:

F01: A edificação apresenta sinais de deterioração decorrentes da paralização da obra, caracterizados por sujidade generalizada, manchas de coloração marrom, excesso de umidade e telhas soltas. As condições observadas são compatíveis com a exposição prolongada às intempéries e com a falta de conservação, podendo favorecer a degradação dos materiais. A presença de telhas soltas também representa risco de deslocamento e queda de elementos.
F02 a F04: A estrutura metálica da cobertura apresenta manifestações patológicas caracterizadas pela corrosão dos banzos e diagonais das treliças, bem como das vigas e terças, evidenciando o processo de deterioração dos elementos estruturais de forma generalizada. A ausência de telhas expõe diretamente os componentes metálicos às intempéries, favorecendo a ação da umidade e o avanço dos processos corrosivos. Considerando que a edificação se encontra abandonada e sem manutenção, a exposição prolongada às condições ambientais, associada à ação contínua da umidade e de agentes agressivos, contribui para a degradação progressiva dos revestimentos de proteção superficial, especialmente da pintura anticorrosiva. A perda de eficiência desses sistemas de proteção favorece a intensificação da corrosão e, consequentemente, a redução da durabilidade e do desempenho estrutural dos elementos metálicos.

Em determinados trechos, observa-se um avançado estado de corrosão, com comprometimento dos perfis metálicos e perda de seção transversal. Tais condições podem reduzir significativamente a capacidade resistente dos elementos e das ligações, elevando o risco de instabilidade localizada ou colapso da estrutura.

Ações corretivas:

F01: Recomenda-se a realização de limpeza geral da edificação, com remoção das sujidades e manchas superficiais, serviços que poderão ser executados por ocasião da retomada da obra.

Considerando a paralisação da obra, a exposição prolongada às intempéries e o risco de acidentes decorrentes da presença de telhas soltas ou deterioradas, recomenda-se a desmontagem controlada da cobertura, seguida da avaliação das condições de conservação das telhas, com reaproveitamento dos elementos em condições adequadas e descarte daqueles que apresentem danos ou comprometimento de sua integridade.

F02 a F04: Considerando o estado generalizado de corrosão dos elementos metálicos da cobertura e a exposição prolongada às intempéries, recomenda-se a desinstalação da estrutura metálica de cobertura, para realização de avaliação técnica detalhada das condições de segurança e integridade estrutural das treliças, vigas e terças, incluindo a verificação das perdas de seção transversal dos perfis e das condições das ligações.

Diante do avançado processo de deterioração, recomenda-se a desmontagem controlada da estrutura metálica, que garantam a segurança dos trabalhadores e a estabilidade durante a execução dos serviços. Os elementos desmontados deverão ser submetidos à avaliação individualizada, visando determinar a possibilidade de recuperação e reaproveitamento ou a necessidade de substituição e descarte.

A eventual recuperação dos componentes deverá contemplar a remoção dos produtos de corrosão, a avaliação da integridade dos perfis e das ligações, a recomposição ou substituição dos elementos comprometidos e a aplicação de sistema de proteção anticorrosiva compatível com as condições de exposição ambiental. A reinstalação da cobertura deverá ocorrer somente após a comprovação da segurança estrutural dos componentes e das ligações

PAVIMENTO: PALCO, SUBSOLO, PLATEIA INFERIOR E PLATEIA SUPERIOR
MAPEAMENTO: SUJIDADE / UMIDADE / MANCHAS MARRONS / ACÚMULO DE LAMA /
DATA: 28/AGOSTO A 09/SETEMBRO 2026



F05: Sujidade, manchas marrons e acúmulo de lama (continua...)



F05: Sujidade, manchas marrons e acúmulo de lama (continua...)



F05: Sujidade, manchas marrons e acúmulo de lama (continua...)



F05: Sujidade, manchas marrons e acúmulo de lama (continua...)



F05: Sujidade, manchas marrons e acúmulo de lama (continua...)



F06: Manchas marrons e sujidade (continua...)



F06: Manchas marrons e sujidade (continua...)



F06: Manchas marrons e sujidade (continua...)



F06: Manchas marrons e sujidade (continua...)



F06: Manchas marrons e sujidade (continua...)



F06: Fenda no revestimento do pilar

Manifestações – Classificações

F05 e F06: Sujidade, manchas marrons e acúmulo de lama; Anomalia – Exógena e Natural – Grau de risco: G2; U2 e T2.
F07: Fenda no revestimento do pilar; Anomalia – Endógena – Grau de risco: G1; U1 e T1.

Diagnóstico:

F05 e F06: A edificação apresenta sinais de deterioração decorrentes da paralisação da obra, caracterizados por sujidade generalizada, manchas de coloração marrom e excesso de umidade. As condições observadas são compatíveis com a exposição prolongada às intempéries e a ausência de manutenção, contribuindo para a degradação dos materiais e dos componentes construtivos.
Observa-se, ainda, o acúmulo de lama no subsolo da edificação, possivelmente decorrente do direcionamento inadequado das águas pluviais para o local, ocasionando o carreamento e a deposição de partículas de solo.
F07: Revestimento mal executado.

Ações corretivas:

F05 a F07: Recomenda-se a realização de limpeza geral da edificação, com remoção das sujidades e manchas superficiais, serviços que poderão ser executados por ocasião da retomada da obra.
Considerando a paralisação da obra, a exposição prolongada às intempéries e o risco de acidentes decorrentes da presença de telhas soltas ou deterioradas, recomenda-se a desmontagem controlada da cobertura, seguida da avaliação das condições de conservação das telhas, com reaproveitamento dos elementos em condições adequadas e descarte daqueles que apresentem danos ou comprometimento de sua integridade.

6. MATRIZ GUT

Quanto à ordem de prioridades, recomenda-se que as anomalias e falhas sejam tratadas de acordo com os resultados da pontuação da Tabela GUT abaixo:

Tabela 3: Pontuação GUT

Problema	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Índice GUT
F04	4	4	4	64
F02	3	3	4	36
F03	3	3	4	36
F01	2	2	2	8
F05	2	2	2	8
F06	2	2	2	8
F07	1	1	1	1

7. TERMINOLOGIA

Estado atual: é aquele em que se encontra a estrutura, desde o ponto de vista das propriedades, características mecânicas e durabilidade;
Estado limite: é qualquer situação que, ao ser alcançado por uma estrutura ou parte dela, o põe fora de serviço, em condições tais que deixa de cumprir alguma das funções para qual fora projetado, implicando o colapso de seu coeficiente de segurança para essa função. Pode-se chamar de estado crítico;
Recuperação estrutural: entende-se como intervenção para retorno ou volta da integridade dos elementos estruturais conferindo-se uma sobrevida à estrutura através de sua recuperação;
Reforço estrutural: O reforço é uma intervenção no elemento estrutural que visa principalmente o aumento de sua capacidade de resistir às solicitações a que está submetido.

8. HISTÓRICO DA EDIFICAÇÃO

De acordo com o Estudo Técnico Preliminar nº 15/2026, a construção do Campus Brasília, localizado na Asa Norte, teve início em meados de 2009, com a execução dos blocos Administrativo e de Salas de Aula, seguida pela construção dos blocos da Biblioteca, do Ginásio e do Teatro.

No decorrer da execução da obra, a empresa contratada enfrentou dificuldades financeiras e encerrou suas atividades, deixando inacabadas as edificações da Biblioteca, do Ginásio e do Teatro.

Em meados de 2015, foi realizada uma nova contratação, destinada à conclusão da Biblioteca e do Ginásio, cujas obras foram finalizadas em meados de 2017. O Teatro, entretanto, permaneceu como a única edificação do Campus não concluída, mantendo suas estruturas de concreto armado e metálica expostas às intempéries por aproximadamente 17 anos, desde o início da construção, em 2009.

9. METODOLOGIA EMPREGADA

A metodologia empregada para a análise estrutural da edificação consistiu na elaboração de modelo computacional representativo da estrutura existente, desenvolvido em software especializado de cálculo estrutural, compatível com modelagem e análise em ambiente BIM, utilizando o Eberick – Versão 2023 Plena.

A modelagem estrutural foi elaborada com base nos levantamentos cadastrais, projetos existentes, inspeções de campo e informações obtidas durante as investigações técnicas realizadas e nos resultados dos ensaios realizados nas etapas anteriores.

A verificação foi realizada nos sistemas de maior relevância tendo em vista a tipologia da estrutura da edificação, sendo boa parte constando de paredes de fechamento laterais, por isso a modelagem se restringiu nas análises da estrutura do palco e plateia superior, sendo avaliados os elementos estruturais de pilares, vigas, lajes e demais componentes relevantes.

Os parâmetros geométricos, as propriedades mecânicas dos materiais e as condições de vinculação foram definidos a partir dos desenhos disponibilizados e confirmados em campo, dos resultados dos ensaios executados e das premissas estabelecidas em conformidade com as normas técnicas aplicáveis.

As ações permanentes, variáveis e acidentais foram consideradas de acordo com os critérios normativos vigentes, contemplando os carregamentos atuantes compatíveis com as condições de utilização atual e futura da edificação.

Com base no modelo estrutural desenvolvido, foram realizadas as verificações de segurança dos elementos estruturais de maior relevância, visando avaliar o comportamento e o

desempenho da estrutura diante das condições de carregamento consideradas. Adicionalmente, foram analisadas possíveis não conformidades, deformações excessivas e eventuais limitações estruturais, com o objetivo de subsidiar o diagnóstico técnico e fundamentar a definição de recomendações de intervenção, quando necessárias.

Para as análises estruturais realizadas, foram seguidas as recomendações das seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR 6118:2023 - Projeto de estruturas de concreto;
- ABNT NBR 6122:2022 - Projeto e execução de fundações;
- ABNT NBR:6120:2019 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- ABNT NBR:6123:2023 - Forças devidas ao vento em edificações.

10. ANÁLISE ESTRUTURAL

O modelo estrutural considerou a interação entre os elementos resistentes da edificação, incluindo pilares, vigas, lajes e demais componentes estruturais relevantes, possibilitando a redistribuição de esforços e a avaliação do comportamento conjunto da estrutura. Os elementos foram modelados conforme suas características geométricas, condições de apoio, rigidez e vinculações estruturais identificadas nos projetos existentes e verificadas durante as inspeções de campo.

As ações permanentes, variáveis e acidentais foram aplicadas ao modelo conforme os critérios estabelecidos pelas normas técnicas vigentes, considerando os carregamentos decorrentes do peso próprio da estrutura, revestimentos, sobrecargas de utilização e demais ações pertinentes à condição de uso da edificação.

A análise permitiu a obtenção dos esforços solicitantes, deslocamentos, reações de apoio e parâmetros de estabilidade global da estrutura, possibilitando a verificação do desempenho estrutural da edificação. Também foram avaliados os efeitos de segunda ordem, redistribuições de esforços e eventuais concentrações de tensões, visando identificar possíveis limitações estruturais, deformações excessivas ou situações de não conformidade relevantes para a segurança e estabilidade da edificação.

10.1 Critérios de durabilidade

Visando assegurar a durabilidade da estrutura, bem como sua segurança, estabilidade e aptidão para o uso ao longo da vida útil de projeto, foram considerados os critérios relativos à classe de agressividade ambiental e aos cobrimentos das armaduras correspondentes à CAA II, conforme estudo da Etapa 1. Entretanto, observa-se que os cobrimentos especificados no projeto estrutural se aproximam dos valores prescritos para a CAA I.

Por outro lado, os ensaios realizados indicaram que o concreto apresenta resistência característica compatível com a classe de resistência CAA IV, igual ao valor de projeto. Ressalta-se que, conforme a ABNT NBR 6118:2023, é permitida a redução de 5 mm no cobrimento nominal quando o concreto atende a uma classe de resistência superior à mínima exigida para a classe de agressividade ambiental considerada, desde que sejam satisfeitas as demais condições normativas aplicáveis.

A Tabela 4 apresenta um comparativo entre os cobrimentos nominais estabelecidos pela ABNT NBR 6118:2003, vigente à época da elaboração do projeto original, e pela ABNT NBR 6118:2023, bem como os valores especificados no projeto estrutural. Conforme se observa, não houve alteração nas exigências relativas aos cobrimentos das armaduras entre as duas edições da norma consideradas. Entretanto, os valores indicados no projeto estrutural são inferiores aos mínimos recomendados para ambas as classes de agressividade ambiental analisadas.

Tabela 4: Valores normativos para cobrimento nominal – NBR 6118:2003 e 6118:2014

Elemento / Estrutura	Classe I (mm) 2003/2023	Classe II (mm) 2003/2023	Projeto (mm)
Laje	20	25	15
Viga/pilar	25	30	20

10.2 Características dos materiais

De acordo com a ABNT NBR 6118:2023, a Classe de Agressividade Ambiental II (CAA II) corresponde a um ambiente de agressividade moderada, típico de áreas urbanas, com risco de deterioração da estrutura por agentes ambientais.

Para estruturas de concreto armado, a especificação do concreto deve atender aos requisitos de durabilidade, especialmente à resistência característica à compressão, à relação água/cimento e ao cobrimento das armaduras.

