

Queiroz, A.G.¹; Nunes, B.V.A.²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Caetano, M. A. T.³

Professor, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ amandaengpuc@gmail.com; ² brunonunes.engenharia@gmail.com; ³ mcaetano@pucgoias.edu.br;

RESUMO: O uso de fachada envidraçada está em alta nos projetos arquitetônicos. O vidro recebe a incidência da luz solar gerando uma variação de temperatura entre os ambientes externo e interno. Essa variação de temperatura que ocorre na estrutura geralmente não é considerada no cálculo estrutural, mesmo sendo demandada pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Para analisar um edifício de oito pavimentos de concreto armado com fachada envidraçada com gradiente térmico de 10°C foi utilizado o software TQS. Após o processamento global, foram gerados os esforços e o consumo de aço da estrutura. Teve-se como objetivo principal comparar a quantidade de aço e os esforços de dois modelos, um com temperatura e sem temperatura. A consideração do gradiente térmico influenciou nas taxas de consumo de aço, nos esforços normais da estrutura e podendo acarretar a alteração do orçamento das obras e por consequência no preço final de venda.

Palavras-chaves: Fachada Envidraçada, Temperatura, Estrutura, Vidro.

ABSTRACT: The use of a glass facade is on the rise in architectural projects. The glass receives the incidence of sunlight generating a temperature variation between the external and internal environments. This temperature variation that occurs in the structure is generally not considered in the structural calculation, even though it is required by NBR 6118 (ABNT, 2014). To analyze a reinforced concrete building with eight floors with a glass facade subjected to a thermal gradient of 10°C, the TQS software was used. After global processing, the steel stresses and consumption of the structure were generated. The main objective was to compare the amount of steel and the efforts of two models, a model with temperature and other one without temperature. The consideration of the thermal gradient influenced the steel consumption rates, the normal efforts of the structure and could lead to changes in the budget of the works and, consequently, in the final sale price.

Área de Concentração: 02 – Estruturas.

1 INTRODUÇÃO

A estrutura é a combinação de elementos que possuem a finalidade de receber e transmitir esforços ao solo, sendo os mais comuns: tração, compressão, flexão, torção e cisalhamento.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) - projeto de estruturas de concreto, as ações que geram os esforços podem ser originadas de diversas formas, como: cargas acidentais, cargas permanentes, carga de vento, variações uniformes de temperatura, variações não uniformes de temperatura e entre outros.

Em relação a efeitos térmicos provocados em estruturas, a variação de temperatura interna e externa do edifício, além de prejudicar as características intrínsecas dos materiais estruturais, gera deformações e esforços adicionais. Na atualização da norma NBR 6118 ABNT publicada em 2007 para a versão atual, publicada em 2014 não houve mudanças referentes ao tema proposto neste trabalho.

Diante da importância da consideração do clima nos projetos estruturais esse artigo apresenta uma revisão bibliográfica a respeito do tema.

A variação de temperatura em um edifício é considerada uniforme sendo causada pela variação de

temperatura da atmosfera e pela insolação direta (ABNT NBR 6118:2014). Nesse caso o objetivo do trabalho foi estudar a influência da variação de temperatura em um edifício de concreto armado com oito pavimentos com base na permissividade térmica em fachadas envidraçadas através de uma variação de esforços em uma estrutura quando considerado um gradiente térmico de 10°C para assim analisar o comportamento da estrutura no seu ELS (Estado de Limite de Serviço) e ELU (Estado de limite Último) e comparar os resultados de consumo de aço para um modelo sem consideração de temperatura (modelo 1) e outro com a consideração de temperatura (modelo 2).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 VIDROS:

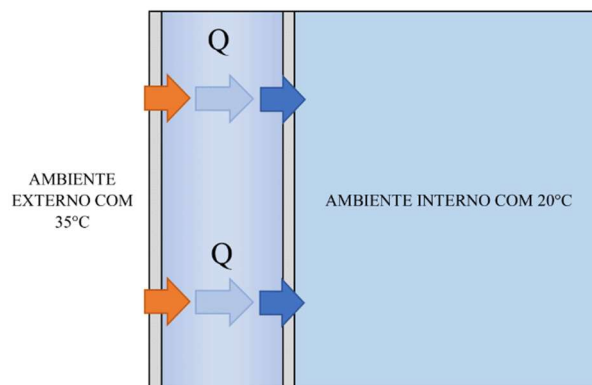
O vidro é um condutor térmico onde a radiação emitida pelo sol pode ser absorvida, refletida ou transmitida para o seu interior. Atualmente as fachadas envidraçadas estão se tornando tendência nos projetos arquitetônicos por serem um símbolo de poder, mas diversas vezes as características climáticas e culturais locais são ignoradas nos projetos, podendo se tornar um ponto negativo na estrutura, tornando-se o belo como motivo de preocupação (LUZ, 2018).

