

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DAS COBERTURAS METÁLICAS DOS BLOCOS 01 E 02

Colégio Estadual Virgílio do Vale
Nova Vila – Ceres/GO

Camilla Batista dos Anjos Grigoletto
Engenheira Civil CREA: 1018488731/D-GO

SUMÁRIO

1	IDENTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS	3
2	HISTÓRICO.....	4
3	OBJETIVO	4
4	DESCRIÇÕES GERAIS.....	5
5	RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DA VISTORIA TÉCNICA	6
6	CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES DESTA ANÁLISE	17
7	ANÁLISE DE NÃO CONFORMIDADES.....	20
7.1	SISTEMA DE COBERTURA - BLOCO 01	20
7.2	SISTEMA DE COBERTURA - BLOCO 02	28
7.2.1	OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES	36
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39

1 IDENTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS

Contratante: Secretaria de Estado da Educação de Goiás – SEDUC - GO

CNPJ: 01.409.705.0001-20

Unidade Escolar: Colégio Estadual Virgílio do Vale

Endereço: Av. Brasil, 250, Centro, Nova Vila/GO, CEP 76300000

CRE: Ceres/GO

Processo nº: 202200006010187

Assunto: Análise da integridade estrutural das coberturas metálicas dos Blocos 01 e 02.

Escopo: Avaliação do desempenho estrutural das coberturas metálicas, com ênfase na identificação de falhas construtivas e verificação de não conformidades em relação às especificações e detalhes do projeto estrutural original.



Figura 1 – Localização da Implantação do Colégio
Fonte: GOOGLE EARTH (2025).

2 HISTÓRICO

Em atendimento a solicitação da Secretaria de Estado da Educação de Goiás (SEDUC – GO), foi realizada, em 15 de abril de 2025, uma inspeção técnica presencial das estruturas metálicas dos Blocos 01 e 02 do Colégio Estadual Virgílio do Vale, localizado no endereço previamente indicado. A atividade teve como objetivo verificar possíveis inconformidades entre o projeto estrutural original e a execução em campo.

O levantamento técnico-estrutural foi conduzido e concluído no mesmo dia pela engenheira civil e projetista estrutural Camilla Batista dos Anjos Grigoletto, devidamente registrada no CREA sob o nº 1018488731/D-GO.

3 OBJETIVO

Este relatório tem como objetivo avaliar as alterações na execução das estruturas metálicas dos Blocos 01 e 02 em comparação aos projetos estruturais fornecidos pela contratante. O foco principal foi identificar as inconformidades entre o que foi executado pelo contratado e o que estava previsto no projeto original.

Durante a inspeção, foram realizadas observações visuais, medições físicas e análise das condições das estruturas, utilizando trenas (manual e a laser), paquímetro e registros fotográficos. A análise técnica foi realizada comparando a execução observada com o projeto "As Built" fornecido pelo contratado, que tenta justificar que, apesar das divergências em relação ao projeto original fornecido pela contratante, a estrutura executada atenderia aos critérios mínimos de resistência e estabilidade.

O diagnóstico teve como objetivo verificar a segurança e o desempenho da estrutura frente às ações previstas, considerando as condições normais de uso ao longo de sua vida útil. A análise foi realizada utilizando o software de cálculo estrutural CYPE3D®. As etapas do processo foram:

1. Análise dos projetos estruturais fornecidos pela SEDUC - GO;
2. Inspeção in loco e identificação dos elementos relevantes;
3. Registro fotográfico detalhado;
4. Avaliação dimensional dos elementos e sistemas estruturais;

5. Verificação da conformidade da execução com os projetos estruturais;
6. Modelagem estrutural para análise das não conformidades;
7. Análise crítica das informações coletadas;
8. Elaboração do Relatório Técnico.

4 DESCRIÇÕES GERAIS

As estruturas analisadas referem-se às coberturas em estrutura metálica de dois blocos de salas de aula. Todas as estruturas foram avaliadas conforme sua execução, que apresentou total divergência em relação aos projetos fornecidos pela contratante e, em parte, em relação ao projeto apresentado pela contratada.

Não foram encontrados documentos nos arquivos da obra, como notas fiscais de compra de materiais, que comprovem o tipo e a qualidade do aço utilizado na execução. Além disso, os cálculos foram realizados com base na premissa de que a soldagem foi realizada com qualidade adequada, o que não corresponde integralmente à realidade observada.

Durante a inspeção, foram identificadas diversas divergências entre a execução da obra e os projetos estruturais metálicos fornecidos pela SEDUC, bem como o projeto "As Built" apresentado pelo contratado. Também foram observadas falhas significativas na montagem, as quais comprometem completamente a capacidade de resistência dos elementos estruturais. Essas falhas foram verificadas de forma consistente em todos os blocos analisados. As principais falhas encontradas são as seguintes:

- a) A estrutura metálica da cobertura não foi ancorada à estrutura de concreto, conforme previsto no projeto original e no projeto "As Built". Todas as tesouras de cobertura estão apenas apoiadas nas vigas de concreto da cobertura, sem qualquer tipo de fixação ou conexão com a estrutura de concreto. Esses apoios foram classificados como móveis, ou seja, podem deslocar-se livremente nas duas direções do eixo horizontal e não possuem restrição quanto ao giro, com restrição de deslocamento apenas no eixo vertical;
- b) Ausência das chapas de base de todas as tesouras metálicas, conforme

especificado no projeto original e no projeto "As Built", comprometendo a estabilidade e a correta distribuição das cargas nas ligações das tesouras com a estrutura de concreto;

- c) Embora os projetos tenham previsto a instalação de chumbadores, foi constatada a ausência desses elementos, bem como a inexistência de parabolts no local, o que compromete severamente a ligação estrutural entre as estruturas metálicas e a estrutura de concreto, prejudicando a estabilidade e a resistência do conjunto;
- d) Foram identificados defeitos no procedimento de soldagem em diversas emendas e ligações. As soldas não atendem aos requisitos das soldas "pré-qualificadas", conforme especificado na norma AWS D1.1;
- e) Observou-se a presença de escória nas soldas, além de soldas excessivamente altas sem a devida limpeza. Vale destacar que um defeito de soldagem é qualquer imperfeição que comprometa a integridade de uma junta soldada. Segundo a Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME), as causas dos defeitos de soldagem são distribuídas da seguinte forma: 41% devido a condições desfavoráveis no processo, 32% por erros do operador, 12% devido ao uso inadequado de técnicas, 10% pela seleção incorreta de consumíveis e 5% devido a preparação inadequada dos sulcos de soldagem.

5 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DA VISTORIA TÉCNICA

A seguir, são apresentados registros fotográficos que ilustram as falhas de execução identificadas durante a inspeção no local, destacando as diferenças entre a execução e o projeto original. Cada imagem será acompanhada de uma descrição detalhada.



Figura 2 – Observa-se o lado direito do Bloco 01, onde a estrutura da cobertura encontra-se selada. A linha reta vermelha inserida na imagem evidencia visualmente a deformação dos elementos estruturais, indicando desvios significativos de alinhamento que comprometem a geometria e a estabilidade da estrutura.

Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 3 – Bloco 01: Linha azul traçada na região central da cobertura evidencia deformações nos perfis estruturais, que se desviam significativamente da linha de referência. Essas irregularidades indicam perda de alinhamento e possível comprometimento da rigidez e estabilidade da estrutura.

Fonte: Elaboração do autor (2025).

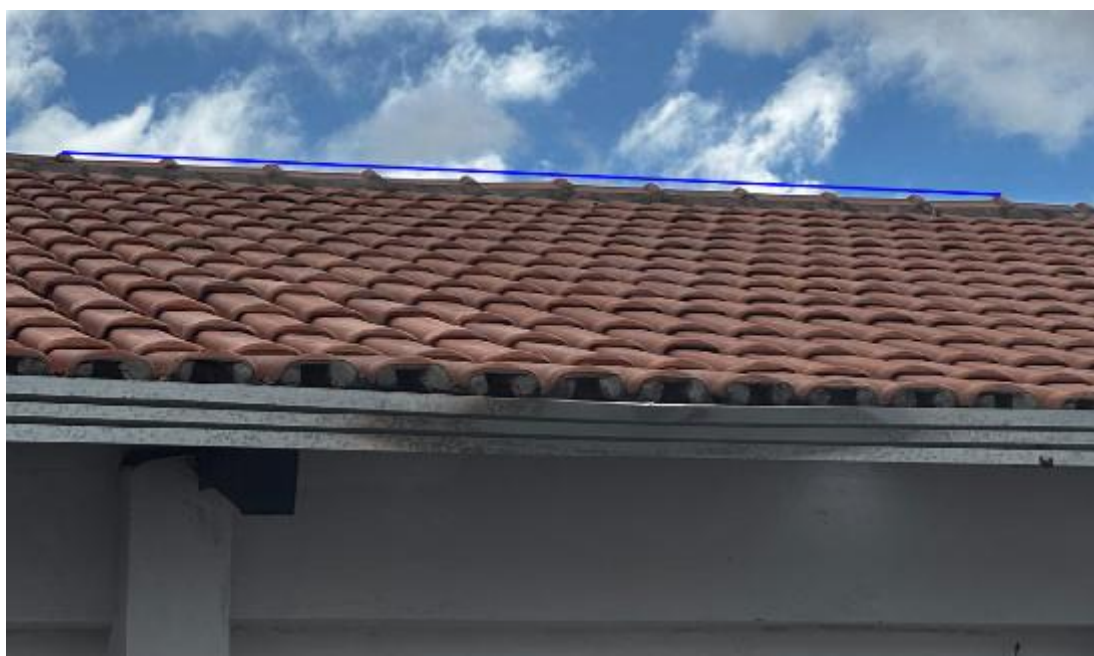


Figura 4 – Linha azul traçada no lado direito da cobertura do Bloco 01. A repetição do mesmo problema em diferentes trechos da cobertura demonstra que se trata de uma não conformidade sistêmica e não localizada.

Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 5 – Os supostos "reforços estruturais" das Tesouras 03, 05, 07, 09, 10 e 11 do Bloco 01 não estão apoiados sobre a viga de concreto, encontrando-se em balanço, ou seja, flutuando no ar. Nessa condição, os elementos não cumprem a função estrutural para a qual foram designados, atuando apenas como carga adicional sobre a estrutura existente, o que contribui negativamente para o desempenho global do sistema.
Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 6 – A imagem, capturada por baixo, evidencia com clareza que o elemento denominado "reforço estrutural" encontra-se sem qualquer apoio na viga de concreto, permanecendo em balanço.

Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 7 – Nesta imagem, registrada em outro ponto da estrutura, observa-se novamente a condição inadequada do chamado "reforço estrutural", que permanece sem apoio sobre a viga de concreto. A repetição desse problema em diferentes trechos da cobertura confirma que se trata de uma falha recorrente na execução, indicando ausência de critério técnico adequado na instalação desses elementos.
Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 8 – Vista superior do "reforço estrutural", destacado pela seta vermelha, em desacordo com o projeto "As Built", foi instalado lateralmente à tesoura e em balanço, sem qualquer conexão com a viga de concreto. Essa disposição descaracteriza sua função como elemento de reforço.
Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 9 – Vista lateral do elemento denominado "reforço estrutural", onde se constata a quase total ausência de contato com a tesoura metálica. Essa execução inadequada compromete completamente sua função estrutural, impedindo a transferência de esforços entre os elementos.

Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 10 – A seta vermelha mostra a tesoura apenas apoiada sobre a viga de concreto, sem fixação por chapas de base ou chumbadores, em desacordo com o projeto e comprometendo a estabilidade da estrutura.

Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 11 – Em outro ponto, observa-se a mesma condição: tesoura apenas apoiada sobre a viga de concreto, sem fixação adequada, repetindo a falha de execução.

Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 12 – A imagem, destacada pelas setas vermelhas, exhibe o reforço estrutural instalado sem chapas de base e chumbadores, evidenciando a falta de fixação adequada e o não cumprimento das especificações do projeto.

Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 13 – A imagem destaca a solda mal executada entre a terça e a tesoura, além de evidenciar o amassado no perfil da terça, comprometendo a integridade e a resistência da união entre os elementos.
Fonte: Elaboração do autor (2025).



Figura 14 – A linha azul na imagem, conectando os dois pontos do Bloco 02, evidencia que a estrutura deste bloco também apresenta selagem, indicando deformações semelhantes às observadas no Bloco 01.

Fonte: Elaboração dos autores (2024).



Figura 15 – Além disso, as tesouras do Bloco 02 foram utilizadas para apoiar as vigas de cobertura do pátio coberto, resultando em esforços adicionais nas tesouras.

Fonte: Elaboração dos autores (2024).



Figura 16 – As imagens mostram a medição das dimensões dos perfis das tesouras realizada in loco com trena manual, a fim de verificar se os elementos executados em campo correspondem ao especificado no projeto “As Built”.

Fonte: Elaboração dos autores (2024).

6 CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES DESTA ANÁLISE

a) Ausência de Informações no Projeto As Built

Não foi fornecido, para esta análise, memorial de cálculo, nem constam nas notas de projeto quaisquer informações ou detalhamentos relativos aos carregamentos considerados no dimensionamento do projeto estrutural, elaborado pelo Engenheiro Civil e de Segurança do Trabalho Ramisses Roberto Soares (registro profissional: CREA-GO nº 9215/D), sob a ART nº 1020240112983.

Diante da ausência desses dados, adotaram-se, nesta verificação, hipóteses de carregamento simplificadas, baseadas nos critérios usualmente empregados por esta projetista em coberturas metálicas com telhado de telhas cerâmicas (barro), conforme práticas recorrentes observadas em projetos anteriores de mesma tipologia.

b) Geometria e Dimensões:

As características geométricas dos perfis metálicos considerados nesta análise

foram obtidas por meio de medições realizadas diretamente em campo, durante a inspeção técnica da estrutura.

c) Materiais:

Não foi possível verificar o tipo exato de aço utilizado, uma vez que não houve apresentação de nota fiscal ou outro documento comprobatório da aquisição dos materiais. Para fins de análise, adotou-se o aço ASTM A36, conforme especificado nos projetos fornecidos. As propriedades mecânicas correspondentes estão apresentadas na tabela a seguir:

Materiais utilizados							
Material		E	ν	G	f_y	α_t	γ
Tipo	Designação	(kgf/cm ²)		(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	(m/m°C)	(t/m ³)
Aço dobrado	AISI-SAE 1010	2038736.0	0.300	784129.2	1753.3	0.000012	7.850
	A-36	2038736.0	0.300	784129.2	2548.4	0.000012	7.850
Notação: <i>E</i> : Módulo de elasticidade <i>ν</i> : Módulo de poisson <i>G</i> : Módulo de corte <i>f_y</i> : Limite elástico <i>α_t</i> : Coeficiente de dilatação <i>γ</i> : Peso específico							

Fonte: software CYPE3D®.

d) Ligações soldadas:

Para os cálculos, presumiu-se que o processo de soldagem foi realizado adequadamente. Entretanto, conforme evidenciado nas Figuras 8, 9 e 13, essa premissa não se sustenta. A inspeção das soldas foi limitada à avaliação visual, sem utilização de equipamentos de inspeção como ultrassom ou raio X.

Embora o projeto “As Built” não apresente detalhamento de solda, neste cálculo foi adotada a utilização de solda descontínua - ou solda intermitente – aracterizada pela alternância de trechos soldados e não soldados, na união dos perfis compostos. Essa escolha se justifica pela reduzida espessura das chapas envolvidas e está em conformidade com as condições observadas durante a execução em campo.

e) Condições de apoio:

Considerando que as estruturas metálicas estão apenas apoiadas sobre as vigas de concreto armado, sem o uso de chapas de base e chumbadores que garantam uma conexão

adequada e estável, todos os apoios foram modelados como móveis nesta análise. Isso implica que foram considerados apoios sem restrições aos deslocamentos horizontais e às rotações, permitindo liberdade total nesses graus de liberdade.

f) Ações Consideradas:

Foram consideradas na análise as ações permanentes, que englobam o peso próprio da estrutura, dos elementos construtivos fixos e das instalações permanentes. Além disso, foram incluídas as ações variáveis, cujos valores podem variar significativamente ao longo da vida útil da construção. Estas são apresentadas a seguir:

- Peso Próprio da estrutura [PP] = autoavaliado pelo software
- Telha cerâmica em geral [CP] = 45 kg/m² (Tabela 5 da NBR 6120:2019)
- Forro de PVC, inclui estrutura de suporte [CP] = 10 kg/m² (Tabela 8 da NBR 6120:2019)
- Sobrecarga em coberturas comuns [SC] = 25 kg/m² (item B.5.1, Anexo B da NBR 8800:2008)

g) Combinações de ações:

As combinações de ações em condições normais de uso consideradas nesta análise são as seguintes:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------------|
| • PP + Telha e Forro | • PP + Telha e Forro + 1.5 SC |
| • 1.25 PP + Telha e Forro | • 1.25 PP + Telha e Forro + 1.5 SC |
| • PP + 1.25 Telha e Forro | • PP + 1.25 Telha e Forro + 1.5 SC |
| • 1.25 PP + 1.25 Telha e Forro | • 1.25 PP + 1.25 Telha e Forro + 1.5 SC |

h) Galga da telha:

A galga média considerada nesta análise é de 38cm, conforme o tipo de telha utilizado na obra – Telha Plan, do fabricante Cerâmica Santo Antônio, conforme verificado em campo.

i) Verificação da resistência:

A análise estrutural foi conduzida com base no Método dos Estados Limites, conforme os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 8800:2008. A verificação da segurança foi realizada inicialmente no Estado Limite Último (ELU), com o objetivo de avaliar a

resistência dos elementos estruturais. Como os perfis analisados não atenderam aos requisitos mínimos de resistência exigidos no ELU, a verificação das deformações no Estado Limite de Serviço (ELS) não foi realizada, conforme o disposto na norma, uma vez que a estrutura já se encontra em desacordo com os critérios de segurança estrutural.

Considerando que se trata de perfis formados a frio (chapa dobrada), também foram observadas as diretrizes da ABNT NBR 14762:2010, específicas para o dimensionamento de estruturas de aço compostas por esse tipo de perfil.

j) Considerações sobre Terças e Tirantes:

Na análise estrutural, as terças e os tirantes foram modelados como elementos biapoiados, com articulações simples em seus extremos. Essa hipótese considera que os apoios não impõem restrições à rotação, permitindo o livre giro nas extremidades e desconsiderando a transmissão de momentos fletores pelos apoios. Essa modelagem é compatível com o comportamento típico desses elementos em estruturas metálicas leves, onde as ligações são geralmente executadas de forma simples, sem garantir rigidez à flexão.

A adoção de extremidades articuladas implica que os esforços internos gerados nos elementos são predominantemente de flexão simples e tração ou compressão axial, sem a presença de momentos resistentes nos apoios. Com isso, os diagramas de esforço são simplificados e os dimensionamentos podem ser realizados com base nos valores máximos de momento fletor e força axial ao longo do vão. Essa hipótese também representa uma condição de menor rigidez global, o que, por segurança, resulta em uma abordagem conservadora para o dimensionamento, em conformidade com os princípios da ABNT NBR 8800:2008.

7 ANÁLISE DE NÃO CONFORMIDADES

7.1 SISTEMA DE COBERTURA - BLOCO 01

O sistema de cobertura do Bloco 01 foi executado em estrutura metálica com ligações soldadas, configurada em duas águas com inclinação de 30%. A cobertura é composta por 12 (doze) tesouras metálicas, confeccionadas com perfis compostos de aço

formado a frio, tipo U enrijecido (2*C127x50x17x2.00) e espaçadas entre 3,43 m e 4,11 m.