Conforme a Tabela 7.1 da ABNT NBR 6118:2023, os requisitos mínimos para estruturas de concreto para CAA II são:

Tabela 5: Tabela 7.1 da ABNT NBR 6118:2023

Parâmetro	**Concreto armado (CA)**	**Concreto protendido (CP)**
Classe mínima de resistência	C25 (fck ≥ 25 MPa)	C30 (fck ≥ 30 MPa)
Relação água/cimento máxima	0,60	0,55

A especificação mínima de referência para a Classe de Agressividade Ambiental II (CAA II), conforme a ABNT NBR 6118:2023, é o concreto da classe C25, com resistência característica à compressão mínima de 25 MPa e relação água/cimento máxima de 0,60, em massa.

A determinação da resistência à compressão do concreto existente é fundamental para a avaliação do comportamento e da segurança estrutural da edificação. Para subsidiar as análises, foram realizados 10 (dez) ensaios de esclerometria, cujos resultados apresentaram resistência média estimada à compressão de 43,51 MPa, conforme registrado no Relatório nº RT-ENS-IFB-CT062026-R01. Esse valor é superior à resistência de 40 MPa indicada no projeto estrutural original e à resistência mínima de referência estabelecida para atender aos requisitos de durabilidade da CAA II.

Diante dos resultados obtidos e para fins de análise estrutural, adotou-se a resistência característica à compressão do concreto (fck) de 400 kgf/cm². Com as seguintes características apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Características do concreto

Elemento	fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)	fct (kgf/cm²)	Abatimento (cm)	Coeficiente de dilatação térmica (/ºC)
Vigas	400	318758	35	5.00	0.00001
Pilares	400	318758	35	5.00	0.00001
Lajes	400	318758	35	5.00	0.00001

Para os aços foram adotados os valores de projeto com as seguintes características indicadas na Tabela 7.

Tabela 7: Características do aço

Categoria	Massa específica (kgf/m³)	Módulo de elasticidade (kgf/cm²)	fyk (kgf/cm²)
CA50	7850	2100000	5000
CA60	7850	2100000	6000

10.3 Ações de carregamento

10.3.1 Cargas permanentes

As ações permanentes diretas consideradas no cálculo foram constituídas pelos pesos próprios dos elementos da construção, incluindo o peso próprio da estrutura, bem como pelas cargas decorrentes dos materiais de acabamento e das instalações prediais.

Peso próprio dos elementos estruturais: o software de cálculo de estruturas de concreto utilizado considera automaticamente o peso próprio dos elementos estruturais, com base em suas dimensões e no peso específico do material. Para o concreto, foi adotado o peso específico de 2.500 kgf/m³.

Os materiais, as espessuras das camadas e as cargas permanentes adicionais adotadas estão de acordo com o projeto arquitetônico, conforme discriminado a seguir:

- Paredes com espessura de 15 cm (bloco e revestimento de argamassa): 210 kgf/m³;
- Paredes com espessura de 18 cm (bloco e revestimento de argamassa): 320 kgf/m²;
- Contrapiso de regularização, com espessura de 5,0 cm: 105 kgf/m²;
- Piso cerâmico, com espessura de 1,0 cm: 20 kgf/m²;
- Cobertura em manta em PVC: 5 kgf/m²

- Impermeabilização: 5 kgf/m²
- Proteção mecânica (e= 3,0 cm): 60 kgf/m²
- Forro mineral: 60 kgf/m²;
- Forro de gesso, com espessura de 1,5 cm: 15 kgf/m².
- Instalações prediais, incluindo sprinklers, luminárias e dutos de ar-condicionado: 40 kgf/m².

10.3.2 Cargas variáveis

Considerou-se para ações variáveis as cargas acidentais de utilização, temperatura e do vento. As cargas de utilização dos ambientes foram obtidas por meio da norma NBR 6120:2019, os valores foram os seguintes:

- Salas de uso geral e sanitários: 250 kgf/m²;
- Corredores: 500 kgf/m²;
- Escadas e rampas: 300 kgf/m²;
- Arquibancada: 300 kgf/m²;
- Palco: 300 kgf/m².

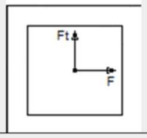
As ações da variação de temperatura foram consideradas como ações indiretas, conforme preconizado pela ABNT NBR 6118:2023 e pela ABNT NBR 6120:2019. Tais ações produzem deformações impostas nos elementos estruturais, podendo gerar esforços internos quando há restrições à livre movimentação.
Valores típicos adotado para variação da temperatura:

- Estruturas usuais: ±20°C

O efeito do vento sobre a edificação é avaliado a partir de diversos parâmetros que permitem definir as forças aplicadas sobre a estrutura.

Parâmetros adotados para consideração do vento (Tabela 8):

Tabela 8: Parâmetros da ação do vento

Parâmetros	Valor adotado	Observações
Velocidade	42.00m/s	-
Nível do solo (S2)	0.00cm	-
Maior dimensão horizontal ou vertical (S2)	Entre 20 e 50 m	-
Rugosidade do terreno (S2)	Categoria IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada.
Fator topográfico (S1)	1.0	Demais casos.
Fator estatístico (S3)	1.00	Edificações para residências, hotéis, comércio, e indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas á reutilização.
Ângulo do vento em relação à horizontal	0º	
Direções de aplicação do vento	Vento X+ (V1) Vento X- (V2) Vento Y+ (V3) Vento Y- (V4)	Ver combinações de ações.

10.4 Coeficientes de ponderação das ações

Para obtenção dos valores de cálculo das ações, foram definidos coeficientes de ponderação, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9: Coeficientes de ponderação das ações

Ação	Coeficientes de ponderação					Fatores de combinação		
	Normais (desfavorável)	Normais (favorável)	Excepcionais (desfavorável)	Excepcionais (favorável)	Fundações	Psi 0	Psi 1	Psi 2
Peso próprio (G1)	1.30	1.00	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Adicional (G2)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Acidental (Q)	1.40	-	1.00	-	1.00	0.7	0.6	0.4
Temperatura 1 (T1)	1.20	-	0.00	-	1.00	0.6	0.5	0.3
Temperatura 2 (T2)	1.20	-	0.00	-	1.00	0.6	0.5	0.3
Vento X+ (V1)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.6	0.3	0.0
Vento X- (V2)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.6	0.3	0.0
Vento Y+ (V3)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.6	0.3	0.0
Vento Y- (V4)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.6	0.3	0.0
Desaprumo X+ (D1)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Desaprumo X- (D2)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Desaprumo Y+ (D3)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Desaprumo Y- (D4)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	-	-	-

10.5 Combinações de ações

A partir das ações de carregamento definidas, obteve-se as seguintes combinações para análise e dimensionamento da estrutura nos estados limites (ELU) últimos e de serviço (ELS).

Tabela 10: Combinações das ações

Tipo	Combinações
ELU-Concreto	1.3G1+1.4G2
	1.3G1+1.4G2+0.84V1+0.62D1
	1.3G1+1.4G2+0.84V2+0.62D2
	1.3G1+1.4G2+0.84V3+0.62D3
	1.3G1+1.4G2+0.84V4+0.62D4
	1.3G1+1.4G2+0.98Q+0.84V1+0.62D1
	1.3G1+1.4G2+0.98Q+0.84V2+0.62D2
	1.3G1+1.4G2+0.98Q+0.84V3+0.62D3
	1.3G1+1.4G2+0.98Q+0.84V4+0.62D4
	1.3G1+1.4G2+0.98Q+1.4V1+0.37D1
	1.3G1+1.4G2+0.98Q+1.4V2+0.37D2
	1.3G1+1.4G2+0.98Q+1.4V3+0.37D3
	1.3G1+1.4G2+0.98Q+1.4V4+0.37D4
	1.3G1+1.4G2+1.4D1
	1.3G1+1.4G2+1.4D2
	1.3G1+1.4G2+1.4D3
	1.3G1+1.4G2+1.4D4
	1.3G1+1.4G2+1.4Q
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V1+0.37D1
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V2+0.37D2
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V3+0.37D3
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V4+0.37D4
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+1.4D1
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+1.4D2
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+1.4D3
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+1.4D4
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+D1
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+D2
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+D3
	1.3G1+1.4G2+1.4Q+D4
	1.3G1+1.4G2+1.4V1+0.37D1
	1.3G1+1.4G2+1.4V2+0.37D2
	1.3G1+1.4G2+1.4V3+0.37D3
	1.3G1+1.4G2+1.4V4+0.37D4
	1.3G1+1.4G2+D1
	1.3G1+1.4G2+D2
	1.3G1+1.4G2+D3

	1.3G1+1.4G2+D4
ELS-Frequentes	G1+G2 G1+G2+0.3V1 G1+G2+0.3V2 G1+G2+0.3V3 G1+G2+0.3V4 G1+G2+0.4Q+0.3V1 G1+G2+0.4Q+0.3V2 G1+G2+0.4Q+0.3V3 G1+G2+0.4Q+0.3V4 G1+G2+0.6Q G1+G2+0.6Q+D1 G1+G2+0.6Q+D2 G1+G2+0.6Q+D3 G1+G2+0.6Q+D4 G1+G2+D1 G1+G2+D2 G1+G2+D3 G1+G2+D4

11. ANÁLISE E VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL - ELU / ELS

A avaliação dos elementos estruturais foi realizada a partir do modelo estrutural, utilizando-se o soft Eberick, a partir do modelo estrutural e das combinações de carregamento.

Para avaliação foram definidos os elementos laje, vigas e pilares representativos do Palco e Plateia Superior.

11.1 Estado Limite Último – ELU

11.1.1 ELU das Lajes - Palco

A Figura 3 apresenta a planta de fôrma do palco, com destaque para as lajes L3, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14 e L15, selecionadas para as verificações no Estado Limite Último (ELU), de acordo com as hipóteses de carregamento e os critérios de análise adotados no presente estudo. A seleção dessas lajes fundamenta-se em sua representatividade em relação ao comportamento estrutural do sistema analisado.

As Figuras 4 e 5 apresentam as plantas com os resultados do dimensionamento das armaduras necessárias e a disposição das armaduras existentes, respectivamente, conforme indicado no projeto estrutural original da edificação. Essas representações permitem comparar as armaduras requeridas pela análise estrutural com aquelas originalmente especificadas.

A Tabela 11 reúne os resultados das análises e verificações estruturais realizadas, incluindo o comparativo entre as armaduras calculadas e as existentes, e a síntese das verificações no Estado Limite Último (ELU). Os resultados permitem identificar as situações em que as armaduras existentes atendem ou não aos critérios normativos aplicáveis.

A tabela apresenta colunas específicas para as armaduras calculadas e existentes, além de uma coluna de avisos, na qual são destacados em vermelho os resultados desfavoráveis, indicando as situações em que as armaduras existentes não atendem aos critérios de verificação adotados no estudo.

Tabela 11: Resultados das lajes - Palco

Dados das lajes					
Nome	Armadura calculada		Armadura existente		Aviso
	Asx	Asy	Asx	Asy	
L3	3 Φ 6.0	2 Φ 6.3	2 Φ 12.5	2 Φ 8.0	Ok!
L8	2 Φ 6.0	2 Φ 6.3	2 Φ 12.5	2 Φ 8.0	Ok!
L9	3 Φ 8.0	3 Φ 10.0	2 Φ 10.0	3 Φ 12.5	Ok!
L10	3 Φ 8.0	4 Φ 8.0	2 Φ 12.5	3 Φ 12.5	Ok!
L11	2 Φ 10.0	2 Φ 10.0	2 Φ 12.5	3 Φ 12.5	Ok!
L12	3 Φ 10.0	2 Φ 12.5	2 Φ 16.0	2 Φ 12.5	Ok!
L13	3 Φ 6.0	2 Φ 6.3	2 Φ 8.0	2 Φ 8.0	Ok!
L14	3 Φ 6.0	2 Φ 6.3	2 Φ 10.0	2 Φ 8.0	Ok!
L15	2 Φ 6.0	2 Φ 6.0	2 Φ 10.0	2 Φ 8.0	Ok!