Os elementos envidraçados são elementos construídos como separadores do ambiente interno e externo com a vantagem de permitir a iluminação natural da edificação. Porém, a incidência de luz sob fachadas de vidro com baixo FS gera um aumento da temperatura no interior do edifício.

De acordo com Aurich (2008) a transferência de calor consiste no trânsito de energia térmica provocado por uma diferença de temperatura entre ambientes, podendo ocorrer por condução, convecção e radiação.

Jorge (2011) define o processo de condução, conforme mostra a Figura 1, como a transferência de energia das partículas do ponto mais energético para o menos energético. Sendo uma forma que exige um meio físico para propagação.

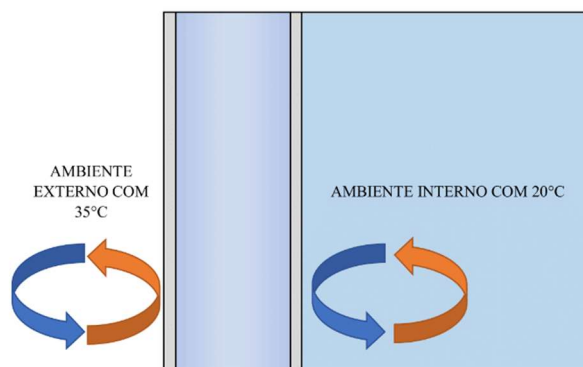
Figura 1 – Transferência do calor por condução através de um sólido.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A convecção ocorre entre uma superfície e um fluido em movimento que estejam em contato quando ocorre uma variação de temperatura entre os dois meios (AURICH, 2008). Segundo Chaves (2014), na ausência do fluxo do fluido, a transferência de calor deixa de ser convectiva e passa a ser condução pura, como ilustrado na Figura 2.

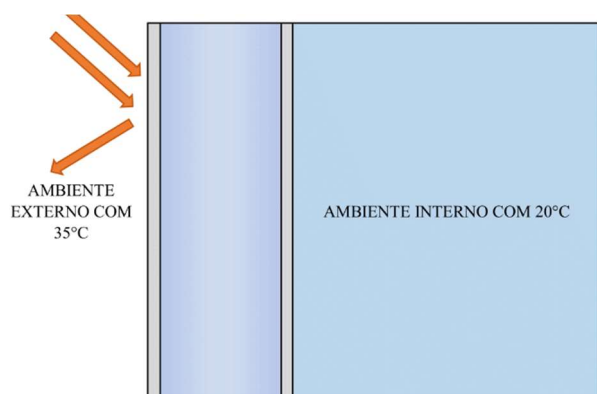
Figura 2 – Transferência de calor por convecção de uma superfície para um fluido em movimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas palavras de Jorge (2011) a radiação é a energia emitida pela matéria sob a forma de fótons (ondas eletromagnéticas). Sendo, ao contrário dos outros métodos de transmissão térmica, o único que não exige um meio físico para se propagar, conforme mostra a Figura 3.

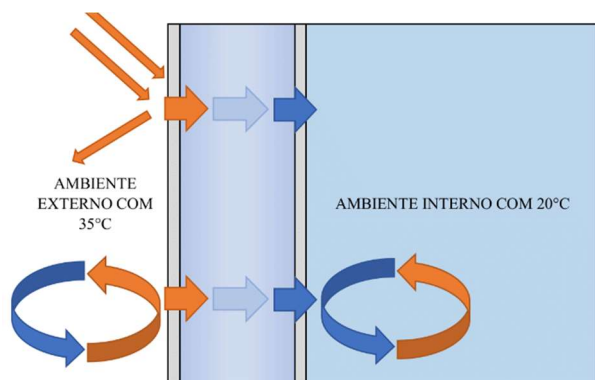
Figura 3 – Transferência de energia através de radiação solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda segundo Jorge (2011) a transferência térmica, vista na Figura 4, sob uma estrutura é dada por três etapas, sendo que na primeira ocorre a troca de calor por radiação e convecção na superfície externa, na sequência ocorre o processo de condução no elemento de vedação e, por último, convecção na parede interna. Thomaz (2003, p. 20) complementa que, quando um componente é exposto à radiação solar, a energia absorvida faz com que sua temperatura superficial seja superior à temperatura do ar ambiente.