Sobre esta estrutura principal foram dispostas terças metálicas, também em perfis de chapa dobrada tipo U enrijecido (C75x40x15x2.00), com a função de suporte das telhas cerâmicas tipo Plan.

Durante a inspeção técnica, foram constatadas alterações nas seções e bitolas dos perfis, quando comparadas ao projeto estrutural original. Contudo, as dimensões dos perfis verificados in loco estão em conformidade com o que consta no projeto "As Built".

As Figuras 17 e 18, extraídas do projeto “As Built”, apresentam os reforços propostos para as tesouras localizadas nos eixos 2 ao 11. Com base na análise do projeto, não foi previsto reforço para as tesouras dos oitões.

Reforço estrutural - Tesouras 02, 04, 06 e 08

Para tesouras onde não coincidiram a montagem sobre as vigas de concreto armado, estas foram suspensas por macaco hidráulico, em seguida, foram instalados tirantes com arrochante rosqueável.

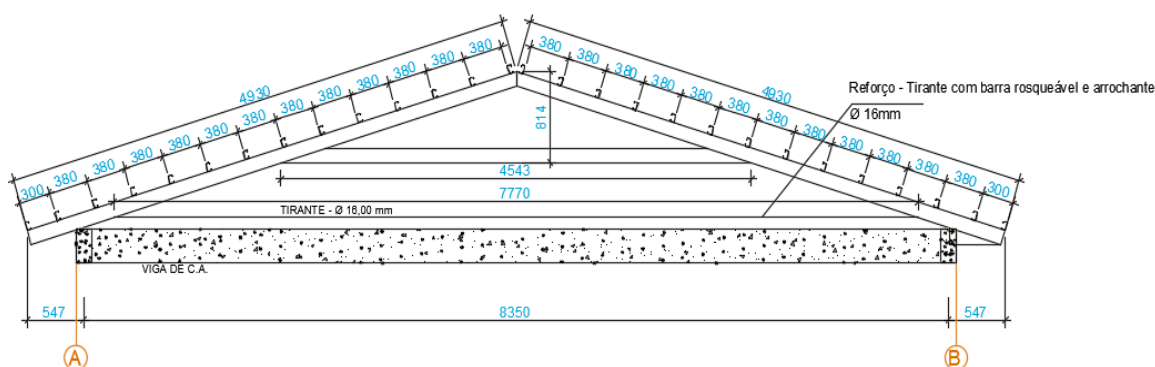


Figura 17 – Elevação dos eixos 2, 4, 6 e 8 do Bloco 01.

Fonte: Prancha 2/2 do projeto “As Built” (15/05/2025).

Apesar de o projeto "As Built" indicar que, nas tesouras não coincidentes com as vigas de concreto armado, foi realizada a suspensão com macaco hidráulico seguida da instalação de tirantes com arrochante rosqueável, observa-se que, caso essa intervenção tenha realmente sido executada, ela não foi eficaz. A estrutura atualmente se encontra selada, sem qualquer evidência de alívio de carga ou mobilização dos reforços, o que é perceptível a olho nu.

Reforço estrutural: Tesouras 03, 05, 07, 09, 10 e 11

Para tesouras onde coincidiram a montagem sobre as vigas de concreto armado, estas foram suspensas por macaco hidráulico, em seguida, foram instalados pilaretes metálicos descansando sobre a viga de concreto armado e soldadas na tesoura.

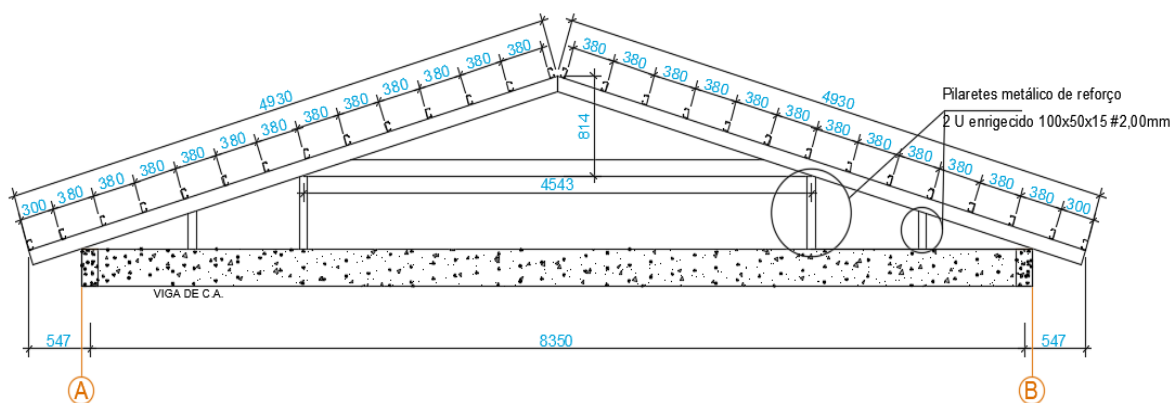


Figura 18 – Elevação dos eixos 3, 5, 7, 9, 10 e 11 do Bloco 01.

Fonte: Prancha 2/2 do projeto "As Built" (15/05/2025).

Embora o projeto "As Built" indique que, para as tesouras cuja montagem coincidiu com as vigas de concreto armado, teria sido realizada a suspensão com macaco hidráulico e posterior instalação de pilaretes metálicos apoiados sobre as vigas e soldados às tesouras, observa-se que a estrutura permanece selada, sem qualquer evidência de alívio de carga — condição claramente perceptível a olho nu.

Ressalta-se que os elementos denominados como "reforços estruturais" das tesouras 03, 05, 07, 09, 10 e 11 não estão efetivamente apoiados sobre as vigas de concreto armado, encontrando-se suspensos ("flutuando"), conforme evidenciado nas Figuras 5, 6 e 7. Nessas condições, esses elementos não desempenham função estrutural efetiva de reforço, atuando apenas como carga adicional à estrutura, por meio do seu peso próprio.

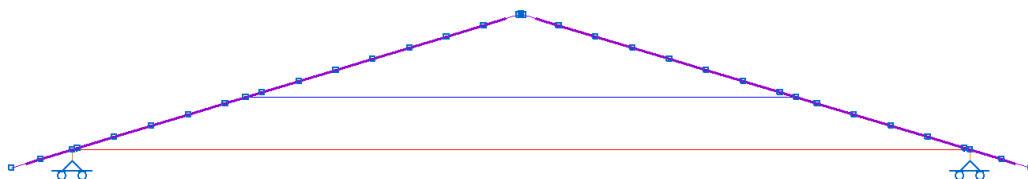


Figura 19 – Apoio adotado para as tesouras 2, 4, 6 e 8 (apoio móvel).

Fonte: software CYPE3D®.

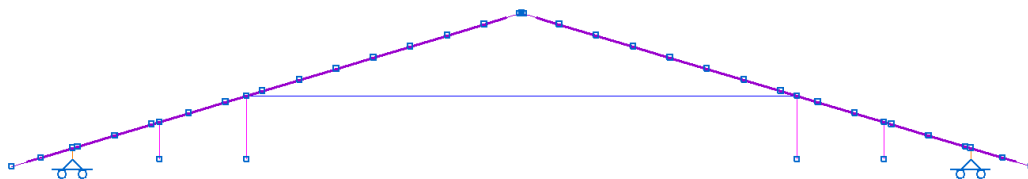


Figura 20 – Apoio adotado para as tesouras 3, 5, 7, 9, 10 e 11 (apoio móvel).

Fonte: software CYPE3D®.

Foi considerado apoio móvel na modelagem estrutural das tesouras, pois estas estão simplesmente apoiadas sobre vigas em concreto armado. Embora o projeto original e o projeto “As Built” previssem a instalação de chapas de base e chumbadores para garantir rigidez na ligação entre a estrutura metálica e a de concreto, esses elementos não foram executados. Diante disso, o apoio móvel foi adotado para refletir a realidade da execução em campo, permitindo o deslocamento controlado das tesouras e compensando a ausência dos dispositivos de fixação que deveriam conferir maior rigidez à conexão.

A verificação de Estados Limites Últimos (ELU) do modelo estrutural, conforme executado em campo, revelou que este não atende aos critérios de segurança e integridade estrutural. O modelo não é capaz de suportar todas as combinações de carga esperadas durante sua vida útil, sem exceder os limites de resistência estabelecidos pelas normas técnicas aplicáveis. Essa condição indica que a estrutura, tal como está, não consegue suportar as cargas de projeto sem atingir um estado de colapso ou falha.

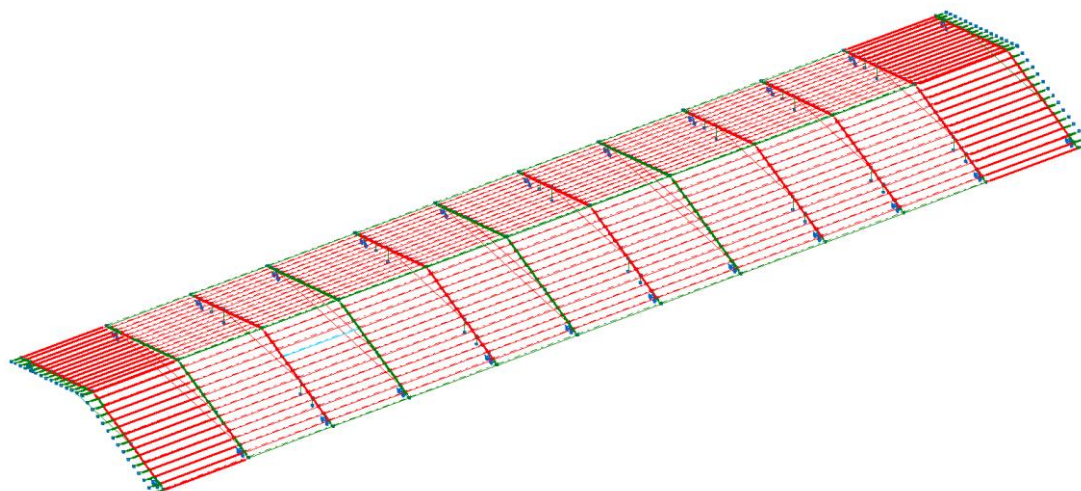


Figura 21 – Análise estrutural do modelo executado no Bloco 01.