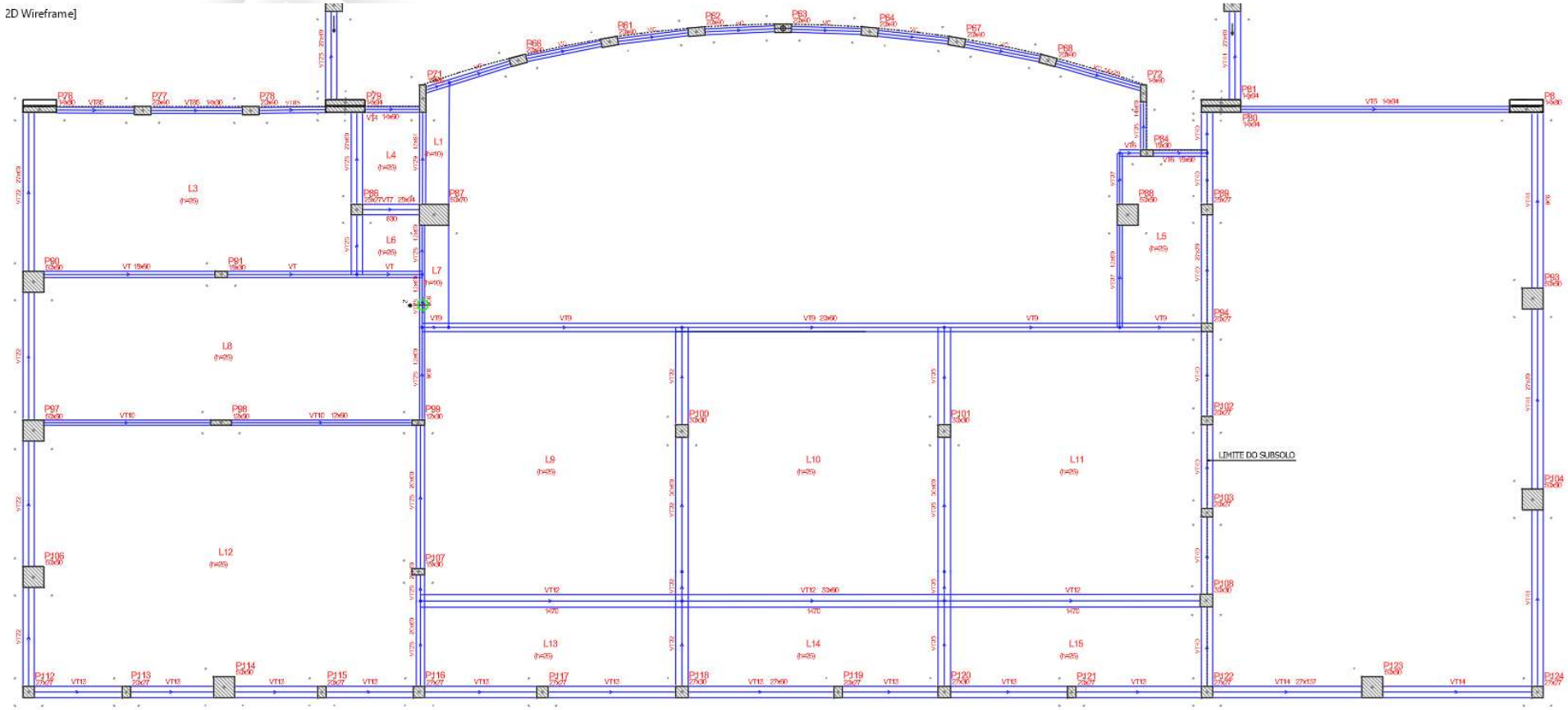


Figura 3: Planta de fôrma da Palco

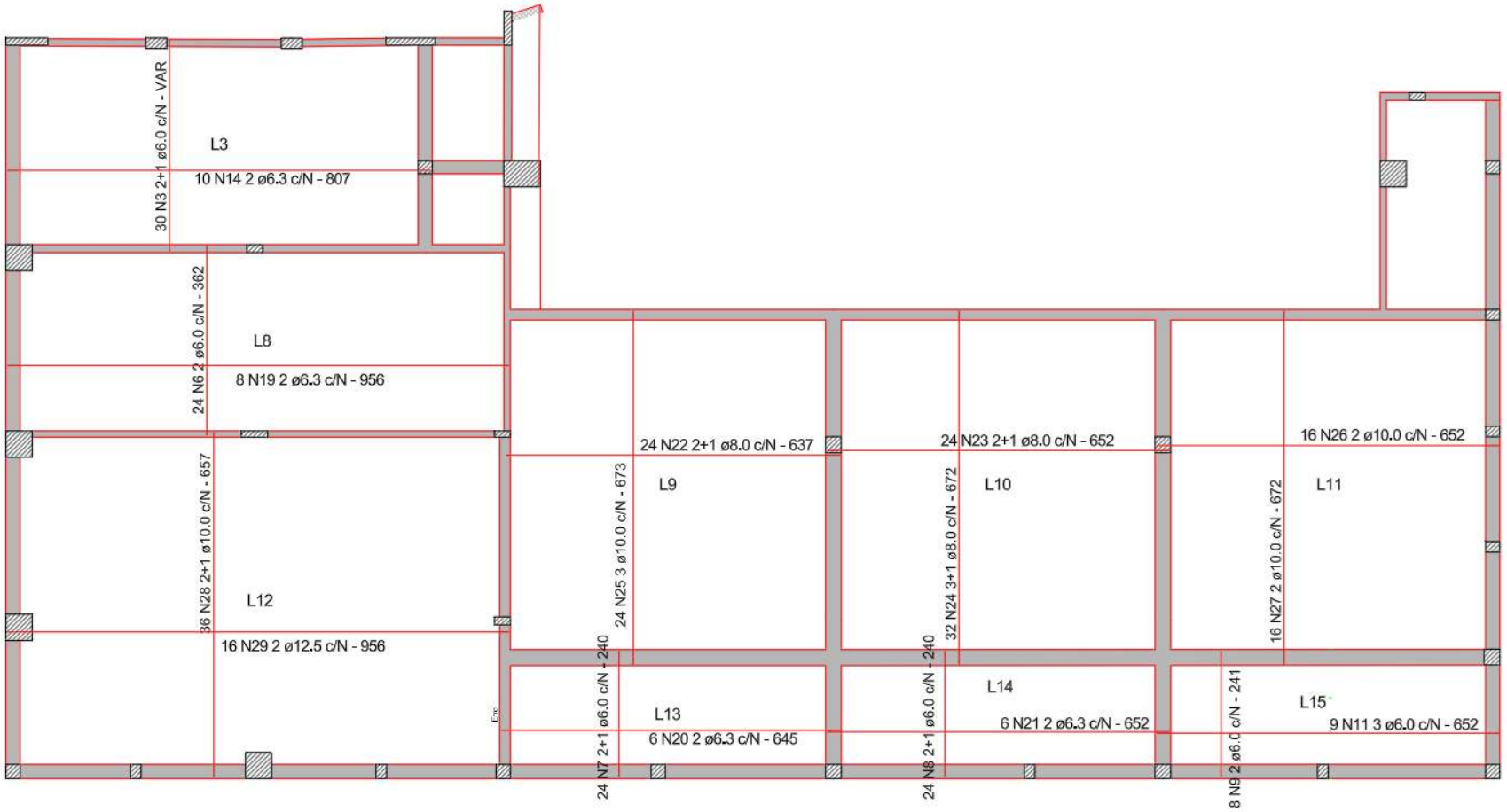


Figura 4: Armadura calculada - Palco

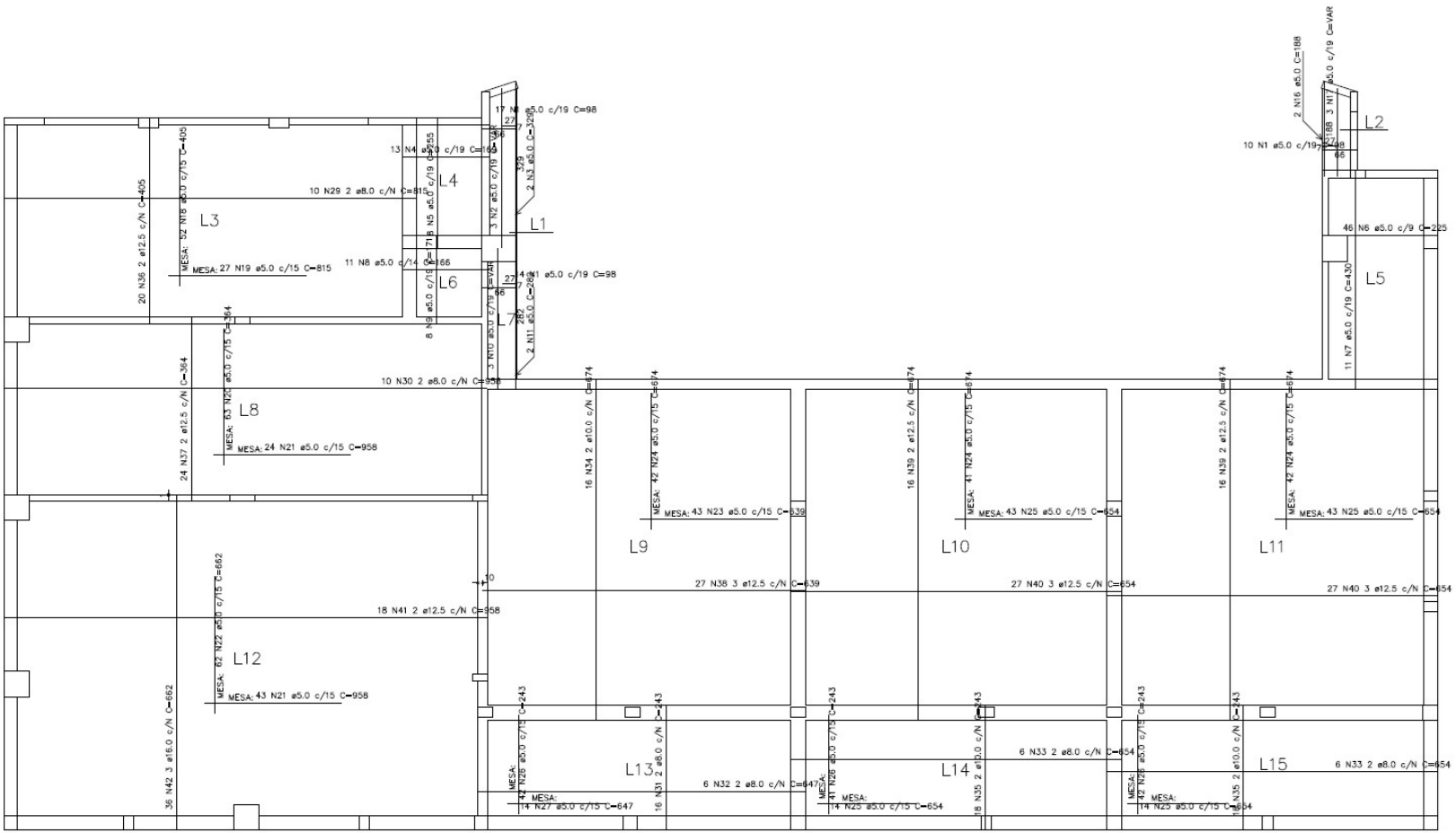


Figura 5: Armadura existente - Palco

11.1.2 ELU das Vigas - Palco

A avaliação dos elementos estruturais do tipo viga está sujeita a variações de comportamento em função das condições de vinculação adotadas no modelo analítico, tais como engastamentos, articulações e ligações semirrígidas. Essas adequações visam à obtenção de resultados compatíveis com a concepção estrutural originalmente adotada no projeto, cuja análise foi desenvolvida com base em modelos analíticos simplificados e na discretização da estrutura.

As Figuras 6 a 8 apresentam as armaduras das vigas VT9, VT12 e VT32, conforme especificadas no projeto estrutural. A Tabela 12, por sua vez, apresenta o resumo dos resultados da análise e das verificações realizadas.

Tabela 12: Análise e verificação do ELU – Vigas / Palco

Viga	Vãos			Nós			Avisos
	Md (kgf.m)	As_{nec}	As_{exist}	Md (kgf.m)	As_{nec}	As_{exist}	
VT9	3964.03 973.38 4341.24	2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5	3 ø 12.5 2 ø 12.5 3 ø 12.5	-3648.78 -3709.52	2 ø 12.5 2 ø 12.5	2 ø 12.5 2 ø 12.5	Ok!
VT12	10457.39 7427.15 11695.66	3 ø 16.0 2 ø 16.0 3 ø 16.0	3 ø 16.0 2 ø 16.0 3 ø 16.0	13323.36 13699.32	3 ø 16.0 3 ø 16.0	4 ø 12.5 4 ø 12.5	Ok!
VT32	31566.19 36.29	5 ø 20.0 3 ø 12.5	5 ø 20.0 2 ø 20.0	32491.71	5 ø 20.0	5 ø 20.0	Ok!