Figura 4 – Transferência de calor em uma superfície que recebe luz solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com Chaves (2014) a energia é considerada um dos elementos vitais para qualquer nação, sendo cada vez mais relacionada com a temática de edificações diante do seu consumo cada vez maior. No Brasil, segundo o Ministério de Minas e Energia em seu Balanço Energético Nacional de 2020, aproximadamente 15,4% da energia elétrica produzida no Brasil é consumida por edificações residenciais e de serviços.

De modo a diminuir o consumo energético e criar projetos direcionados a sustentabilidade, estratégias como o aproveitamento da luz solar através de fachadas envidraçadas estão sendo adotadas no país e no mundo, tornando-as cada vez mais frequentes. Chaves (2014) conclui:

“[...] vidros e dispositivos de proteção solar/oclusão noturna, constituem uma parte essencial do envoltivo exterior, uma vez que a sua permeabilidade ao ar e o seu isolamento térmico representam uma influência direta relativamente ao consumo de energia no edifício.”

Cornetet (2009) disserta que o vidro é uma substância inorgânica, amorfa e homogênea, sendo fabricada por meio do resfriamento da matéria prima que antes estava em processo físico de fusão (1600°C), sendo o produto baseado na combinação dos seguintes elementos básicos: Alumina, Cálcio, Potássio, Magnésio, Sílica e Sódio.

Westphal (2016) e Cornetet (2019) se complementam ao tratar dos principais modelos de vidros, consistindo nos seguintes tipos: float, impressos, controle solar, aramado, laminados, insulados (ou duplo) e entre outros, sendo que, de acordo com a norma NBR 7199 (ABNT, 1989) os vidros mais indicados para utilizar em fachadas são o laminado, aramado e insulado.

Os envidraçados float são planos, translúcidos, sem deturpações óticas, com espessura uniforme e massa homogênea. Esse modelo é responsável por mais de 90% da produção do mundial, sendo a matéria prima para vidros transformados, laminados, temperados, impressos e entre outros, como exemplo ilustrado na Figura 5:

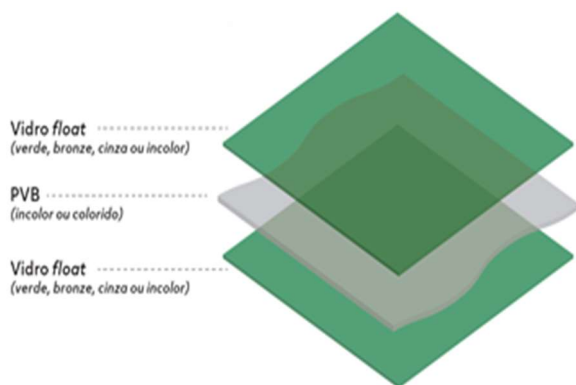
Figura 5 – Exemplo de vidro float.



Fonte: Site da empresa “VidroFlex” acessado no dia 27/09/2020.

Segundo Cornetet (2009) vidros laminados são aqueles compostos de duas ou mais lâminas de vidros float coladas de maneira intercalada com filmes de PVB (Poli Vinil Butiral) através de um tratamento térmico sob pressão, sendo geralmente fabricados para a construção civil, funcionando como um grande filtro de raios UV. Conforme visto nas Figuras 5 e 6:

Figura 5 – Demonstração da fabricação de vidros laminados.



Fonte: Westphal (2020)

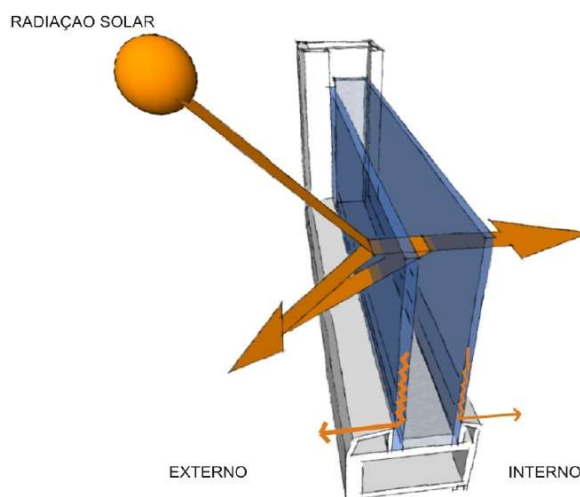
Figura 6 – Fachada de vidros laminados.



Fonte: Site da empresa “Divinal Vidros” acessado no dia 27/09/2020.