Fonte: software CYPE3D®.

A análise detalhada identificou em vermelho os trechos dos elementos estruturais onde as solicitações de carga superaram a capacidade de resistência do elemento. A seguir, serão destacadas as localizações críticas de cada elemento estrutural, onde as tensões são máximas ou onde ocorrem os estresses mais severos.

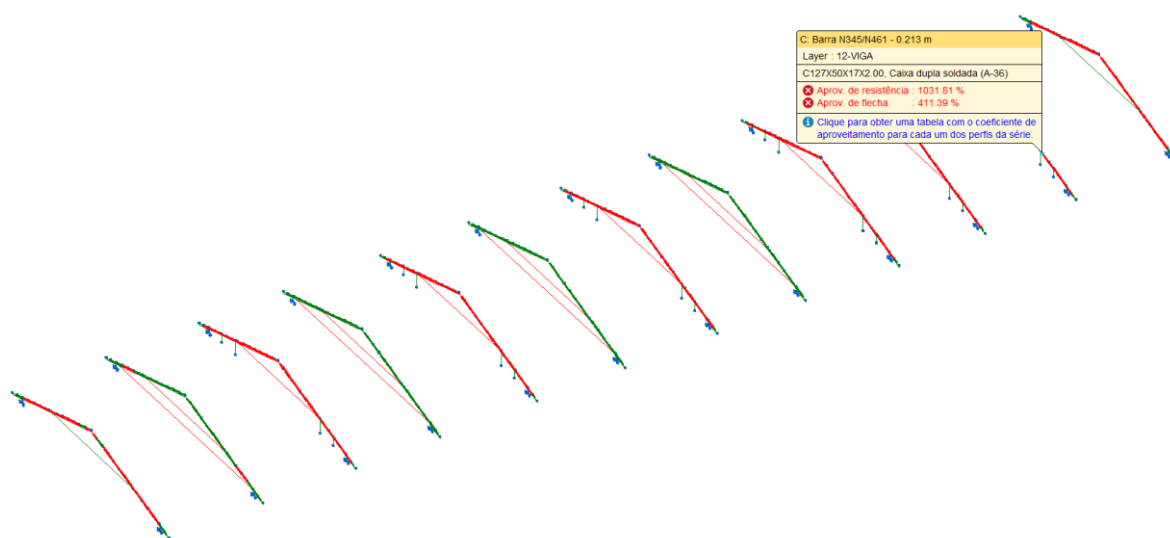


Figura 22 – Verificação dos perfis das tesouras do Bloco01.

Fonte: software CYPE3D®.

O resultado da análise estrutural (Figura 22) indicou que o perfil utilizado nas tesouras não possui capacidade adequada para suportar as cargas aplicadas sem risco de falha prematura. De forma específica, observam-se os seguintes pontos críticos:

1. Resistência à flexão eixo X para a combinação 1.25·PP+1.25·Telha e Forro:

O momento fletor de cálculo atuante (M_d) no eixo x é 3,207 vezes maior que a capacidade resistente de cálculo da seção (M_{rd}). Como o valor máximo admissível para essa relação é 1,0, conforme os critérios de verificação em Estado Limite Último (ELU), conforme a ABNT NBR 8800:2008, conclui-se que a seção está superdimensionada em termos de solicitação, ou seja, a estrutura não atende às condições mínimas de segurança para a flexão. Nessas condições, a estrutura encontra-se em risco de falha por colapso sob a combinação de carga considerada.

2. Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados para a combinação 1.25·PP+1.25·Telha e Forro:

O resultado da interação entre momento fletor e força cortante para barras sem enrijecedores transversais de alma, conforme previsto na norma ABNT NBR 8800:2008, é 10,318 vezes maior do que o limite admissível de segurança, evidenciando que a seção não possui capacidade resistente suficiente para suportar simultaneamente os esforços de flexão e cisalhamento atuantes.

3. Resistência à flexo-compressão para a combinação 1.25·PP+1.25·Telha e Forro:

O resultado da verificação da resistência à flexo-compressão na barra evidencia que a combinação dos esforços axiais de compressão com os momentos fletores atuantes excede em mais de três vezes o limite máximo admissível de segurança, que é de 1,0.

Portanto, a seção analisada não atende aos critérios de resistência à flexo-compressão, encontrando-se em situação estrutural crítica e incompatível com os requisitos de segurança estabelecidos pela ABNT NBR 14762:2010, Art. 9.9.

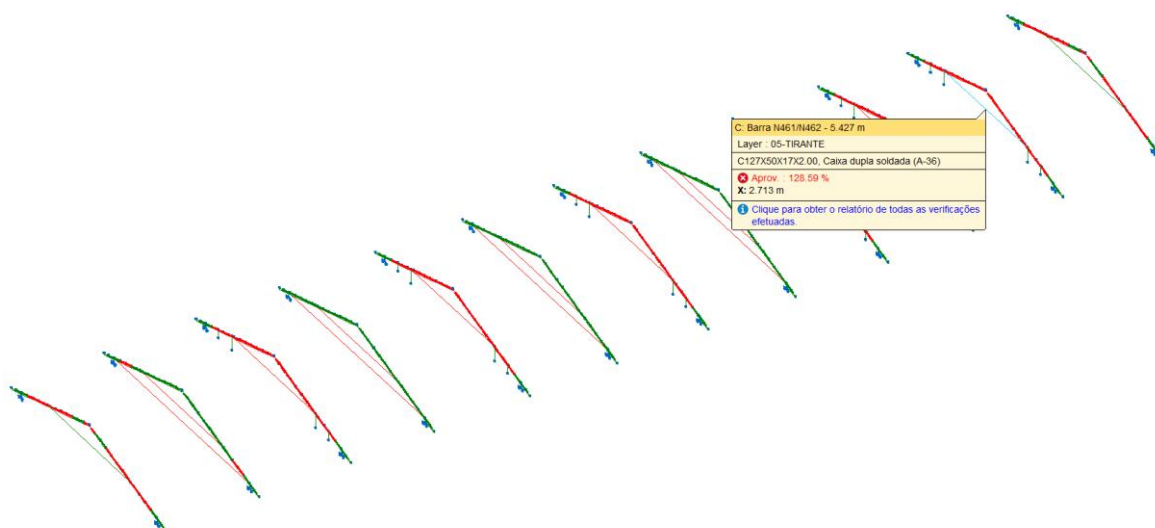


Figura 23 – Verificação dos travamentos das tesouras do Bloco 01.

Fonte: software CYPE3D®.

A análise apresentada na Figura 23 demonstra que o perfil adotado nos travamentos das tesouras é incompatível com as exigências de carga atuantes, apresentando risco significativo de falha. Especificamente:

1. Verificação da Resistência à Flexo-Tração sob a combinação $1.25 \cdot PP + 1.25 \cdot Telha$ e Forro:

O índice de interação obtido na verificação da resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9) foi de 1,286, valor que ultrapassa o limite admissível de 1,0, indicando que a combinação entre os esforços de tração e flexão excede a capacidade resistente da seção analisada. Portanto, não atende aos critérios de resistência à flexo-tração, e encontra-se em situação estrutural comprometida.

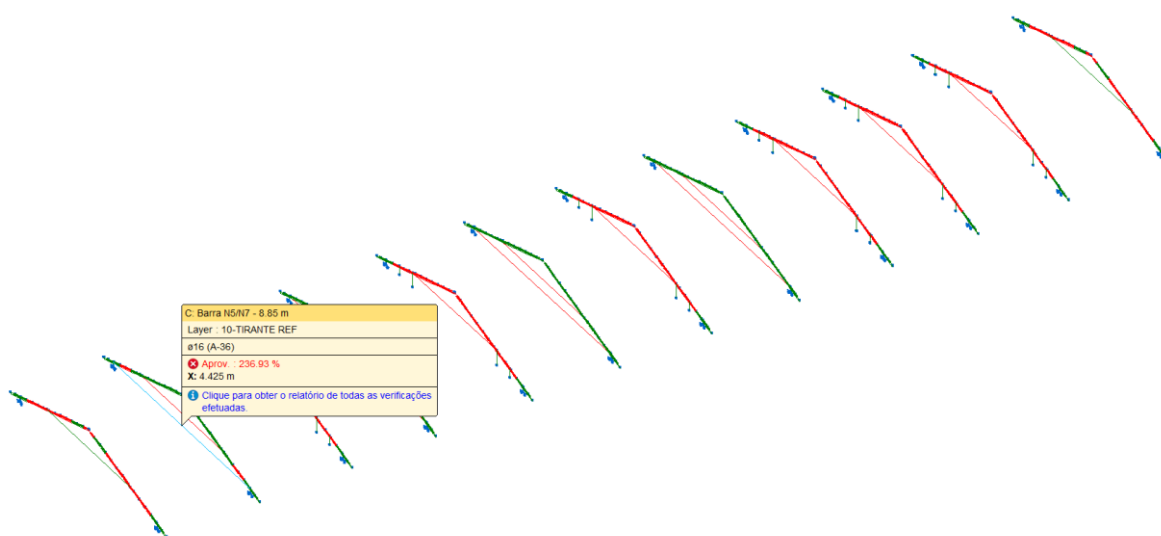


Figura 24 – Verificação do “reforço estrutural” das tesouras 2, 4, 6 e 8 do Bloco 01.

Fonte: software CYPE3D®.

O elemento proposto como “reforço estrutural” para as tesouras 2, 4 e 6 consiste em tirantes com barra rosqueável e arrojante de diâmetro 16 mm. Contudo, os resultados dos cálculos demonstraram que esses elementos possuem desempenho estrutural insatisfatório frente às solicitações previstas na combinação de ações $1.25 \cdot PP + 1.25 \cdot Telha$ e Forro.