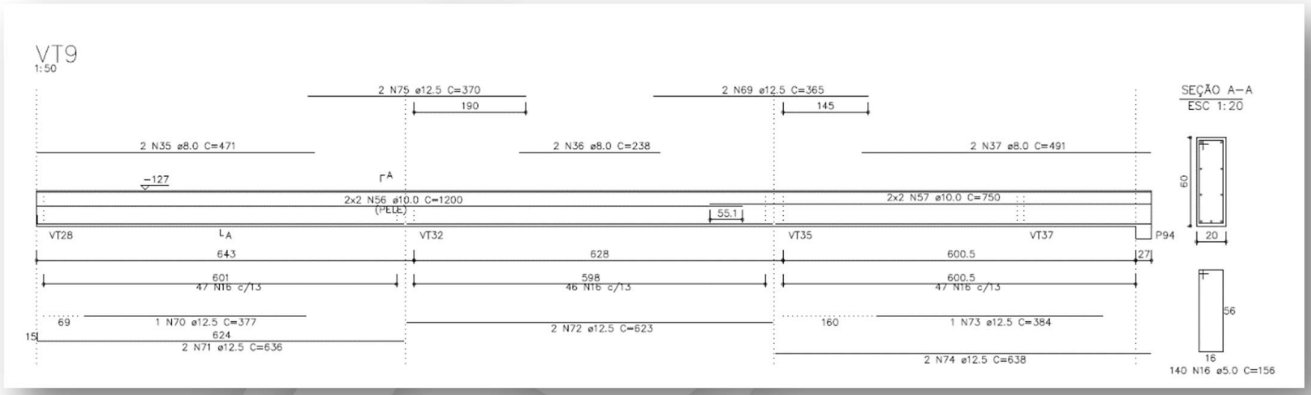


Figura 6: Armadura da Viga VT9 - Palco

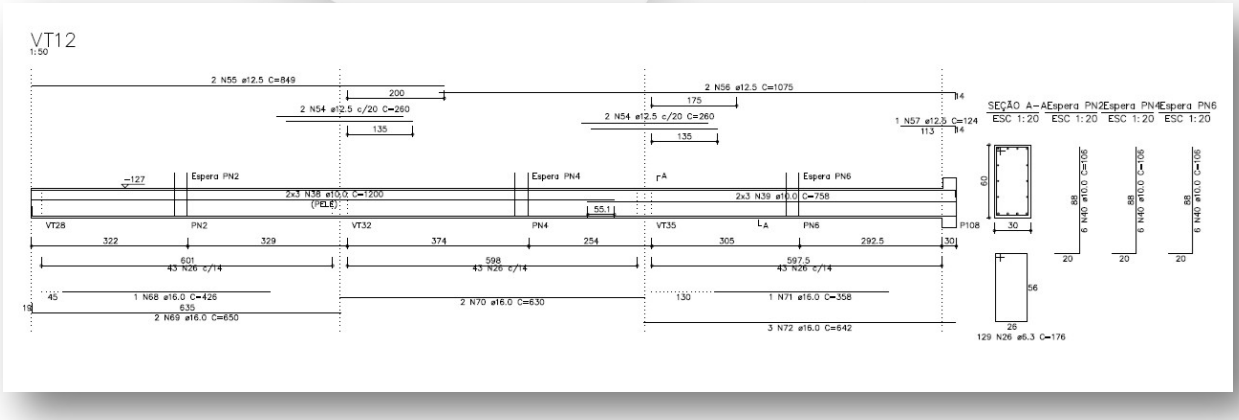


Figura 7: Armadura da Viga VT12 - Palco

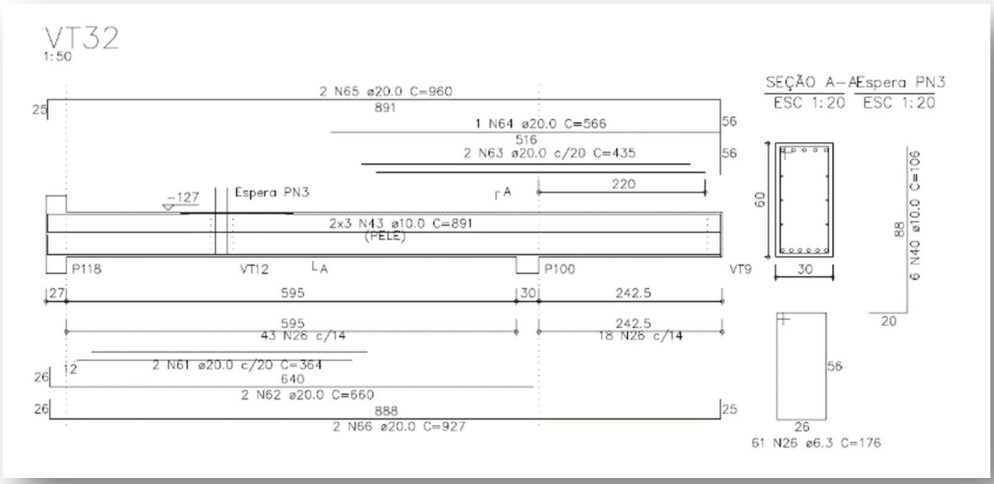


Figura 8: Armadura da Viga VT32 - Palco

11.1.3 ELU das Lajes – Plateia Superior

A Figura 9 apresenta a planta de fôrma do palco, com destaque para as lajes L6, L9, L11, L14, L24, L25, LCB4 e LCB5, selecionadas para as verificações no Estado Limite Último (ELU), de acordo com as hipóteses de carregamento e os critérios de análise adotados no presente estudo. A seleção dessas lajes fundamenta-se em sua representatividade em relação ao comportamento estrutural do sistema analisado.

As Figuras 10 e 11 apresentam as plantas com os resultados do dimensionamento das armaduras necessárias e a disposição das armaduras existentes, respectivamente, conforme indicado no projeto estrutural original da edificação. Essas representações permitem comparar as armaduras requeridas pela análise estrutural com aquelas originalmente especificadas.

A Tabela 13 reúne os resultados das análises e verificações estruturais realizadas, incluindo o comparativo entre as armaduras calculadas e as existentes, e a síntese das verificações no Estado Limite Último (ELU). Os resultados permitem identificar as situações em que as armaduras existentes atendem ou não aos critérios normativos aplicáveis.

A tabela apresenta colunas específicas para as armaduras calculadas e existentes, além de uma coluna de avisos, na qual são destacados em vermelho os resultados desfavoráveis, indicando as situações em que as armaduras existentes não atendem aos critérios de verificação adotados no estudo.

Tabela 13: Resultados das lajes – Plateia Superior

Dados das lajes					
	Armadura calculada		**Armadura existente**		**Aviso**
Nome	**Asx**	**Asy**	**Asx**	**Asy**	
L6	3 Φ 6.0	3 Φ 6.3	2 Φ 8.0	2 Φ 8.0	Ok!
L9	2 Φ 12,.5	3 Φ 8.0	2 Φ 12.5	2 Φ 10.0	Ok!
L11	3 Φ 6.0	3 Φ 8.0	2 Φ 8.0	2 Φ 8.0	Ok!
L14	3 Φ 6.0	2 Φ 8.0	2 Φ 8.0	2 Φ 8.0	Ok!
L24	2 Φ 6.3	2 Φ 6.3	2 Φ 8.0	2 Φ 8.0	Ok!
L25	2 Φ 6.3	2 Φ 6.3	2 Φ 8.0	2 Φ 8.0	Ok!
LCB4	3 Φ 6.0	3 Φ 8.0	2 Φ 16.0	2 Φ 12.5	Ok!
LCB5	3 Φ 6.0	2 Φ 6.0	2 Φ 10.0	2 Φ 6,3	Ok!