Vidros insulados (ou duplos) são uma configuração de duas ou mais placas de vidros dispostas de uma maneira que possibilite a existência de uma câmara de gás entre elas (PINTO apud ASHRAE, 2007). Segundo a NBR 16015 (ABNT, 2012) vidro insulado — Características, requisitos e métodos de ensaio, estas placas são instaladas paralelamente e seladas hermeticamente em toda a borda. Possuindo uma importante característica de isolante térmico, onde há uma maior dificuldade de trocas térmicas entre o ambiente externo e interno, conforme ilustrado na Figura 7:

Figura 7 – Demonstração de um vidro insulado (ou duplo).



Fonte: Cornetet (2009).

De acordo com a norma NBR 7199 (ABNT, 2016), os vidros mais indicados para utilizar em fachadas são o laminado, aramado e insulado.

Quando utilizado vidro em uma edificação a mesma está sujeita a uma incidência de radiação solar, e muitas vezes, submetido a variação de temperatura, entre os ambientes interno e externo. A radiação solar sempre representa um ganho de calor, sendo tal afirmação confirmada por Michelato (2007) que complementa dizendo que um vidro exposto a radiação solar pode absorver parte dessa energia, transformando-a em calor.

O fluxo de calor por diferença de temperatura pode gerar ganho ou perda de calor, dependendo de qual ambiente está mais quente, o ambiente interno ou externo (WESTPHAL, 2020).

O fenômeno que representa o fluxo de calor em decorrência da diferença de temperatura recebe o nome de transmitância térmica. A transmitância térmica total (U) representa a quantidade de calor que atravessa um metro quadrado de um elemento construtivo, quando submetido a uma variação de temperatura. Segundo Westphal (2020) os fatores que influenciam esse fenômeno é a condutividade térmica dos materiais construtivos, suas espessuras, suas condições de acabamento superficial, a velocidade do ar incidente no comportamento e suas dimensões.

Segundo Croiset (1970) ao considerar o vidro como um material homogêneo e de espessura constante, a transmitância térmica total (U) é equacionada por:

$$U = \frac{1}{R} \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K}) \quad \text{Eq. (1.0)}$$

Com a resistência térmica total (R) sendo:

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W}) \quad \text{Eq. (1.1)}$$

Na qual:

h_i = coeficiente superficial interno de transmissão de calor ($\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$).

d = espessura do elemento (m).

λ = condutividade térmica do material ($\text{W/m }^\circ\text{C}$).

h_e = coeficiente superficial externo de transmissão de calor ($\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$).

$\frac{d}{\lambda}$ = resistência térmica.

Ao combinar as afirmações de Rivero (1986) e Ashrae (1997) que, respectivamente, dizem que o a resistência térmica (d/λ) para envidraçados é pequena devido a sua espessura pouco significativa e que devido a isso a mesma pode ser desprezada, obtém – se:

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W}) \quad \text{Eq. (1.2)}$$

De acordo com Castro (2006) ao se tratar de fechamentos transparentes os principais fatores que devem ser considerados são: fator solar, coeficiente de sombreamento, ganho de calor solar e coeficiente de ganho de calor solar. Sendo os dois primeiros parâmetros encontrados em catálogos especializados em envidraçados.

Ainda segundo Castro (2006) com adaptação de Givoni (1981) o fator solar (FS) é dito como a soma da transmissão solar direta para o vidro acrescentada da energia absorvida pelo vidro e enviada ao seu interior.

$$FS = \tau + \alpha \left(\frac{U}{h_e} \right) \quad \text{Eq. (1.3)}$$

Com:

τ = transmitância.

α = absorptância.

U = transmitância térmica total ($\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$).

h_e = coeficiente superficial externo de transmissão de calor ($\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$).

Dutra (1994) descreve o coeficiente de sombreamento (SC) como a relação entre o fator solar do vidro desejado e o fator solar de um vidro referencial simples com 3mm de espessura, equacionando:

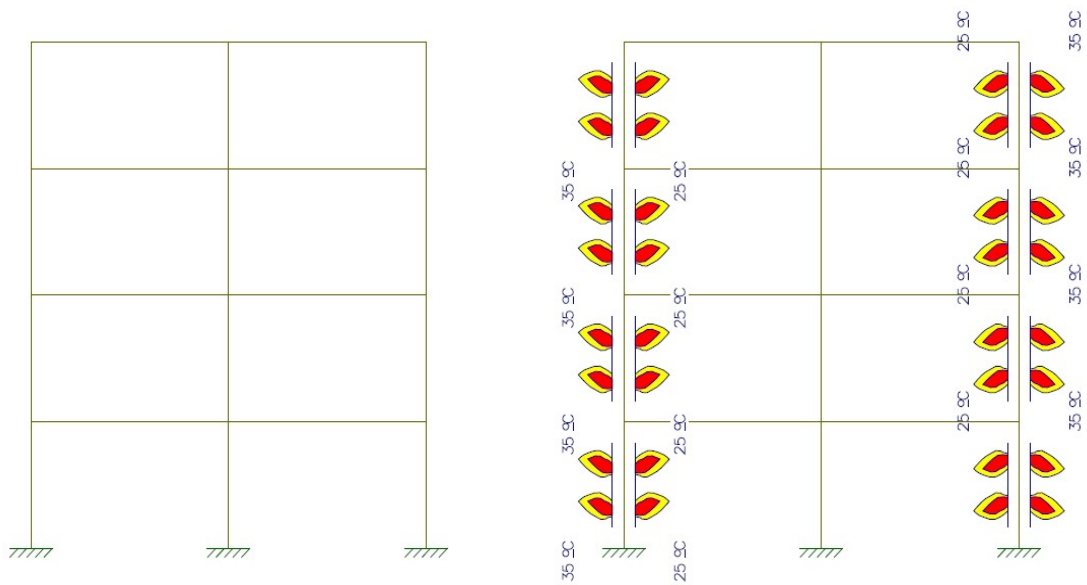
$$SC = \frac{FS, \text{desejado}}{FS, \text{referencial}} \quad \text{Eq. (1.4)}$$

Sendo complementado por Castro (2006) que afirma que quanto menor for o índice (SC), maior a sua proteção contra o ganho de calor (ou seja, maior sua proteção contra a radiação solar).

2.2 TEMPERATURA NA ESTRUTURA:

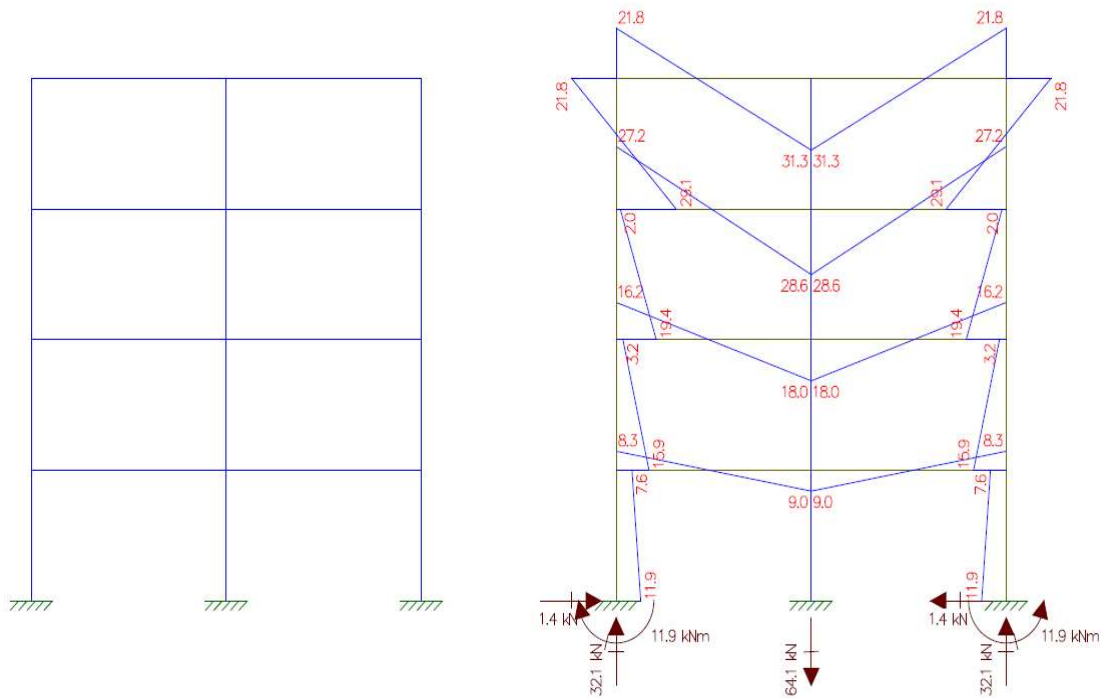
Em estruturas isostáticas a variação de temperatura não provoca esforços internos, pois esse tipo de estrutura apresenta o número de vínculos exato para garantir a estabilidade estrutural. Mas provocam deformações e esforços em estruturas hiperestáticas, sendo de muita importância para o dimensionamento de estruturas (Martha, 2017). As Figuras 8 e 9 apresentam a influência da variação térmica em uma estrutura para um gradiente térmico de 10°C .