O resultado da análise estrutural revelou que o elemento tracionado não atende à resistência exigida em Estado Limite Último (ELU) já que a força solicitante de tração excede a resistência de cálculo em 1,145. Nessa condição, a seção encontra-se subdimensionada, e não é capaz de resistir ao esforço de tração previsto.

O “reforço estrutural” proposto para as tesouras 03, 05, 07, 09, 10 e 11 é composto por pilaretes metálicos, fabricados com perfil duplado tipo U enrijecido, com as dimensões 2UE100x50x15x2.00. Contudo, os resultados da análise desses elementos não foram apresentados, uma vez que, conforme a execução observada, esses componentes não cumprem a função de reforço estrutural prevista.

Observação: As tesouras 01e 12 do Bloco 01, conforme registrado no projeto “As Built”, não apresentaram deformações ou indícios de comprometimento estrutural. Por esse motivo, não foi considerada a necessidade de intervenção ou reforço nesses elementos.

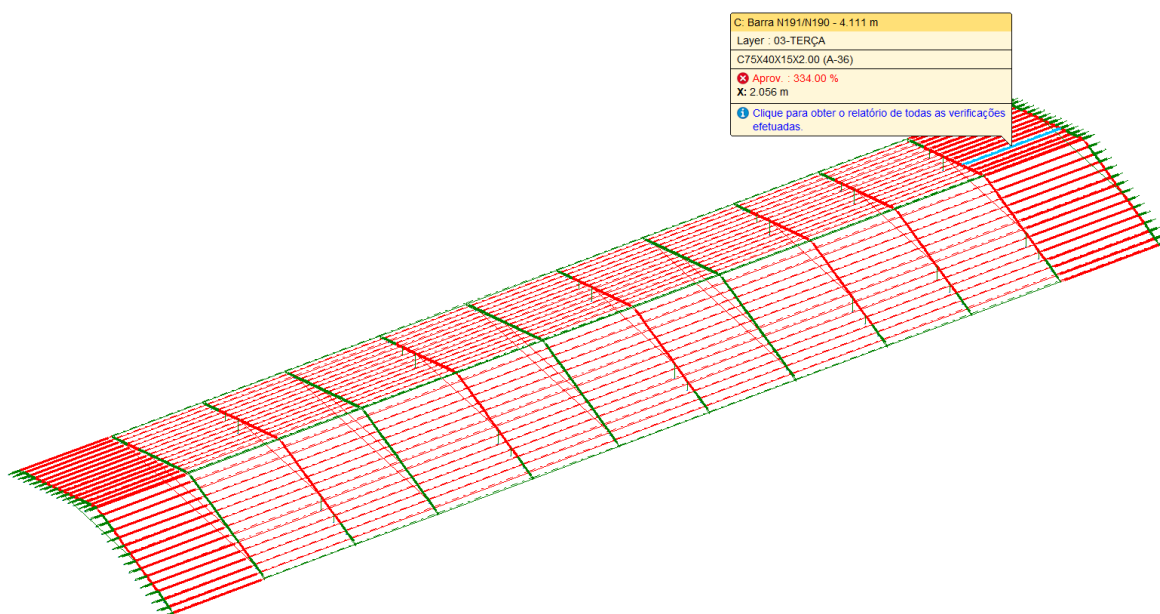


Figura 25 – Verificação das terças do Bloco 01.
Fonte: software CYPE3D®.

A maioria das barras destacadas em vermelho não atendeu aos critérios de esbeltez definidos pela norma, uma vez que o índice de esbeltez das barras comprimidas

ultrapassou o limite máximo permitido de 200.

Ademais, a verificação da resistência da barra apresentada na Figura 25 demonstra que o perfil adotado para as terças é incapaz de resistir ao momento atuante sem risco de escoamento ou falha estrutural.

Verificação da Resistência à Flexão no eixo X (combinação 1.25·PP + 1.25·Telha e Forro):

De acordo com a ABNT NBR 14762:2010, Art. 9.8.2, o índice de verificação da flexão em torno do eixo X foi calculado em 3,14, valor que excede em mais de três vezes o limite admissível de 1,0.

Dessa forma, conclui-se que o elemento estrutural não satisfaz os requisitos de resistência à flexão, encontrando-se subdimensionado para a combinação de ações analisada, o que compromete sua segurança estrutural.

7.2 SISTEMA DE COBERTURA - BLOCO 02

A cobertura do Bloco 02 é composta por uma estrutura metálica soldada, configurada em duas águas com inclinação de 30%. O sistema principal é formado por 13 tesouras metálicas, espaçadas entre 3,59 m e 3,79 m, fabricadas com perfis de aço formado a frio tipo U enrijecido (2*C127x50x17x2.00).

Sobre essas tesouras, foram instaladas terças metálicas com função de apoio às telhas cerâmicas tipo Plan. As terças utilizam perfis de chapa dobrada U enrijecido (C75x40x15x2.00).

Durante a vistoria técnica, observou-se que as seções e bitolas utilizadas diferem do projeto estrutural original. No entanto, as dimensões dos perfis conferem com aquelas indicadas no projeto “As Built”, o qual foi utilizado como referência para a modelagem e verificação.

A Figura 26, retirada do projeto “As Built”, ilustra os reforços propostos para as tesouras localizadas entre os eixos 2 e 9. Não foi identificado reforço previsto para as tesouras situadas nos oitões, conforme análise do referido projeto.

Reforço estrutural - Tesouras 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08 e 09

Para tesouras onde não coincidiram a montagem sobre as vigas de concreto armado, estas foram suspensas por macaco hidráulico, em seguida, foram instalados tirantes com arrochante rosqueável.

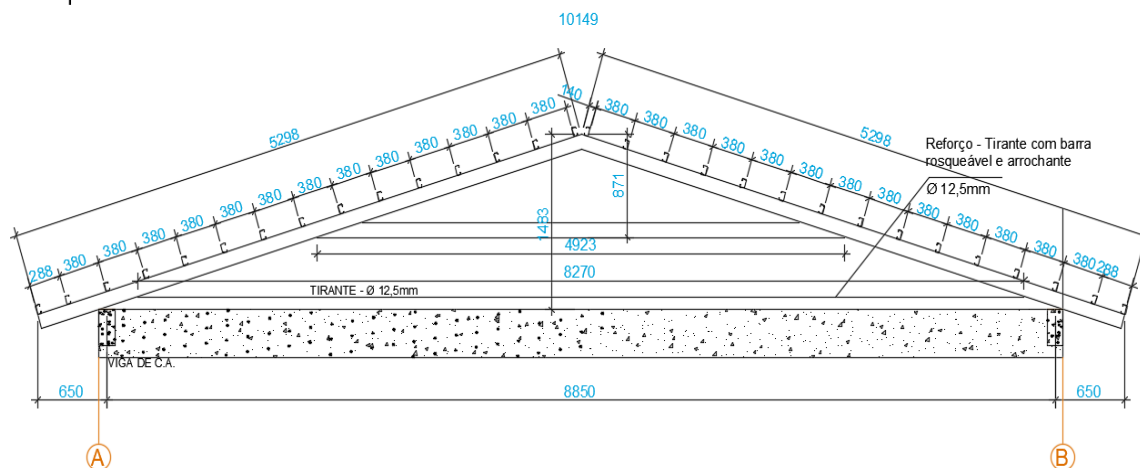


Figura 26 – Elevação dos eixos 2 a 9 do Bloco 02.
Fonte: Prancha 2/2 do projeto “As Built” (15/05/2025).

Ainda que o projeto “As Built” relate que, nas tesouras cujos apoios não coincidiam com as vigas de concreto armado, teria sido adotado o procedimento de elevação com macaco hidráulico seguido da instalação de tirantes com arrochante rosqueável, a inspeção visual revela que a estrutura permanece selada, sem qualquer indício de que tenha havido alívio de carga. Essa condição é claramente perceptível a olho nu, o que coloca em dúvida a efetiva execução do procedimento descrito.

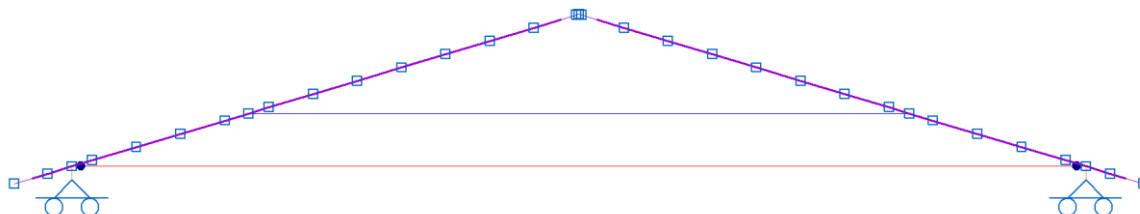


Figura 27 – Apoio adotado para todas as tesouras (apoio móvel).
Fonte: software CYPE3D®.

Durante a verificação da estrutura metálica conforme executada em campo, constatou-se que a ligação entre as tesouras metálicas e as vigas de concreto armado não

foi realizada conforme previsto no projeto original e no projeto “As Built”. Estes previam a utilização de chapas de base e chumbadores, elementos que confeririam rigidez à conexão. No entanto, tais dispositivos não foram instalados na obra.

Diante dessa condição, optou-se por modelar as tesouras com apoio móvel na análise estrutural, refletindo a forma como a estrutura foi efetivamente executada. Esse tipo de apoio permite o deslocamento controlado das tesouras e simula de maneira mais fiel a ausência dos elementos de fixação rígida originalmente projetados.

A análise dos Estados Limites Últimos (ELU), considerando a condição real de apoio adotada na execução, evidenciou que a estrutura não é capaz de suportar, de forma segura, as combinações de carga previstas para sua vida útil. Essa limitação indica risco potencial de colapso ou falhas estruturais em determinadas situações de carregamento.