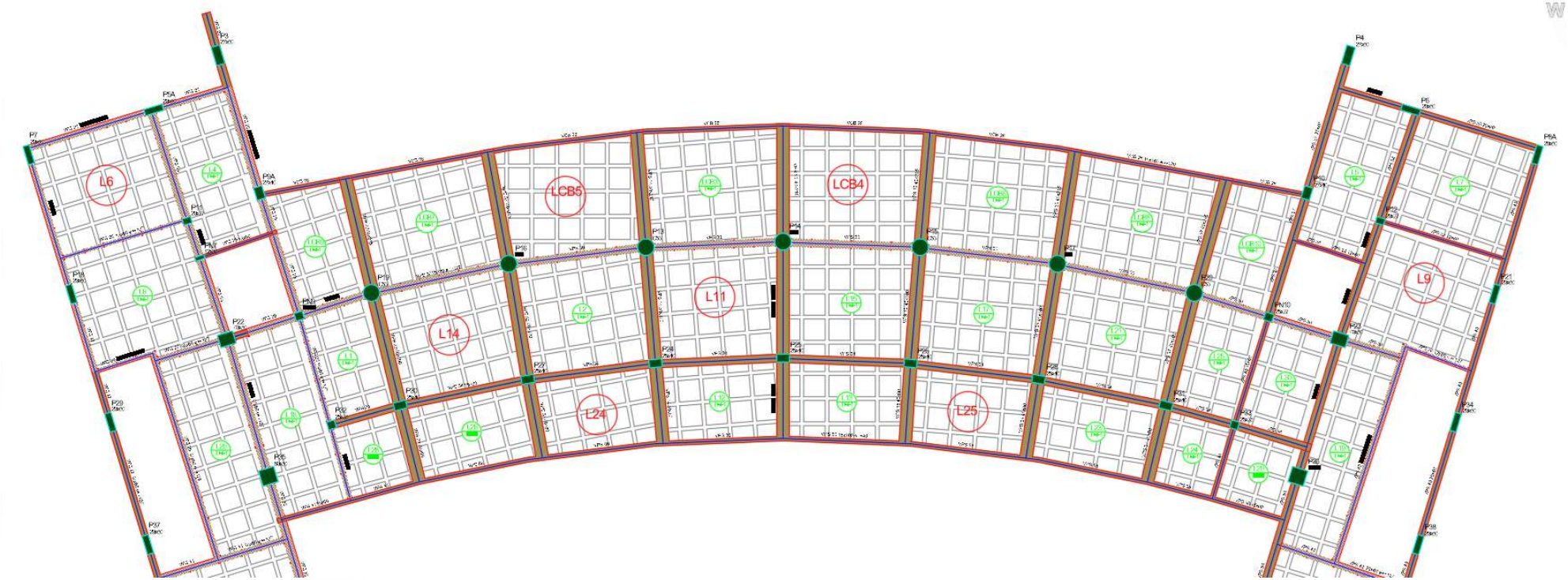


Figura 9: Planta de fôrma da Plateia Superior

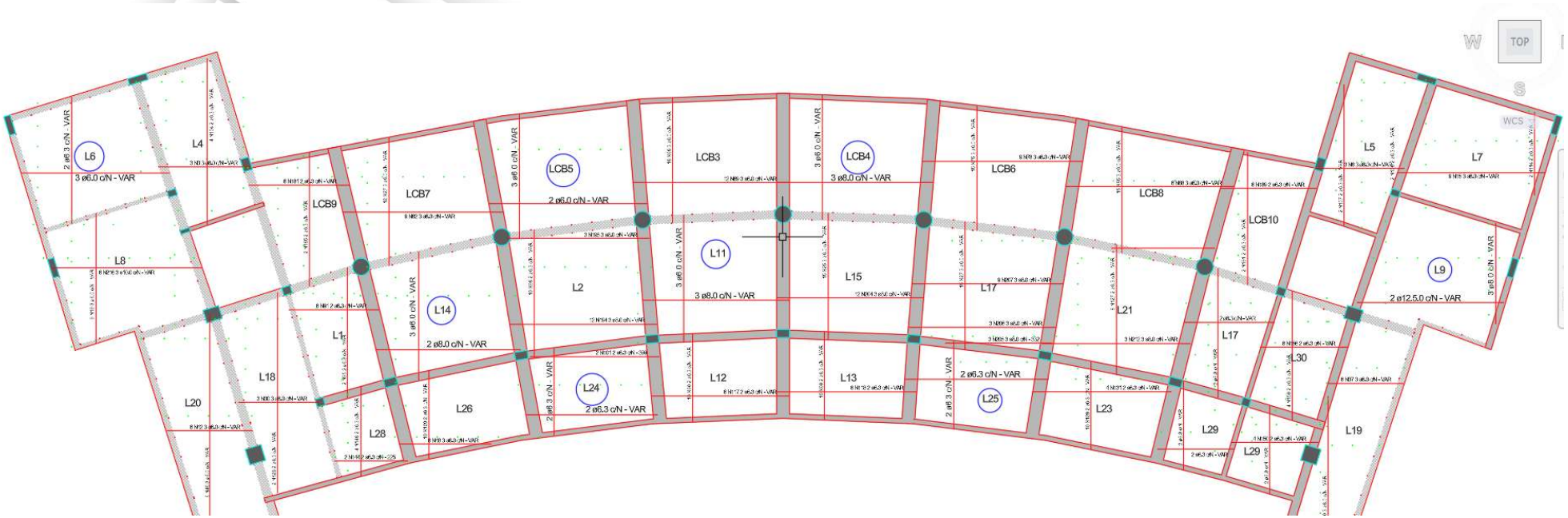


Figura 10: Armadura calculada - Plateia Superior

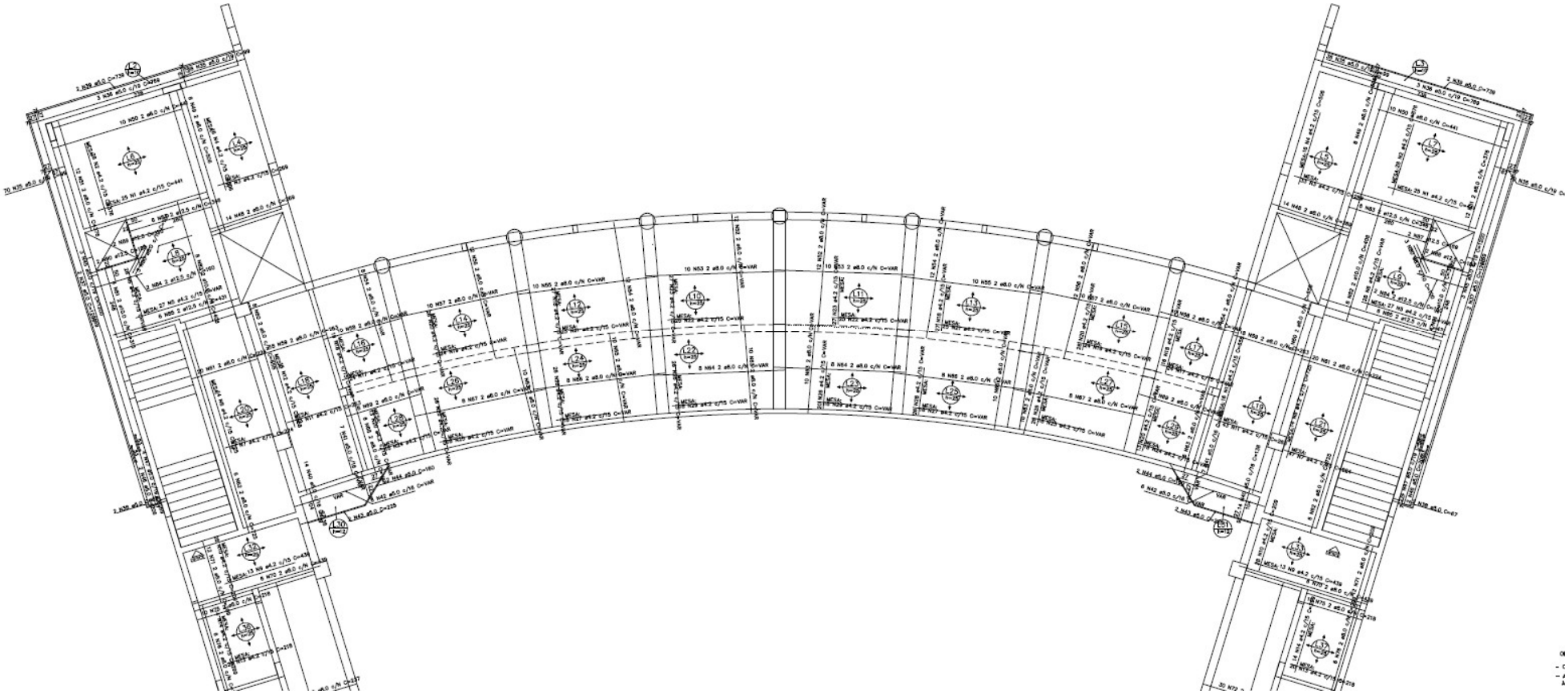


Figura 11: Armadura existente - Plateia Superior

Responsável técnico: Eng. Civil Marcilio Brito – CREA 16018D/PE
PROJECON – Projetos e Construções Ltda. CNPJ: 07.765.850/0001-20 Rua Abelardo, 45, Graças, Recife/PE
CEP. 51030620- Fone/Fax: (81) 38774053 – Cel. (081) 9.99745574 – E-mail: marcilio.brito@gmail.com

11.1.4 ELU das Vigas – Plateia Superior

A avaliação dos elementos estruturais do tipo viga está sujeita a variações de comportamento em função das condições de vinculação adotadas no modelo analítico, tais como engastamentos, articulações e ligações semirrígidas. Essas adequações visam à obtenção de resultados compatíveis com a concepção estrutural originalmente adotada no projeto, cuja análise foi desenvolvida com base em modelos analíticos simplificados e na discretização da estrutura.

As Figuras 12 a 15 apresentam as armaduras das vigas VPS 30, VPS 32, VPS 34 e VPS 39, conforme especificadas no projeto estrutural. A Tabela 14, por sua vez, apresenta o resumo dos resultados da análise e das verificações realizadas.

Tabela 14: Análise e verificação do ELU – Vigas / Plateia Superior

Viga	Vãos			Nós			Avisos
	Md (kgf.m)	As_{nec}	As_{exist}	Md (kgf.m)	As_{nec}	As_{exist}	
VPS 30	622.04 1799.33 1952.85 1898.56 2049.13 2069.26 1723.31 441.57 182.29 2883.91	2 ø 10.0 4 ø 8.0 4 ø 8.0 4 ø 8.0 3 ø 10.0 3 ø 10.0 4 ø 8.0 2 ø 10.0 2 ø 10.0 3 ø 10.0	2 ø 12.5 3 ø 16.0 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 4 ø 16.0 2 ø 12.5	-4008.96 -4251.89 -4301.04 -4226.30 -4180.57 -4442.95 -3934.24 -522.52 -4081.61	2 ø 10.0 4 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 16.0 4 ø 16.0	4 ø 16.0 2 ø 16.0 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 16.0 4 ø 16.0	Ok!
VPS 32	86.00 0.11 0.11	3 ø 12.5 4 ø 12.5 4 ø 20.0	4 ø 12.5 4 ø 12.5 5 ø 20.0	22247.50 82710.02	3 ø 16.0 4 ø 20.0	4 ø 16.0 5 ø 20.0	Ok!
VPS 34	200.69 3489.13 2732.91 2729.19 2853.30 3201.19 1715.22 8922.63	3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5	3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5	-660.46 -2407.72 -4055.35 -3089.33 -2968.79 -3507.69 -3414.76 -8374.78	3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5	3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5	Ok!
PS 39	3399.84 3279.49 3029.22 2789.85 2910.87 3357.41	2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5 2 ø 12.5	3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5 3 ø 12.5	-354.53 -222.42 -484.13 -228.28 -302.55	2 ø 8.0 2 ø 8.0 2 ø 8.0 2 ø 8.0 2 ø 8.0	2 ø 8.0 2 ø 8.0 2 ø 8.0 2 ø 8.0 2 ø 8.0	

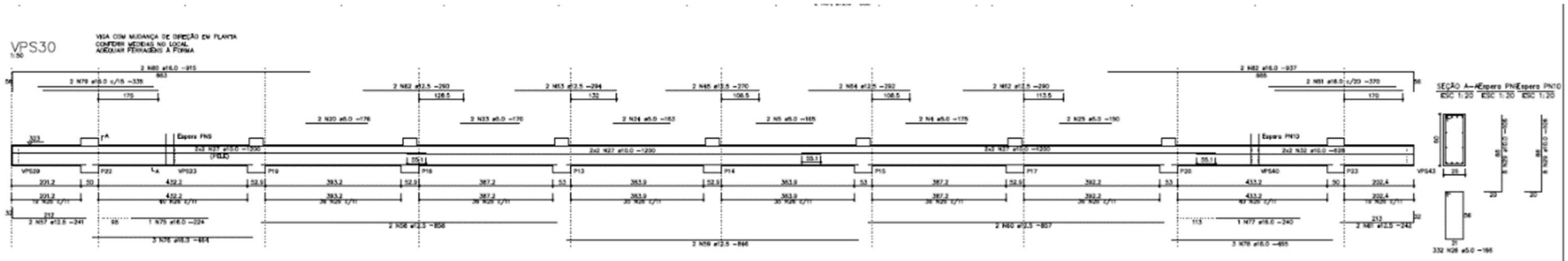


Figura 12: Grupo de vigas similares a VPS 30

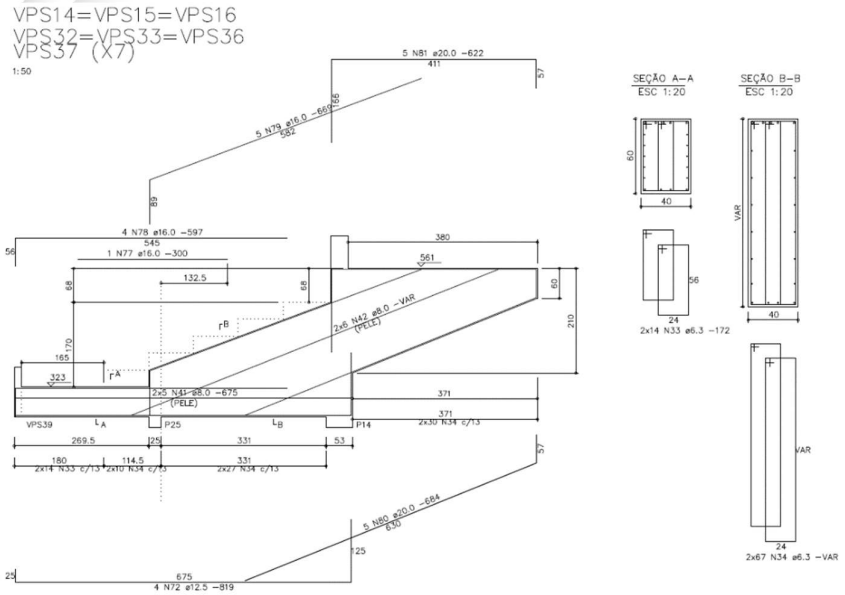


Figura 13: Grupo de vigas similares a VPS 32

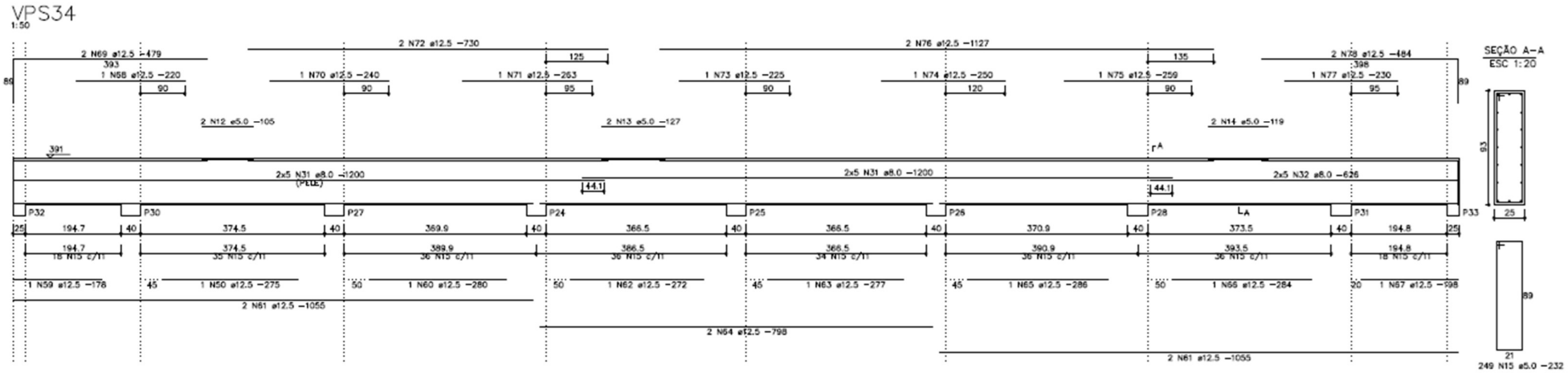


Figura 14: Grupo de vigas similares a VPS 34

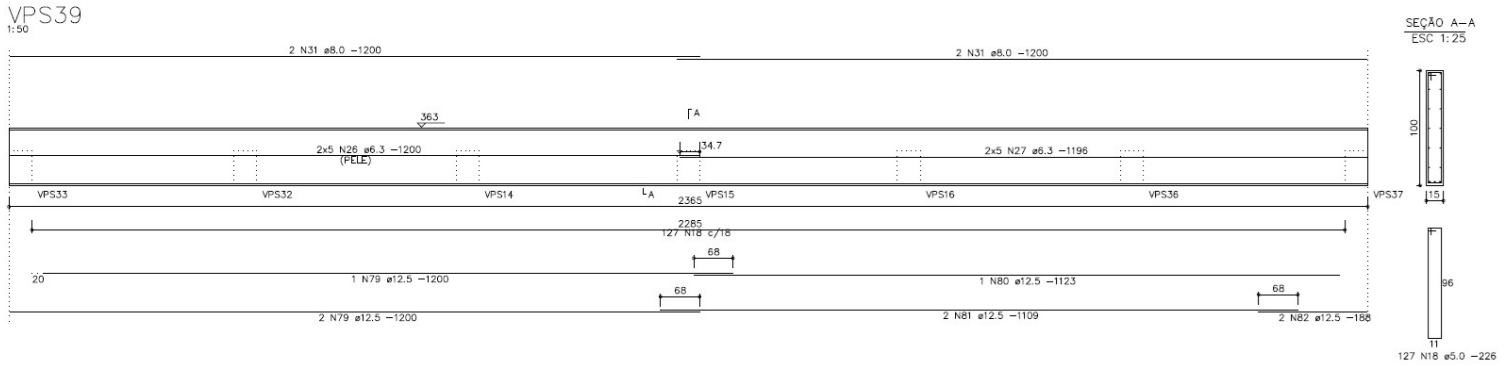


Figura 15: Grupo de vigas similares a VPS 39

11.2 Estado limite de serviço – ELS

Os estados limites de serviço (ELS) relacionados a deformações excessivas e vibrações foram verificados considerando as combinações de ações de serviço previstas em norma. Os resultados obtidos são apresentados por meio de tabelas e plantas dos elementos, contemplando ambas as situações de aceitação sensorial.