Figura 8 – Modelo da influência da variação térmica em uma estrutura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 – Momento fletor gerado pela influência da variação térmica em uma estrutura (kN).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A norma NBR 6118 (ABNT, 2014), no seu item 11.4.2.1, disserta que a variação de temperatura em uma estrutura é considerada um efeito uniforme e provocado pela temperatura atmosférica e pela insolação direta, dependendo, portanto, da sua localização global e dimensões dos seus elementos estruturais, sendo imposto que para edificações de vários pavimentos os fatores que minimizam as consequências térmicas devem ser utilizados.

Segundo Martha (2017) os efeitos térmicos nas estruturas hiperestáticas provocam momentos fletores sem que existam carregamentos inclusos no sistema, como demonstrado na Figura 9.

Para a segurança das estruturas de concreto segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) adota critérios de segurança como ELU (Estado limite último) e ELS (Estado limite de serviço). Ainda na NBR 6118:2014 esses estados limites estão relacionados com os seguintes fatores por razões de segurança, funcionalidade e estética da estrutura:

Estado limite último está relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura, por exemplo: o estado limite último da perda de equilíbrio da estrutura, do esgotamento da capacidade resistente da estrutura, das solicitações dinâmicas, do colapso progressivo.

Estados limites de serviço está relacionado ao conforto do usuário e a durabilidade, aparência e boa utilização das estruturas.

3 METODOLOGIA

A análise dos esforços provenientes de variações de temperatura em estruturas de concreto armado foi feita considerando uma fachada envidraçada com vidro laminado de um edifício de oito pavimentos.

Para a comparação da influência de temperatura na estrutura foi considerando, conforme a norma ABNT NBR 6118:2014, uma variação de temperatura entre 10°C a 15°C, sendo considerado o gradiente térmico para o trabalho de 10°C (modelo 2) e, ainda, um segundo edifício igual, porém, sem a consideração da variação de temperatura (modelo 1).

O software utilizado para a análise das estruturas foi o TQS versão v20 UNIPRO disponibilizado pela

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, sendo observados os esforços provenientes da variação da temperatura e a sua influência na quantidade de aço demandada pelo edifício, sendo uma análise baseada no ELS (estado limite serviço) e ELU (estado limite último).

Ainda, é importante salientar que o objetivo desse artigo é estudar o comportamento de um edifício de oito pavimentos submetido a variação de temperatura. Portanto, a estrutura que conecta a fachada envidraçada aos elementos estruturais e sua forma de interação não está no escopo do trabalho, não sendo, então, tratada no corpo do texto.

O edifício estudado foi composto por um subsolo, um térreo e seis pavimentos tipo representado no corte esquemático na Figura 10, sendo o mesmo composto por dois apartamentos por andar, totalizando doze unidades habitacionais. A sua estrutura foi constituída de concreto armado com $f_{ck}=30\text{MPa}$, aço CA-50, combinação de cargas normais, classe de agressividade ambiental moderada região urbana e lajes maciças.

A exemplo da seguinte face do empreendimento a ser trabalhado a variação de temperatura provoca os seguintes esforços na estrutura demonstrada na Figura 10:

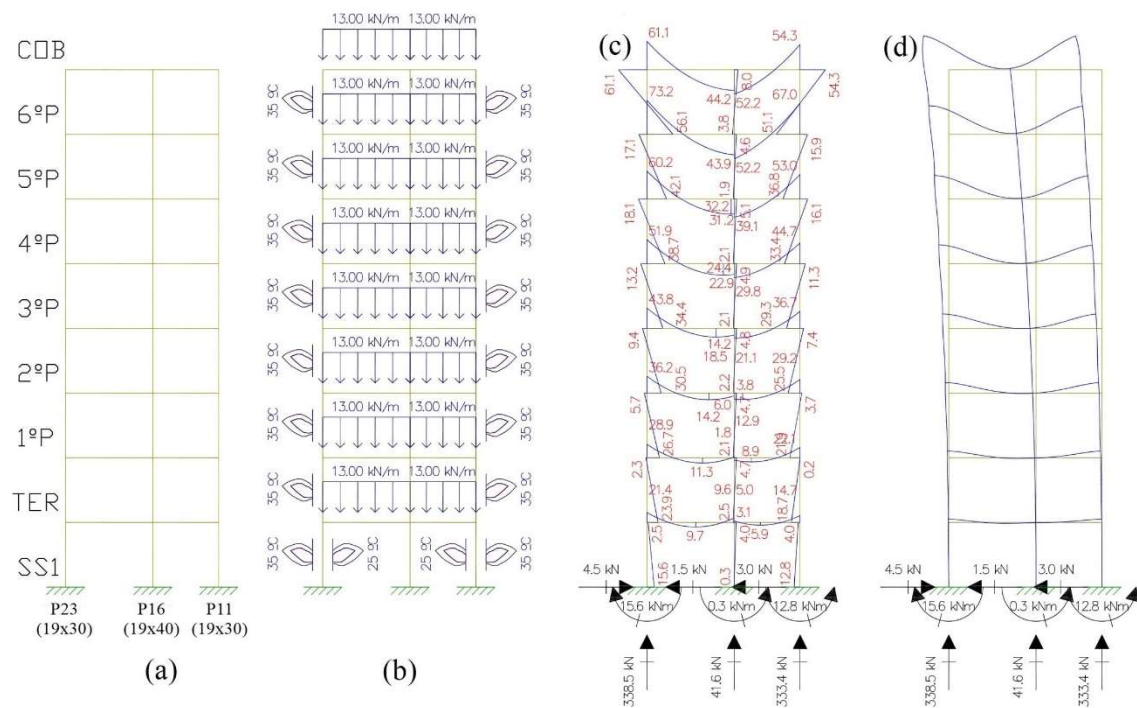
Figura 10 – Face da estrutura do edifício usado como exemplo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente, para identificar as variações de esforços, foi feito um lançamento no Ftool para visualizar as modificações em um Pórtico 2D. Logo, a Figura 11 demonstra o pórtico plano elaborado pelo software Ftool com base na face do empreendimento (a), representada pela Figura 10, recebendo carga de peso próprio e variação de temperatura, suas reações (c) e deformações (d).

Figura 11 – Esforços na face da estrutura provocadas por cargas permanentes, acidentais e variação térmica (kN).



Fonte: Elaborado pelo autor.

No exemplo, devido a variação de temperatura, houve uma redistribuição de carga que gerou acréscimo de carga nos pilares P23 e P11 e um alívio no pilar P16.

Demonstrado o comportamento da estrutura quando analisada em pórticos bidimensionais, foi feito, com o auxílio do software TQS UNIPRO v20 a comparação dos resultados obtidos com a adoção do Pórtico Espacial, o qual foi feito em três dimensões (3D)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme planejado, inicialmente foi inserido à estrutura a fachada envidraçada nas seguintes vigas: V1, V4, V18, V26 e V29 e, na sequência, foi feito um processamento global no modelo 1 (sem considerar a temperatura) e modelo 2 (considerando a temperatura).

Como é notado pela ilustração do Apêndice A, para que as vigas estudadas resistam aos esforços submetidos a elas, foi necessário aumentar as bitolas que compunham o conjunto de armação dos elementos estruturais,

porém, com a regra de limitar o diâmetro da armadura lateral em no máximo 10,0mm com a intenção de simular uma situação de execução real do empreendimento, onde dificilmente é utilizado bitolas maiores do que a limitada pelo artigo nessas regiões (por dificuldade de armação).

Com o desenvolvimento das alterações das bitolas com o viés de atender a estrutura com mínimo necessário para que as vigas resistam, ou seja, o mínimo de aço possível para evitar maquiar os dados ao acrescentar uma taxa de aço que tornaria a viga superarmada. Para exemplificar o processo utilizado, o quadro 1 do Apêndice A demonstra a alteração da viga V26 com o intuito de atender os esforços provenientes da variação de temperatura. O mesmo processo foi feito para todas as vigas estudadas.

Considerado os esforços gerados nos dois diferentes modelos, mostrados no Apêndice A através do Quadro 2, foi possível fazer um comparativo da quantidade de aço total em cada viga, obtendo-se o seguinte resultado:

Quadro 1 - Resumo estrutural.

ELEMENTO ESTRUTURAL	QUANTIDADE DE AÇO NECESSÁRIA SEM CONSIDERAR A TEMPERATURA (KG)	QUANTIDADE DE AÇO NECESSÁRIA CONSIDERANDO A TEMPERATURA (KG)	ACRÉSCIMO DE AÇO PROVOCADO PELA TEMPERATURA
V1	187	378	102%
V4	380	690	82%
V18	280	463	65%
V26	351	750	114%
V29	193	349	81%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para ilustrar o acréscimo de carga proveniente da variação de temperatura, segue o Apêndice A correspondente a viga V26, que sofreu um aumento de 114% na quantidade necessária de aço.

Ao analisar a quadro 2 percebe-se que a temperatura considerada de 10°C na fachada envidraçada requer uma maior quantidade de aço no elemento estrutural, e por consequência, um acréscimo no custo da execução da obra.