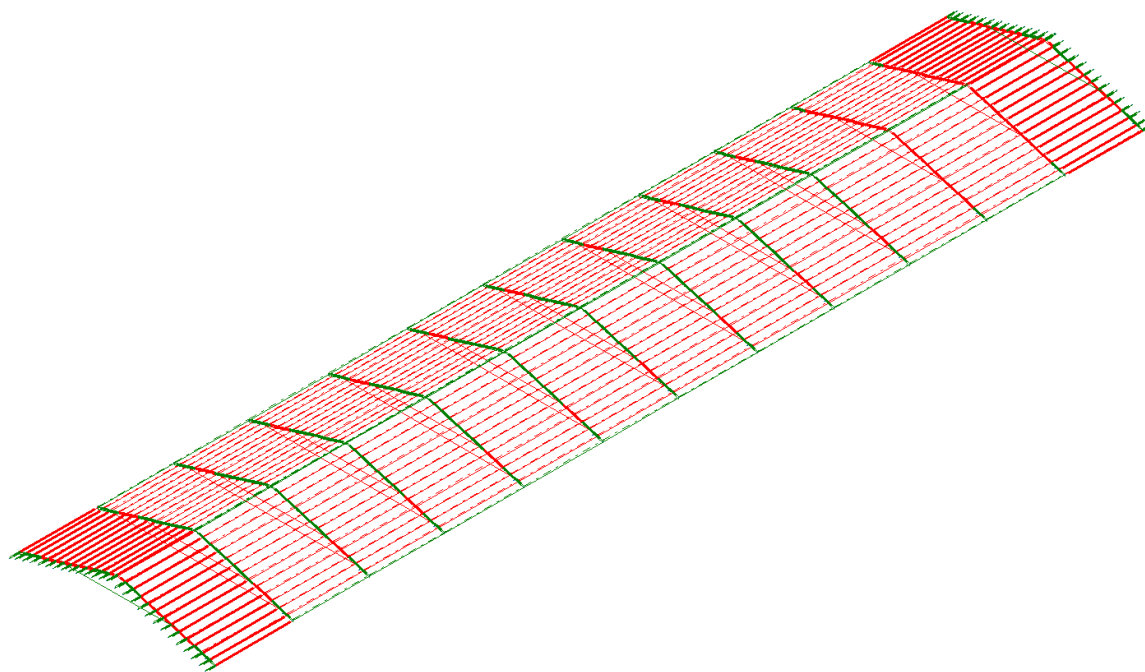


Figura 28 – Análise estrutural do modelo executado no Bloco 02.

Fonte: software CYPE3D®.

A análise estrutural identificou, por meio de destaque em vermelho, as regiões dos elementos onde as solicitações ultrapassam os limites de resistência previstos em norma. Na sequência, são apresentadas as zonas críticas de cada componente, correspondentes

aos pontos de máxima tensão ou às áreas submetidas aos estados mais severos de solicitação.

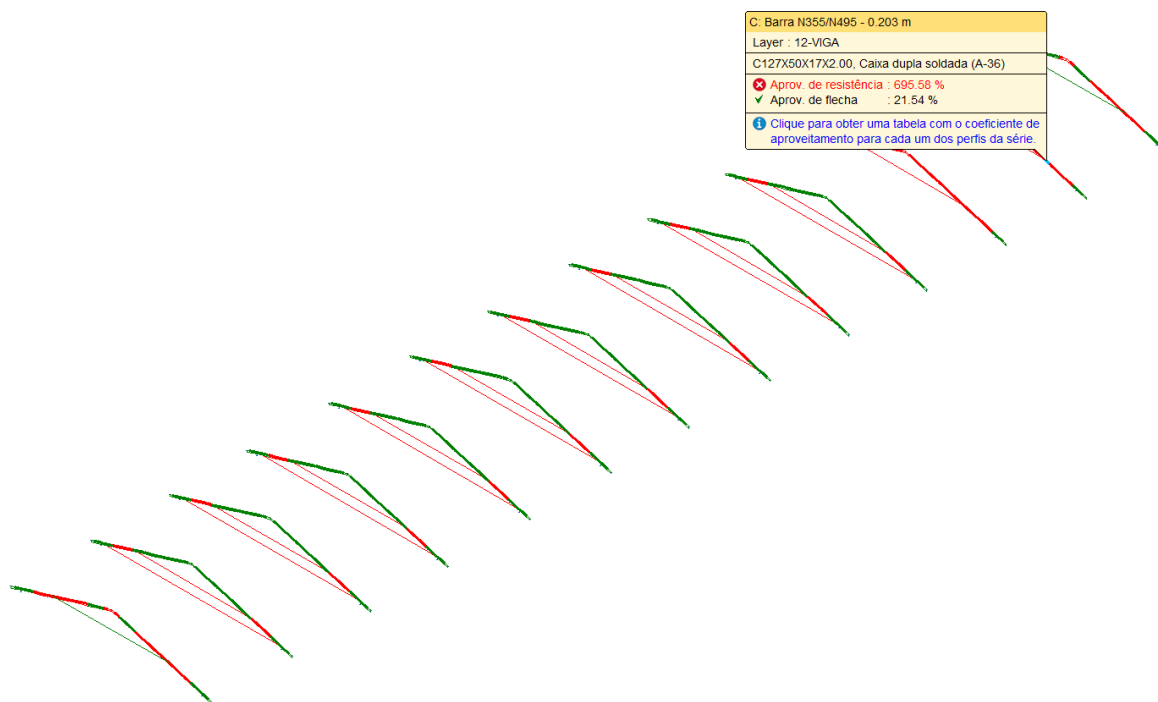


Figura 29 – Verificação dos perfis das tesouras do Bloco02.

Fonte: software CYPE3D®.

A avaliação do desempenho estrutural das tesouras, conforme ilustrado na Figura 29, revelou insuficiência na seção transversal adotada, a qual se mostrou inadequada para resistir com segurança às ações previstas. A análise evidenciou risco de comprometimento prematuro da integridade estrutural, com destaque para regiões específicas onde ocorrem concentrações significativas de esforço — descritas a seguir como pontos críticos.

1. Resistência à flexão eixo X - Combinação 1.25·PP + 1.25·Telha e Forro + 1.5 SC:

A verificação da seção, segundo os critérios de Estado Limite Último (ELU) da ABNT NBR 8800:2008, indica que o momento fletor de cálculo atuante (M_d) no eixo x excede a resistência de cálculo da seção (M_{rd}) em 263,1%. Diante disso, conclui-se que a seção está solicitada além de sua capacidade resistente à flexão, comprometendo as condições mínimas de segurança estrutural. Nessa configuração de carregamento, a estrutura apresenta risco significativo de

colapso.

2. Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados - Combinação $1.25 \cdot PP + 1.25 \cdot \text{Telha e Forro} + 1.5 \cdot SC$:

O resultado da verificação da resistência combinada da seção, considerando a atuação simultânea de momento fletor e esforço cortante, conforme os critérios da ABNT NBR 8800:2008, indicou que o valor calculado excede em 6,956 vezes o limite admissível de segurança. Esse resultado evidencia que a seção transversal não possui capacidade resistente adequada para suportar os esforços combinados de flexão e cisalhamento, caracterizando uma condição crítica de falha estrutural.

3. Resistência à flexo-compressão para a Combinação $1.25 \cdot PP + 1.25 \cdot \text{Telha e Forro} + 1.5 \cdot SC$:

A verificação da resistência à flexo-compressão na barra analisada demonstrou que a interação entre os esforços de compressão axial e os momentos fletores atuantes resulta em um valor que ultrapassa em 2,662 vezes o limite admissível de 1,0.

Esse resultado indica que a seção não atende aos critérios de segurança exigidos para situações de flexo-compressão, configurando uma condição estrutural crítica, em desacordo com o que estabelece a ABNT NBR 14762:2010, item 9.9.

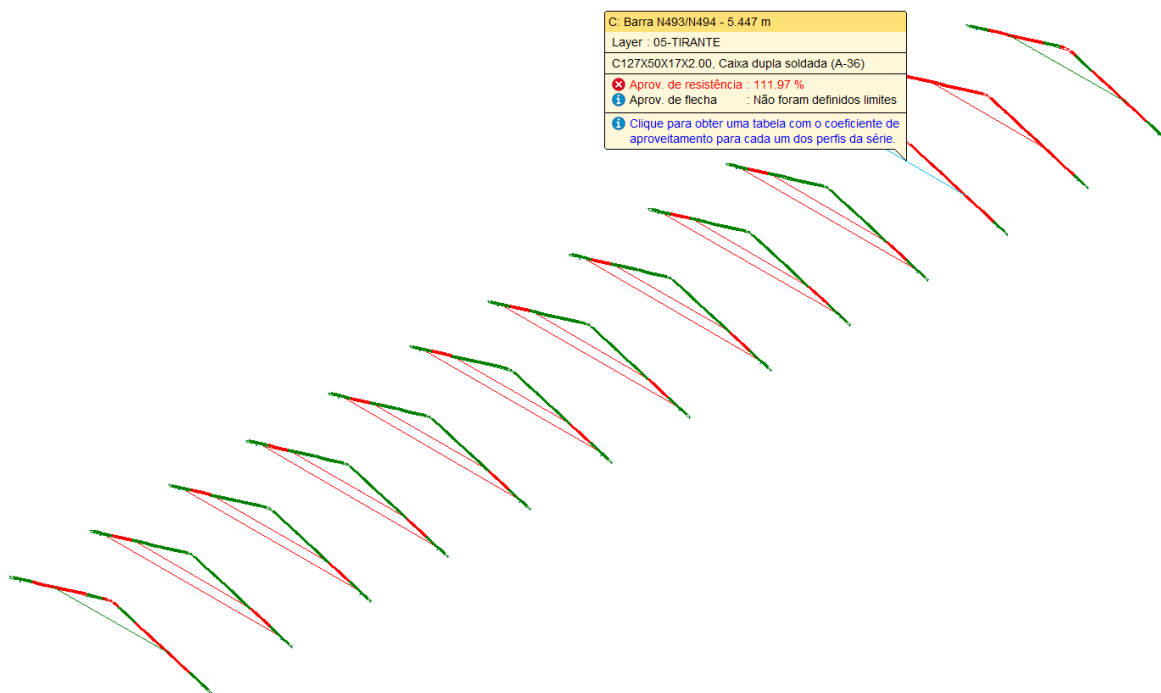


Figura 30 – Verificação dos travamentos das tesouras do Bloco 02.
Fonte: software CYPE3D®.