A análise dos resultados foi realizada mediante comparação com os limites máximos de deslocamentos indicados na Tabela 15, segundo a NBR 6118:2023, os quais têm por finalidade assegurar o adequado desempenho, conforto e comportamento da estrutura durante sua vida útil.

Tabela 15: Limites dos deslocamentos – NBR 6118:2023

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	l / 250
	Outro	Vibrações sentidas no piso	cargas acidentais	l / 350

11.2.1 ELS das Lajes - Palco

As Figuras 16 e 17 apresentam em planta as deformações calculadas, destacando-se as lajes L3, L9, L10, L11 e L12. A Tabela 16, por sua vez, apresenta o resumo dos resultados da análise e das verificações realizadas.

Tabela 16: Verificação do ELS - Deformação excessiva – Lajes / Palco

Aceitabilidade sensorial Visual (cm)			Aceitabilidade sensorial Vibração (cm)		Aviso
Laje	Deslocamento	Deslocamento (adimisível)	Deslocamento	Deslocamento (adimisível)	
L3	0,31	1,20	0,05	1,00	OK!
L9	1,09	2,40	0,15	2,00	OK!
L10	1,60	2,40	0,21	2,00	OK!
L11	1,57	2,40	0,23	2,00	OK!
L12	1,86	2,50	0,34	2,10	OK!

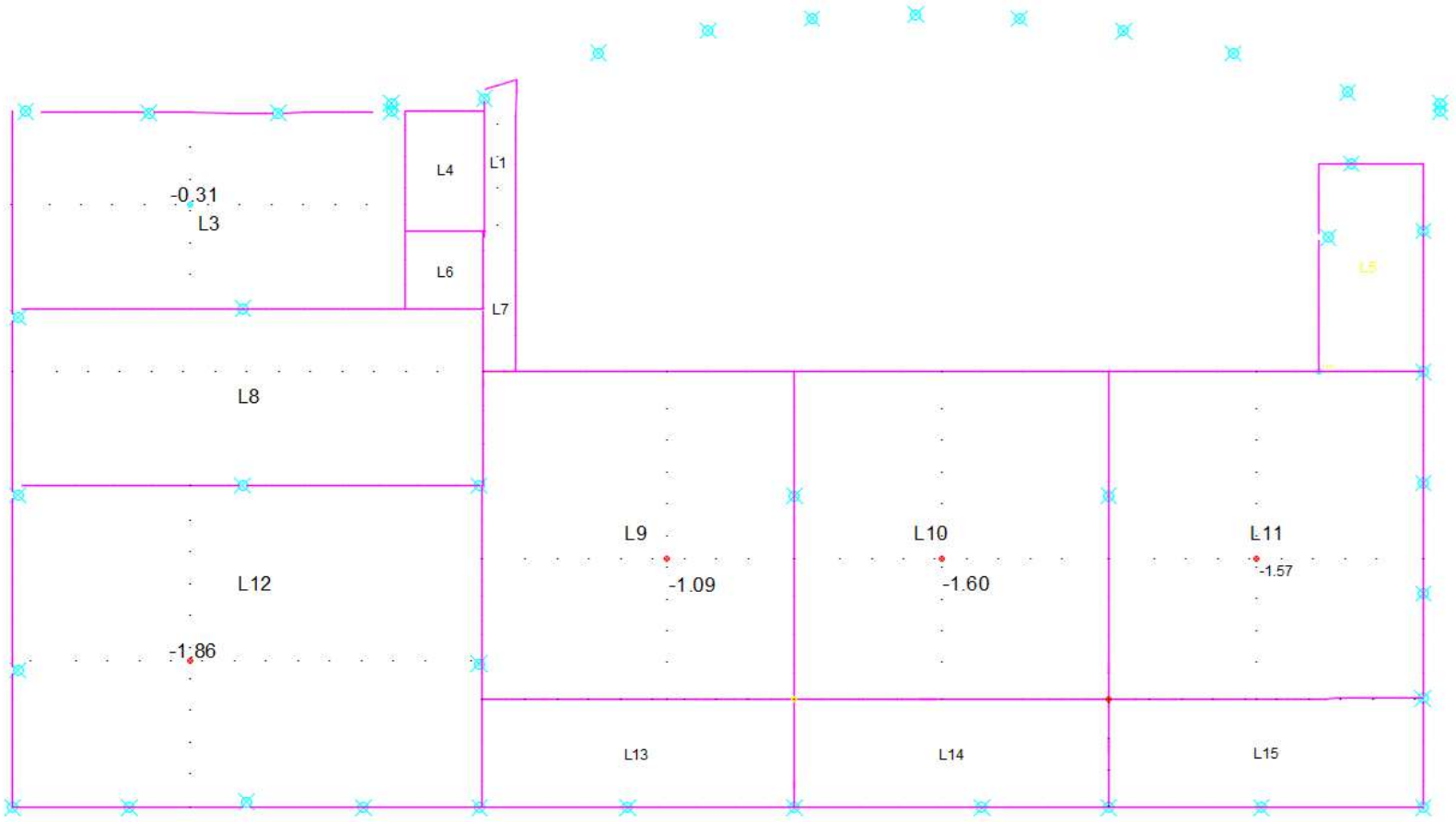


Figura 16: Deformações - Aceitabilidade sensorial visual - Palco

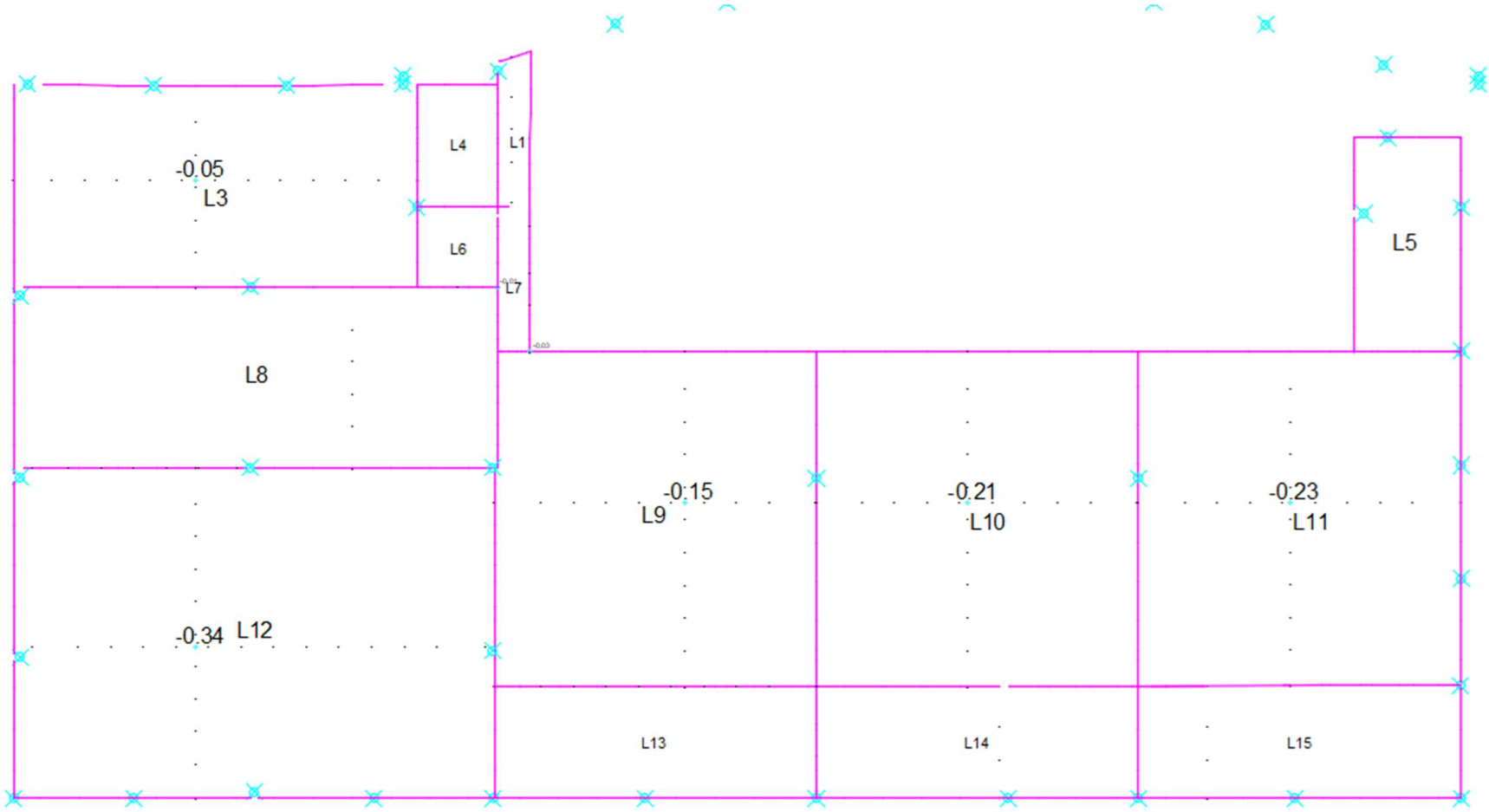


Figura 17: Deformações - Aceitabilidade sensorial de vibração - Palco

11.2.2 ELS das Vigas – Palco

As Figuras 18 a 20 ilustram os diagramas de deformações calculadas, destacando-se as vigas VT9, VT12 e VT32. Não foram identificados problemas relacionados a deformação excessiva. A Tabela 17, por sua vez, apresenta o resumo dos resultados do ELS de deformação excessiva.

Tabela 17: Verificação do ELS - Deformação excessiva – Vigas / Palco

Aceitabilidade sensorial Visual (cm)			Aviso
Laje	**Delocamento**	**Delocamento (adimisível)**	
VT9	0,54	2,50	OK!
VT12	1,14	2,50	OK!
VT32	0,98	2,38	OK!

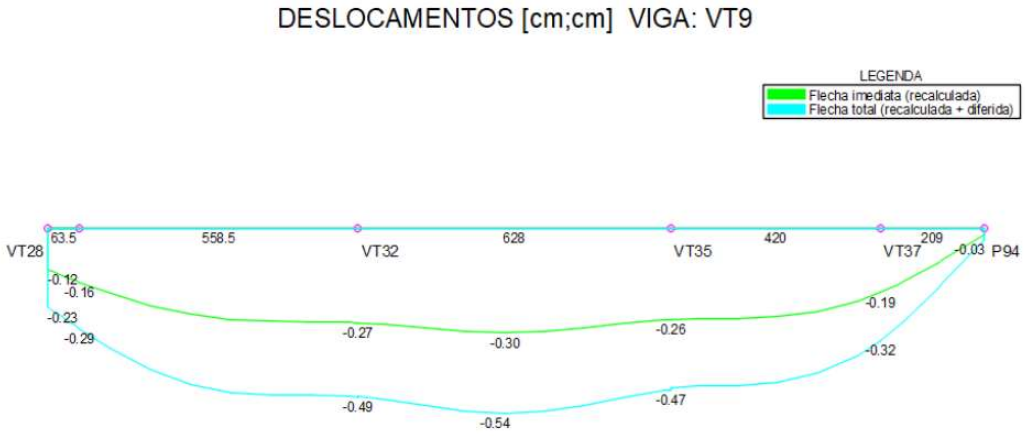


Figura 18: Deformações da viga VT9

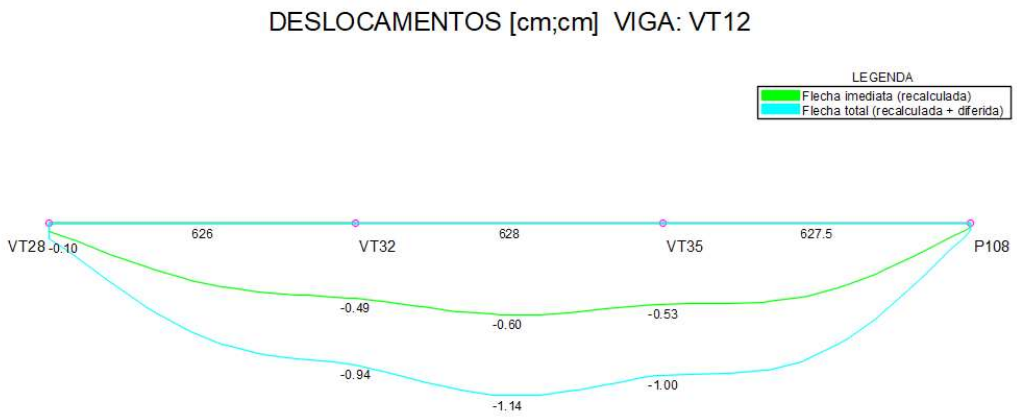


Figura 19: Deformações da viga VT12

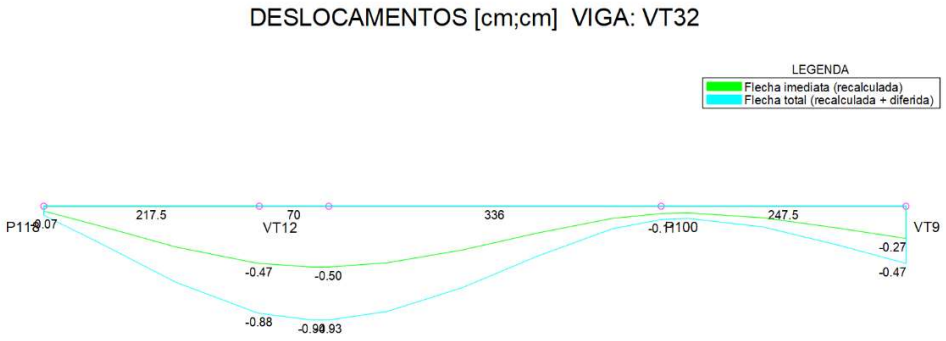


Figura 20: Deformações da viga VT32

11.2.3 ELS das Vigas – Plateia Superior

As Figuras 21 a 23 ilustram os diagramas de deformações calculadas, destacando-se as vigas VT9, VT12 e VT32. Não foram identificados problemas relacionados a deformação excessiva. A Tabela 18, por sua vez, apresenta o resumo dos resultados do ELS de deformação excessiva.

Tabela 18: Verificação do ELS - Deformação excessiva – Vigas / Plateia Superior

Aceitabilidade sensorial Visual (cm)			Aviso
Laje	**Delocamento**	**Delocamento (adimisível)**	
VPS 30	0,65	1,38	OK!
VPS 32	1,41	1,41	OK!
VPS 34	0,05	0,05	OK!

DESLOCAMENTOS [cm;cm] VIGA: VPS 30

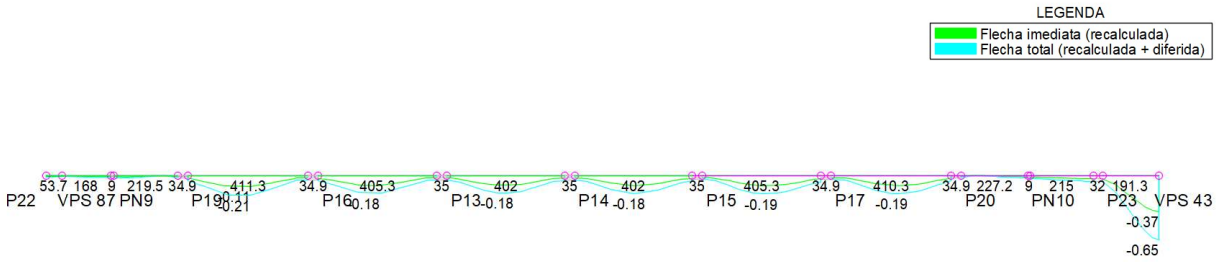


Figura 21: Deformações da viga VPS 30

DESLOCAMENTOS [cm;cm] VIGA: VPS 32

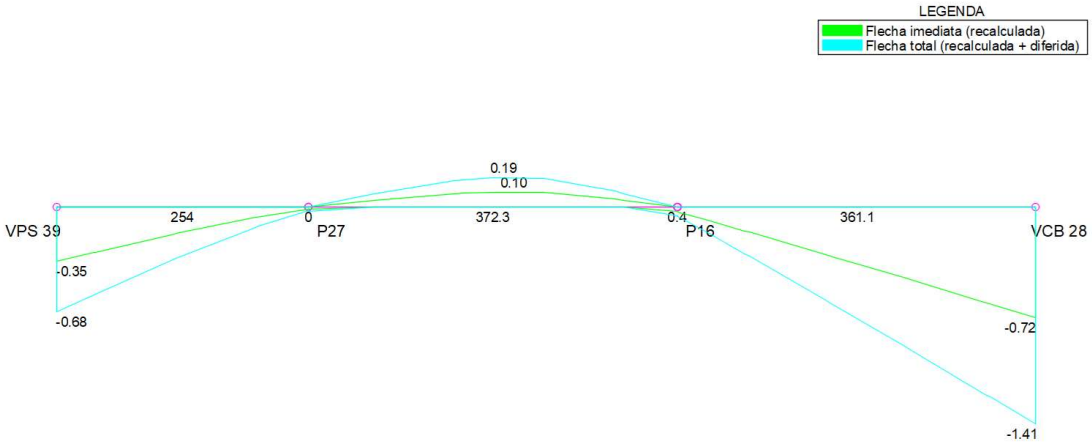


Figura 22: Deformações da viga VPS 32

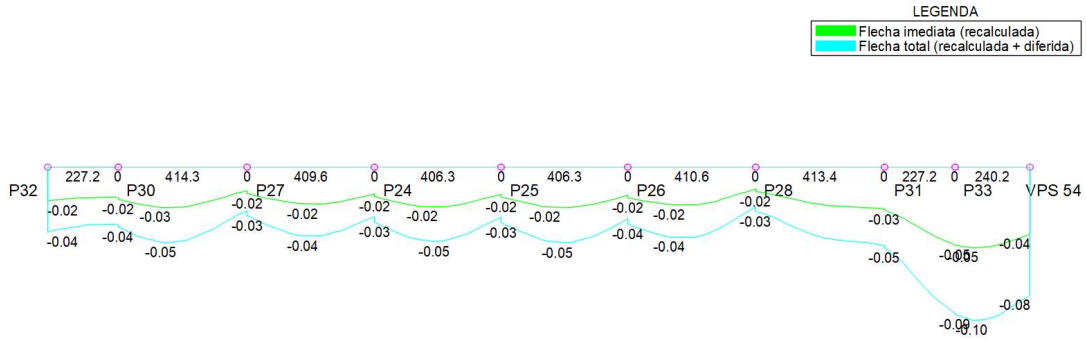


Figura 23: Deformações da viga VPS 34

11.3 Verificação dos pilares

Para a compreensão da metodologia empregada na análise estrutural de sistemas tridimensionais, destaca-se que esse processo requer conhecimento técnico especializado e experiência prática por parte do projetista, de modo a permitir a interpretação do comportamento global da estrutura e a identificação de pontos críticos, especialmente daqueles que apresentem indícios de insuficiência resistente, em conformidade com os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 6118:2023 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Considerando as inspeções realizadas e as características do sistema estrutural da edificação, procedeu-se à verificação de grupos de pilares representativos, mediante a estimativa das cargas atuantes ao nível do térreo e a comparação entre as armaduras calculadas e aquelas identificadas como existentes, com o objetivo de avaliar a compatibilidade entre as solicitações atuantes e a capacidade resistente dos elementos estruturais.

Com base nas análises efetuadas, conclui-se que os pilares avaliados apresentam capacidade resistente compatível com as solicitações consideradas, não tendo sido identificadas, nas verificações realizadas, insuficiências resistentes que comprometam a estabilidade estrutural desses elementos.

Os grupos de pilares selecionado para verificação foram os seguintes: P13, P24, P48, P93 e P100.

As Figuras 24 a 28 apresentam as plantas com os resultados do dimensionamento das seções de armaduras existentes. A Tabela 19 reúne os resultados das análises e verificações estruturais realizadas, incluindo o comparativo entre as armaduras calculadas e as existentes, e a síntese das verificações no Estado Limite Último (ELU). Os resultados permitem identificar as situações em que as armaduras existentes atendem ou não aos critérios normativos aplicáveis.

Tabela 19: Verificação dimensional dos pilares

Resultado do cálculo e verificação ao dimensionamento							
Pilar	Seção (cm)	Carga Normal	Momento		Armadura		Aviso
			Mín	Máx	necessária	existente	
Térreo		Nd máx Nd mín (tf)	Msd(x) Msd(y) (kgf.m)	Mrd(x) Mrd(y) (kgf.m)	As b As h	As b As h	
P13	Circ. 53.00	80.85 66.74	7188 0	735 0	(6 ø 16.0)	(6 ø 16.0)	Ok!
P24	25.00 X 40.00	24.62 17.77	842 0	132 0	(6 ø 10.0)	(8 ø 10.0)	Ok!
P48	50.00 X 50.00	69.77 54.98	98 189	936 225	(10 ø 12.5)	(12 ø 12.5)	Ok!
P93	50.00 X 50.00	66.60 55.09	400 214	968 893	(10 ø 12.5)	(12 ø 12.5)	Ok!
P100	30.00 X 30.00	69.91 53.15	4102 1517	180 127	(6 ø 10.0)	(8 ø 10.0)	Ok!

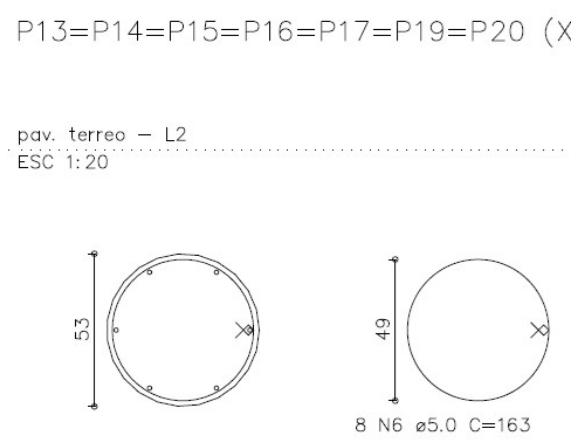


Figura 24: Armadura existente no grupo de pilares P13

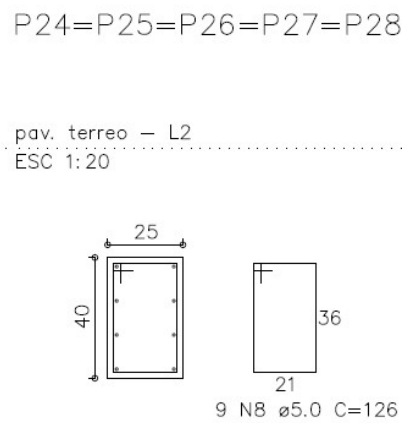


Figura 25: Armadura existente no grupo de pilares P24

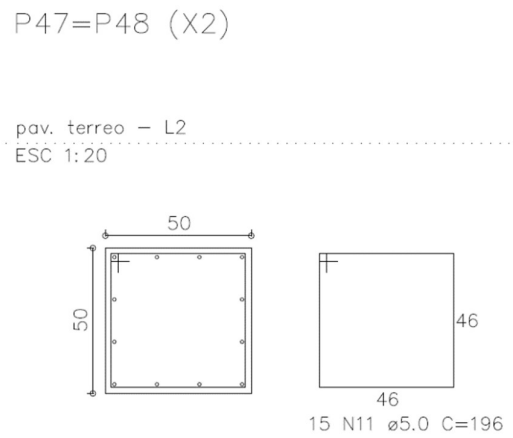


Figura 26: Armadura existente no grupo de pilares P48

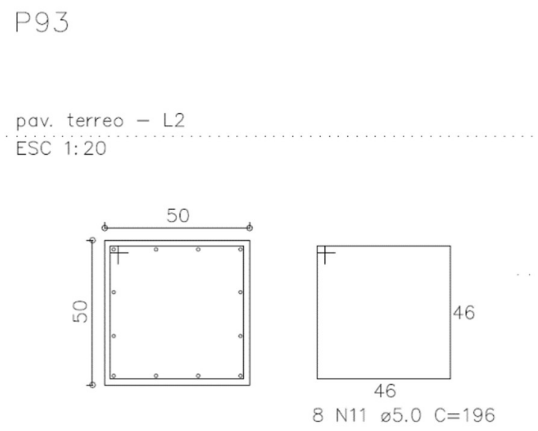


Figura 27: Armadura existente do pilar P93

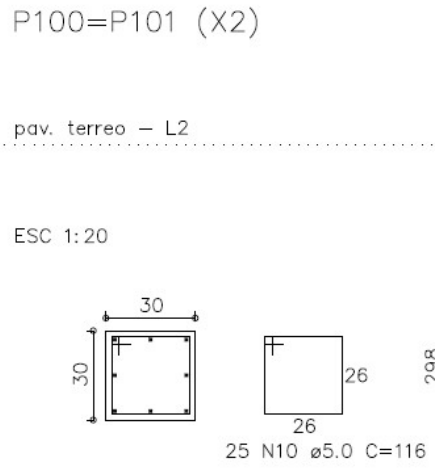


Figura 28: Armadura existente no grupo de pilares P100

11.4 Análise das Fundações

De acordo com o projeto estrutural, a fundação da edificação é do tipo profunda constituída por blocos de fundação apoiados sobre tubulões com base alargada, e taxa admissível do solo de 4,0 kgf/cm². A Tabela 20 apresenta o resumo dos cálculos dos tubulões T13, T24, T48, T93 e T100, com a indicação das dimensões das bases alargadas e a armações dos fustes, a partir dos esforços solicitantes e da taxa admissível do solo.

A Figura 29 mostra as dimensões de fôrma e armação indicadas no projeto de fundações original da edificação.