Conforme ilustrado na Figura 30, a análise indica que o perfil utilizado nos elementos de travamento das tesouras não possui capacidade suficiente para resistir às ações solicitantes. A incompatibilidade entre a seção adotada e as exigências de carga configura um cenário de elevado risco de falha estrutural. Em particular, destaca-se o seguinte ponto crítico:

1. Verificação da Resistência à Flexo-Tração para a combinação 1.25·PP + 1.25·Telha e Forro + 1.5 SC:

A verificação da resistência à flexo-tração, conforme os critérios da ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9, resultou em um índice de interação de 1,12. Isso indica que a combinação dos esforços de tração e flexão excede a capacidade resistente da seção. Como resultado, a seção não atende aos requisitos de resistência à flexo-tração, encontrando-se em uma condição estrutural inadequada.

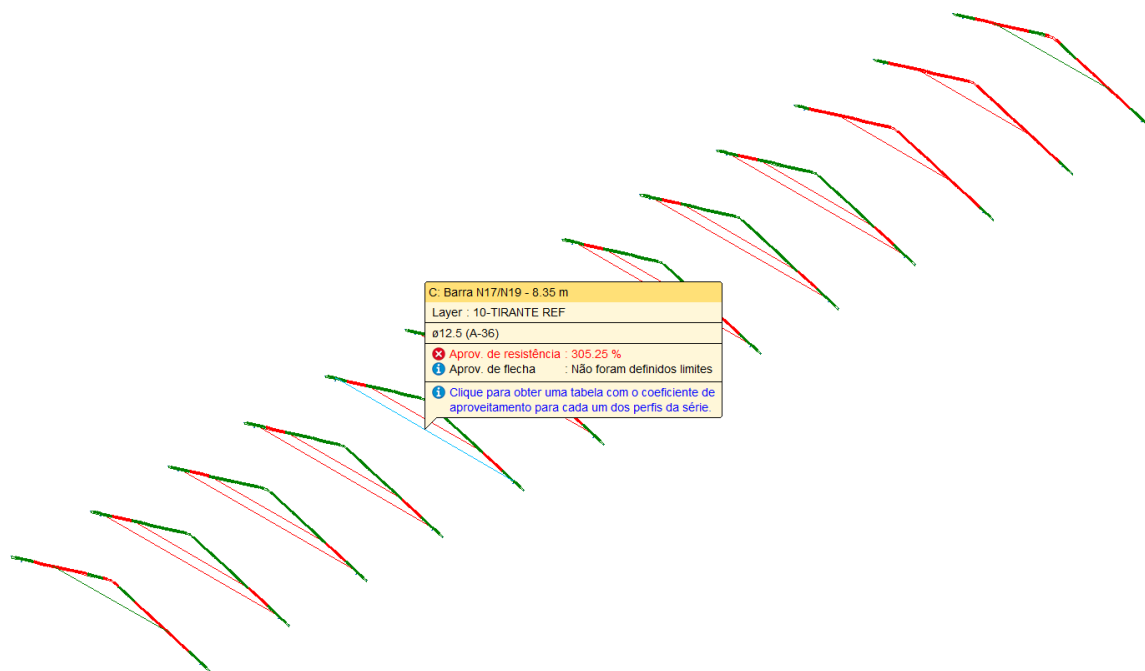


Figura 31 – Verificação do “reforço estrutural” das tesouras 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08 e 09 do Bloco 02.
Fonte: software CYPE3D®.

O elemento proposto como “reforço estrutural” para as tesouras 2 a 9 é composto por tirantes com barra rosqueável e arrocante de diâmetro de 12,5 mm. No entanto, os cálculos estruturais demonstraram que esses elementos não são adequados para as solicitações previstas na combinação de ações $1.25 \cdot PP + 1.25 \cdot \text{Telha e Forro} + 1.5 \cdot SC$, apresentando desempenho abaixo do esperado.

A análise revelou que o tirante não atende à resistência necessária no Estado Limite Último (ELU), já que a força de tração solicitada excede a capacidade resistente da seção em 1,663 vezes. Dessa forma, a seção se mostra subdimensionada, incapaz de resistir ao esforço de tração estipulado.

É importante frisar que, devido ao uso específico da barra como tirante, a verificação de resistência ao esforço axial combinado com flexão, que resultou em um índice de 305,25%, não é relevante para este contexto.

Observação: De acordo com o projeto "As Built", as tesouras 01, 11, 12 e 13 do Bloco 02 não apresentaram deformações, portanto, não foi necessário propor reforço para esses elementos.

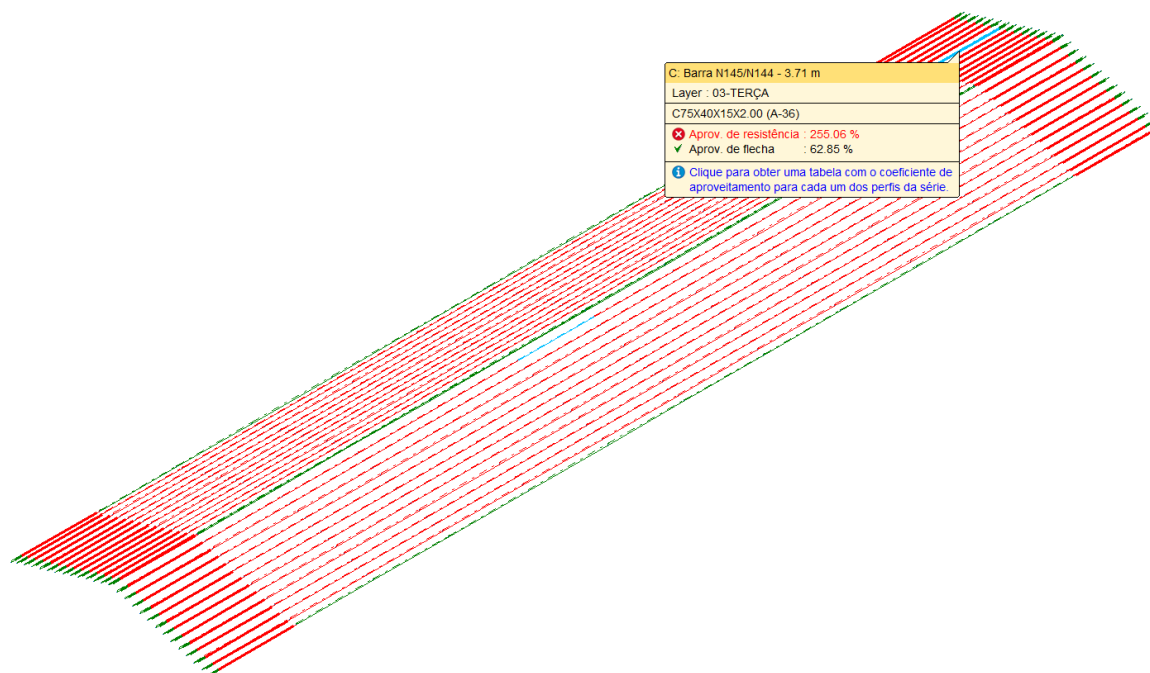


Figura 32 – Verificação das terças do Bloco 02.
Fonte: software CYPE3D®.

Assim como identificado no Bloco 01, a maioria das barras das terças apresentou índices de esbeltez superiores aos limites estabelecidos pelas normas técnicas, principalmente em razão do grande vão entre tesouras, o que contribui para a instabilidade dos elementos comprimidos.

Além disso, a verificação da resistência da barra apresentada na **Figura 32** mostra que o perfil adotado para as terças é estruturalmente inadequado, sendo incapaz de resistir ao momento atuante sem risco de escoamento ou falha.

Verificação da Resistência à Flexão no eixo X (combinação 1.25·PP + 1.25·Telha e Forro + 1.5·SC:

Com base na ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2, o índice de verificação da flexão em torno do eixo X foi excedido em 2,551 vezes em relação ao limite admissível de 1,0. Esse resultado evidencia que o elemento está subdimensionado para a combinação de ações considerada, não atendendo aos requisitos mínimos de segurança estrutural exigidos para resistência à flexão.

7.2.1 Observações Complementares

No projeto estrutural original do Pátio Coberto, foi especificado o uso de pilares metálicos para a sustentação das vigas de cobertura. No entanto, durante a inspeção em campo, foi constatado que as vigas metálicas foram montadas nas laterais do Bloco 01, sendo fixadas por vergalhões de concreto armado. Não foi possível determinar com precisão se as vigas estão montadas lateralmente às vigas de concreto armado da cobertura ou se estão apenas apoiadas nas laterais das alvenarias. A outra extremidade das vigas foi soldada às tesouras do Bloco 02.

Além disso, observou-se que as terças instaladas são do tipo perfil U enrijecido 75x40x15x2.00, em vez do perfil U enrijecido 100x50x17x2.00, conforme especificado no projeto original. Também foi registrada a supressão dos elementos de suporte das terças, incluindo as linhas de corrente, pilares, chapas de base para os pilares e chumbadores. Por fim, as dimensões do perfil das vigas não foram verificadas durante a análise.