Tabela 20: Resultados das análises das fundações

Nome	Dados				Resultados		
	Esforços			Solo	Dimensões (cm)		Armadura
	MB MH (kgf.m)	FB FH (tf)	Carga Carga total (tf)	Padm	B H	H0 H1	AsH inf AsH sup
T13	0.00 0.00	0.39 0.04	80.85 66.74	4.00	130.00 130.00	20.00 60.00	12 ø 10.0 c/11 (9.42 cm²)
T24	0.00 0.00	0.11 0.01	24.62 17.77	4.00	100.00 100.00	20.00 40.00	8 ø 10.0 c/13 (6.28 cm²)
T48	0.00 0.00	0.01 0.08	69.77 54.98	4.00	120.00 120.00	20.00 50.00	10 ø 10.0 c/12 (7.85 cm²)
T93	0.00 0.00	0.02 0.01	66.60 55.09	4.00	110.00 110.00	20.00 50.00	10 ø 10.0 c/11 (7.85 cm²)
T100	0.00 0.00	0.30 0.01	69.91 53.15	4.00	110.00 110.00	20.00 50.00	10 ø 10.0 c/11 (7.85 cm²)

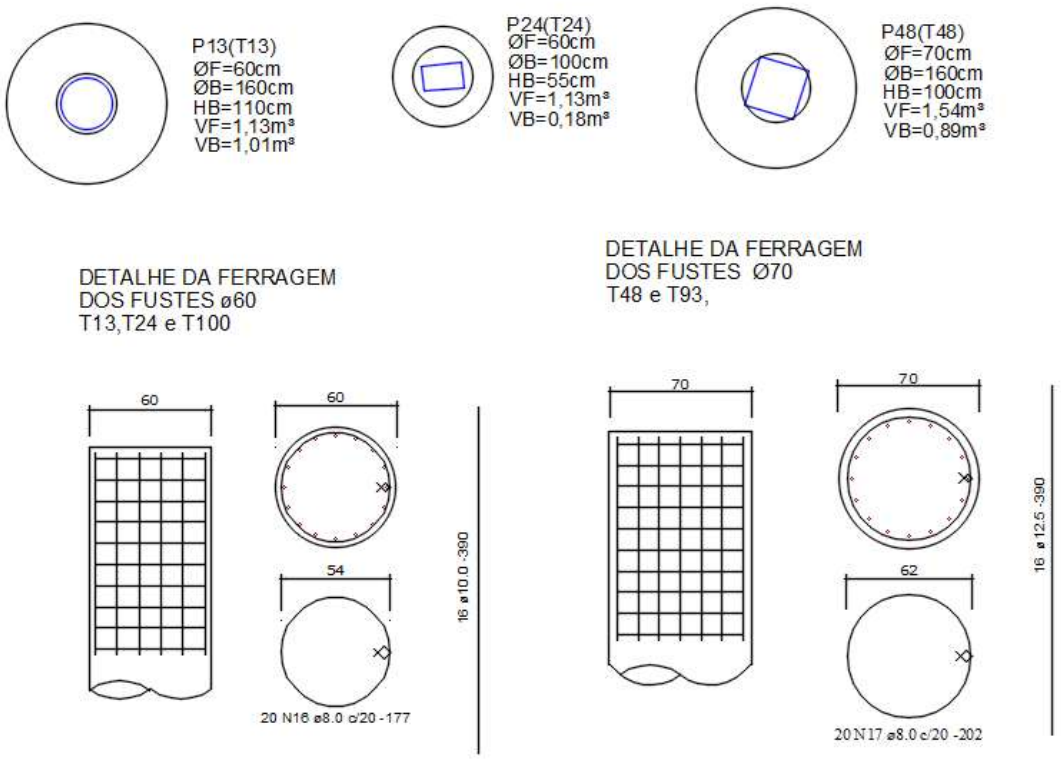


Figura 29: Fôrmas e armaduras dos tubulões dos grupos T13 e T48, respectivamente, com diâmetros dos fustes de 60 cm e 70 cm

11.5 Verificação da Estabilidade Global da Estrutura

.

A estabilidade global da estrutura foi avaliada por meio de análise não linear geométrica do tipo P-Delta, com consideração explícita dos efeitos de segunda ordem. A análise apresentou convergência satisfatória, sem indícios de instabilidade global, sendo os esforços resultantes utilizados nas verificações dos elementos estruturais. Dessa forma, considera-se atendida a condição de estabilidade global da estrutura.

12. AVALIAÇÂO CONJUNTA DOS ENSAIOS E DA ANÁLISE ESTRUTURAL

12.1 Síntese Consolidada de Risco por Elemento

A partir da análise integrada dos resultados dos ensaios de pacometria, carbonatação, esclerometria e potencial de corrosão, apresentados no Relatório nº RT-ENS-IFB-CT062026, foi elaborada a Tabela 21, contendo uma matriz consolidada de risco e severidade por elemento estrutural. A matriz resulta do cruzamento das informações obtidas nos diferentes ensaios, com o objetivo de subsidiar a avaliação das condições dos elementos e a definição das prioridades de intervenção.

A classificação da severidade foi estabelecida com base na avaliação conjunta dos resultados dos ensaios realizados em cada elemento estrutural, conforme a legenda a seguir:

🟢 Baixo risco	Parâmetros dentro da normalidade em todos os ensaios aplicáveis
🟡 Médio risco	Um ou mais indicadores em zona de atenção/incerteza
🔴 Alto risco / Prioritário	Indicadores críticos convergentes (ex.: carbonatação atingindo armadura + cobrimento baixo)

Tabela 21: Matriz de risco/severidade dos elementos

Elemento	Cobrimento (mm) (pacometria)	Fc Frente de carbonatação e pH	fck estimado (esclerometria)	Potencial de corrosão	Classificação final
P2	25,0-29,0 mm	10,0-12,0 mm pH 11,0	x	x	**Baixo**
P7	20,0-22,0 mm	8,0-9,0 mm pH 13,0	x	x	**Baixo**
P14	28,0-32,0 mm	7,0-9,0 mm pH 13,0	x	x	**Baixo**

P15	22,0-27,0 mm	11,0-17,0 mm pH 10,0	x	x	**Baixo**
P21	25,0–35,0 mm	12,0-16,0 mm pH 10,0	x	< 10%	**Baixo**
P26	25,0-40,0 mm	x	x	x	**Baixo**
P35	x	x	43,9 MPa	Incerteza	**Baixo**
P36	25,0-29,0 mm	10,0-12,0 mm pH 11,0	x	x	**Baixo**
P47	31,0-32,0 mm	14,0-15,0 mm pH 11,0	x	x	**Baixo**
P48	19,0-20,0 mm	x	x	x	**Baixo**
P51	19,0-20,0 mm	25,0-27,0 mm pH 6,0	40,0 MPa	x	**Médio**
P52	18,0-21,0 mm	22,0-25,0 mm pH 5,0	51,4 MPa	Incerteza	**Médio**
P56	32,0-35,0 mm	22,0-27,0 mm pH = 2,0	—	< 10%	**Baixo**
P87	22,0-32,0 mm	23,0-25,0 mm pH 10	x	x	**Baixo**
P90	22,0-26,0 mm	18,0-19,0 mm pH 13	x	Incerteza	**Baixo**
P93	22,0-32,0 mm	19,0-20,0 mm pH 12,0	39,4 MPa	x	**Baixo**
P100	22,0-25,0 mm	4,0-5,0 mm pH 12,0	x	x	**Baixo**
P101	25,0-28,0 mm	15,0-17,0 mm pH 13,0	x	< 10%	**Baixo**
P106	21,0-32,0 mm	19,0-25,0 mm pH 12,0	40,1 MPa	< 10%	**Baixo**
P114	19,0- 26,0 mm	30,0 mm pH 2,0	35,8 MPa	< 10%	**Baixo**
P124	22 mm	10,0-12,0 mm pH = 12,0	x	< 10%	**Baixo**
VT12	25,0-25,0 mm	20,0-22,0 mm pH 13,0	x	< 10%	**Baixo**
VPS 30	25,0-25,0 mm	19,0-20,0 mm pH 13,0	45,4 MPa	x	**Baixo**
VPS 14	x	x	45,9 MPa	x	**Baixo**

VPS 36	x	x	45,9 MPa	x	**Baixo**
VPS 39	x	x	47,3 MPa	x	**Baixo**

Com base na avaliação integrada dos ensaios realizados nos elementos estruturais, verificou-se que a maioria apresentou baixo risco de comprometimento, à exceção dos pilares P51 e P52, nos quais os resultados dos ensaios de carbonatação indicaram que a frente de carbonatação atingiu a região das armaduras, comprometendo a condição de passivação do aço.

Entretanto, no pilar P52, o ensaio de potencial de corrosão indicou uma probabilidade incerta de ocorrência de corrosão, resultado corroborado pela inspeção visual, que não identificou a presença de produtos de corrosão ou sinais aparentes de deterioração das armaduras. Dessa forma, não foram identificados, no momento da avaliação, indícios suficientes para justificar a adoção de medidas corretivas imediatas, recomendando-se, contudo, o acompanhamento periódico das condições do elemento, especialmente quanto à evolução da carbonatação e à eventual manifestação de sinais de corrosão.

13. CONSIDERAÇÔES FINAIS

Diante das análises realizadas e dos resultados obtidos, conclui-se que, de modo geral, os elementos estruturais avaliados atendem aos critérios de verificação dos Estados Limites Últimos (ELU) e dos Estados Limites de Serviço (ELS), considerando as premissas e condições de carregamento adotadas no estudo.

Verificou-se que as estruturas estão expostas às intempéries e que a exposição prolongada às condições ambientais, associada à paralisação da obra e à ausência de proteção adequada dos elementos estruturais, pode ter contribuído para a deterioração dos materiais e para a redução de sua durabilidade ao longo do tempo.

A não conformidade identificada em relação ao cobrimento das armaduras constitui um ponto de atenção, uma vez que pode comprometer a proteção do aço contra os agentes agressivos do ambiente. Entretanto, considerando as condições observadas, a existência de uma camada de

cobrimento ainda capaz de oferecer proteção e a classificação do ambiente como Classe de Agressividade Ambiental II (CAA II), de agressividade moderada, entende-se que a situação pode ser administrada mediante a retomada das obras em prazo adequado.

Entretanto, por ocasião da retomada da obra, considerando que o cobrimento das armaduras especificado no projeto estrutural original é inferior aos valores mínimos recomendados pela ABNT NBR 6118:2023 para a Classe de Agressividade Ambiental II (CAA II), reconhece-se que essa condição representa uma redução da proteção física das armaduras e, consequentemente, maior suscetibilidade à ação de agentes agressivos e ao desenvolvimento de processos de corrosão ao longo do tempo.

Como medidas específicas de mitigação, recomenda-se a aplicação de sistemas de proteção superficial, tais como revestimentos hidrofugantes à base de silano ou siloxano e pinturas protetoras específicas para concreto aparente. Para os elementos estruturais que receberão revestimento em argamassa (reboco), recomenda-se, adicionalmente, o acréscimo de 1,0 cm à espessura originalmente prevista, utilizando-se argamassa de cimento e areia no traço 1:3 (em volume), de modo a ampliar a camada de proteção superficial do concreto e reduzir a exposição das armaduras à umidade e aos agentes agressivos.

A execução dessas medidas deverá ser precedida da avaliação das condições do substrato, assegurando-se a adequada preparação da superfície, a compatibilidade dos materiais empregados e a aderência do revestimento ao concreto existente.

14. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, não se identificou a necessidade de intervenções destinadas ao reforço ou à recuperação estrutural dos elementos avaliados. Dessa forma, os resultados indicam condições estruturais compatíveis com a retomada da obra, sem prejuízo da necessidade de execução dos serviços complementares de proteção, conservação e controle da durabilidade.

Ressalta-se, ainda, que, que não há necessidade de reforço estrutural **não se aplica à estrutura metálica da cobertura**, cuja avaliação de capacidade estrutural permanece pendente de

inspeção detalhada após desmontagem antes do início dos serviços de reconstrução da cobertura, deverá ser realizada a desmontagem/montagem para inspeção detalhada dos elementos metálicos, quando necessário, deverão ser executados os tratamentos superficiais, a proteção anticorrosiva e a substituição dos componentes comprometidos, preservando-se, sempre que tecnicamente viável, a concepção e as características do projeto original.

Marcilio Brito
Eng. Civil - Ênfase Estrutura
Crea 16018D/PE

BIBLIOGRAFIA

- ABNT NBR 14931:2004 - Execução de estruturas de concreto - Procedimento
- ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento
- ABNT NBR 6120:2019 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 7680-1:2015 - Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto
- ABNT NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento
- ABNT NBR-6122/1996 – Projeto e Execução de Fundações

Cópia de documento digital impresso por Denis Ferreira (1012154) em 26 de Novembro de 2026 às 10:03.

Documento Digitalizado Público

Anexo IV - Laudo Técnico Estrutural

Assunto: Anexo IV - Laudo Técnico Estrutural
Assinado por: Marcielly Leonardo
Tipo do Documento: Laudo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Marcielly Parreira Leonardo**, **DIRETOR(A) - CD3 - DREN**, em 04/11/2026 17:30:22.

Este documento foi armazenado no SUAP em 12/11/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifb.edu.br/verificar-documento-externo/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 896046
Código de Autenticação: 52cb14ebb1