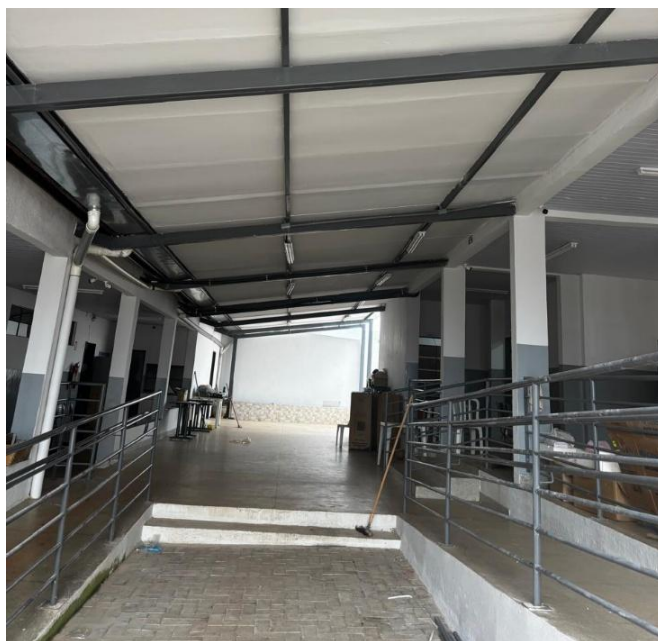


Figura 33 – À esquerda, a imagem ilustra as vigas de cobertura do pátio coberto, montadas na lateral do Bloco 01 e nas tesouras do Bloco 02. À direita, é apresentado o detalhe da fixação da viga metálica na lateral do Bloco 01, realizada por meio de vergalhão de concreto armado.

Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Abaixo apresenta-se a tabela comparativa entre os perfis especificados no projeto estrutural original fornecido pela SEDUC, os indicados no projeto “As Built” e os efetivamente constatados em campo durante a vistoria técnica, referentes aos Blocos 01 e 02.

Elemento	Projeto Original	Projeto “As Built”	Encontrado em Loco
Terça de cobertura	Perfil U enrijecido, C75x40x15x2.00	Perfil U enrijecido, C75x40x15x2.00	Perfil U enrijecido, C75x40x15x2.00
Suporte das terças	Perfil cantoneira, L50x50x3.00	Não encontrado	Não encontrado
Linhas de Corrente	Perfil cantoneira, L30x30x3.00	Não encontrado	Não encontrado
Contraventamento Horizontal	Barra redonda, Ø 1/2”	Não encontrado	Não encontrado
Conector para Contraventamento	Perfil cantoneira, L150x50x4.75	Não encontrado	Não encontrado
Vigas inclinadas	Perfil U enrijecido duplado, 2*C150x75x20x2.00	Perfil U enrijecido duplado, 2*C127x50x20x2.00	Perfil U enrijecido duplado, 2*C127x50x17x2.00
Chapas de Base	290x150x12.7	Não encontrado	Não encontradas
Chumbadores	Ø 1/2” x 5.1/2”	Não encontrado	Não encontradas
Acabam. Oitões	—	15x130x15x#18	15x130x15x#18
Pilaretes de reforço	—	Perfil U enrijecido duplado, 2*C100x50x17x2.00	Perfil U enrijecido duplado, 2*C100x50x17x2.00
Tirantes de reforço	—	Ø 1/2” e Ø 5/8”	Ø 1/2” e Ø 5/8”
Parafuso br rosc	—	Ø 1/2”	Ø 1/2”
Porca sextavada	—	19mm x Ø 1/2”	19mm x Ø 1/2”
Cantoneira	—	Perfil cantoneira, L2x1/8”	Não encontrado

A seguir, apresenta-se a lista de materiais obtida a partir da modelagem dos sistemas estruturais conforme executados nos Blocos 01 e 02, acompanhada das listas correspondentes do projeto estrutural original e do projeto “As Built”, para fins de comparação.

LISTA DE MATERIAL (ESTRUTURA CONFORME EXECUTADA)				
Elemento	Dimensões	Comprimento Total (m)	Quantidade Barras (6m)	Peso (kg)
Terça de cobertura	U75x40x15x2.00	2521,4	421	6820,2
Vigas inclinadas	C127x50x17x2.00	776,12	130	3010,8
Pilaretes de reforço	C100x50X17X2.00	23,78	4	83,28
Acabam. Oitões	15x130x15x#18	40,4	–	5,8
Tirantes de reforço	Ø 1/2"	75,15	13	78
Tirantes de reforço	Ø 5/8"	35,4	6	56,1
Parafuso br rosc	Ø 1/2"	–	–	–
Porca sextavada	19mm x Ø 1/2"	–	–	–
PESO TOTAL (kg) =				10054,18

Fonte: Elaboração própria (2024).

Lista de Materiais - TROCA DE COBERTURA - BLOCO 01 & 02						
Posição	Nome	Dimensões	Quantidade	Comprimento		Peso (kg)
				Unit.	Total	
1	TERÇA DE COBERTURA	□ 75x40x15x2.00	434	6	2.604,00	6.614,16
2	SUORTE DAS TERÇAS	└ 50X50X3,00	7	6	42,00	92,40
3	LINHAS DE CORRENTE	└ 30X30X3,00	38	6	228,00	296,40
4	CONTRAV. HORIZ.	Ø 1/2"	23	6	138,00	124,20
5	CONECTOR P/ CONTRAV.	└ 150X50X4.75	1	6	6,00	41,40
6	VIGAS INCLINADAS	□ 150x75x20x2.00	164	6	984,00	5.116,80
7	CHAPAS DE BASE B1	290x150x12.70	-	-	-	216,85
8	CHUMBADORES	Ø 1/2" x 5.½"	26	-	-	27,00
A = 801,33 M2		TAXA DE AÇO = 15,64 kg/M2			TOTAL	12.529,20

Fonte: "EST_MET_52015459_NOV21.dwg" (02/12/2021).

Lista de Materiais - TROCA DE COBERTURA - BLOCO 01 & 02					
Posição	Nome	Dimensões	Quantidade	UConmit.prim	Peso (kg)
1	TERÇA DE COBERTURA	□ 75x40x15x2.00	434	6	2.604,006.614,16
2	VIGAS INCLINADAS	□ 127x50x20x2.00	164	6	984,004.280,40
3	ACABAM. OITÕES	└ 15x130x15 #18	16	3	48,0073,73
4	CHUMBADORES		26	-	-27,00
5	TIRANTES	Ø 1/2" e Ø 5/8"	35	6	210,00210,00
6	PARAFUSO BR ROSC.	Ø 1/2"	8	1	8,008,00
7	PORCA SEXTAVADA	19MM X Ø 1/2"	50	-	-1,48
8	CANTONEIRA	└ 2X4"	25	3	1,0014,91
A = 801,33 M2		TAXA DE AÇO = 15,64 kg/M2			TOTAL 11.229,68

Fonte: Projeto "As Built" (16/05/2025).

Foram suprimidos os seguintes itens do projeto estrutural metálico original:
Suporte das terças, Linhas de corrente, Contraventamento horizontal, Conector para contraventamento, Chapas de base B1 e Chumbadores.

No projeto "As Built", as chapas de base estão representadas na planta baixa de locação das bases tanto do Bloco 1 quanto do Bloco 2. Contudo, na Lista de Material, constam 26 chumbadores, mas sem especificações de dimensões e nem a descrição das chapas de base. Além disso, a lista menciona a presença de 8 parafusos roscados de 1/2", que não são encontrados nos detalhes do projeto, assim como porcas sextavadas de 19mm x 1/2" e cantoneiras L2x1/8", que também não são detalhadas no projeto, mas apenas na lista de materiais.

As modificações nos perfis utilizados, juntamente com a supressão de elementos estruturais, resultaram em uma redução de 1.175 kg de aço, o que corresponde a uma diminuição de 19,75% no uso de aço na estrutura, quando comparado ao projeto original.

A redução do material resultou não apenas em uma diminuição significativa no peso da estrutura, mas também , comprometeu severamente a rigidez, estabilidade e capacidade de carga da edificação.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todo o exposto e após realizadas todas as análises pertinentes, cumpre-nos informar que:

A análise técnica das estruturas metálicas dos Blocos 01 e 02 do Colégio Estadual Virgílio do Vale revelou uma série de não conformidades graves em relação ao projeto estrutural original fornecido pela SEDUC-GO, bem como inconsistências relevantes no projeto "As Built" apresentado pela empresa contratada.

Verificou-se que os reforços estruturais descritos no projeto "As Built" não produziram o efeito estrutural esperado, seja por má execução, ausência de ancoragem adequada ou subdimensionamento dos elementos adicionados. Em diversos pontos, os componentes supostamente destinados ao reforço encontram-se sem contato efetivo com

a estrutura principal, o que compromete sua capacidade de contribuir para a resistência e estabilidade do conjunto.

A estrutura, conforme executada, apresenta falhas significativas nas conexões com a estrutura de concreto, além da ausência de elementos previstos em projeto – como chapas de base, chumbadores e contraventamentos – e a utilização de perfis metálicos subdimensionados. Tais deficiências comprometem diretamente a capacidade de carga, rigidez e segurança da cobertura, representando risco à integridade estrutural da edificação.

As simulações realizadas por meio de modelagem computacional demonstraram que diversos elementos da estrutura não atendem aos critérios de segurança estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras, apresentando índices de resistência muito inferiores aos exigidos no Estado Limite Último (ELU). Em várias combinações de carga, os esforços solicitantes superam em múltiplas vezes a resistência dos perfis utilizados, evidenciando risco iminente de falha estrutural.

Dessa forma, conclui-se que a estrutura metálica, mesmo após a execução dos reforços propostos, permanece tecnicamente insuficiente para garantir o desempenho estrutural seguro da edificação. Recomenda-se, portanto, como medida de intervenção, a interdição imediata das áreas afetadas, juntamente com a elaboração de um novo projeto estrutural, que contemple o dimensionamento adequado, a execução supervisionada por profissional habilitado e, posteriormente, a validação técnica da solução proposta.

Sem mais para o momento, coloco-me a disposição para quaisquer outros esclarecimentos que se façam necessários.

Goiânia, 20 de maio de 2025.

Eng^a Civil Camilla Batista dos Anjos Grigoletto
CREA 1018488731/D-GO
ART Nº 1020250141071