Para a análise foi considerado nesse artigo o preço do aço obtido na tabela de Preços de Insumos da SINAPI-MARÇO/2021. Considerando uma média de preços dos aços 6.3, 8.0, 12.5, 16.0, 20.0 e 25.0 que resultou em um valor de R\$9.20/kg.

Portanto, com base nos parâmetros descritos, o valor total do acréscimo financeiro do aço provocado pela temperatura é de R\$91.190,40. Por consequência aumenta o custo de execução da estrutura e, portanto, o valor final do empreendimento. Sendo, então, esse resultado um objeto de análise para a construtora do

edifício, sendo necessário que ela verifique se os ganhos em vendas que uma fachada envidraçada propicia justificam ao acréscimo de aço necessária na estrutura.

Ao analisar os diagramas de esforços da viga V26, entre o modelo 1 e modelo 2, existe uma crescente na força normal presente no elemento estrutural, com o valor do primeiro modelo no seu ponto máximo sendo 0.39tf e se tornando 13.31tf no segundo modelo, 34.12 vezes maior.

Os esforços máximos de todas as vigas estudadas se encontram no quadro 3:

Quadro 3 – Esforços nas vigas estudadas.

VIGA	MODELO 1 Nk (tf)	MODELO 2 Nk (tf)	AUMENTO (%)
V1	0,39	15,83	4058,97
	-0,31	-15,75	5080,64
V4	0,36	13,84	3844,44
	-0,42	-13,75	3273,80
V18	0,15	12,72	8480,00
	-0,12	-12,83	10691,66
V26	0,32	13,28	4150,00
	-0,39	-13,31	3412,00
V29	0,13	15,01	11546,15
	-0,29	-15,23	5251,72

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando o quadro 3 é possível notar que houve um acréscimo no esforço normal nas vigas estudadas devido a variação de temperatura, assim, justificando o aumento do consumo de aço nesses elementos.

5 CONCLUSÕES

A variação de temperatura em um edifício é considerada uniforme sendo causada pela variação de temperatura da atmosfera e pela insolação direta (ABNT NBR 6118:2014). Nesse caso o artigo teve como objetivo estudar a influência da variação de temperatura de 10°C em um edifício de concreto armado com oito pavimentos que possui em sua arquitetura uma fachada de vidro.

O estudo demonstrou a importância de se considerar esse esforço nesse modelo de edificação, pois em todos os elementos estruturais estudados houve um grande

acrécimo de carga proveniente da variação da temperatura, variando de 65% a 114% de aumento na quantidade de aço necessária para combater a força de tração provocada pela variação, tração essa que por sua vez teve um aumento de variou de 3412% a 11546,15%.

E ainda, devido ao aumento na quantidade de aço que deve ser utilizada, existiu um acréscimo no custo necessário para executar o empreendimento. No caso estudado, o montante acrescido é de R\$91.190,40 na data de março de 2021. Portanto, um estudo deverá ser feito pela construtora para verificar a viabilidade do projeto, e em caso de existir a intenção de utilização de subsídio governamental no modelo de negócios da empresa, se o valor acrescido poderá impedir ou alterar a faixa de subsídio do comprador na hora do financiamento imobiliário para aquisição do imóvel.

Portanto esse artigo demonstra a importância da utilização da variação de temperatura no cálculo de edificações com parâmetros similares ao utilizado no escopo do estudo. Sendo, então, um esforço que não poderá ser desconsiderado em hipótese nenhuma pelos projetistas e construtoras.

6 AGRADECIMENTOS

Primeiramente queremos agradecer a Deus por termos essa oportunidade de estar completando mais essa etapa para se concretizar um sonho. Em segundo momento a nossa família e professores pelo apoio e por fazer isso acontecer. Em especial nosso orientador que sempre esteve disponível para ajudar e nos apoiar na realização desse trabalho.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE, Fundamentals Handbook, Chapter 27, 1997.
- AURICH, Mauren. Simulação computacional do comportamento do concreto nas primeiras idades. São Paulo, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projetos Estruturais de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- CASTRO, Adriana Petito. Desempenho térmico de vidros utilizados na construção civil: Estudo em células-teste. Campinas-SP: Universidade Estadual de Campinas, 2006.
- CHAVES, José. A Influência do tipo de envidraçados e da inércia térmica dos materiais na prevenção de situações de sobreaquecimento no verão. Ilha da madeira: Universidade da madeira, 2014.

- CORNETET, Conte Mariângela. Recomendações para especificação de vidros comerciais na região climática de Porto Alegre - RS. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2009.
- CROISSET, Maurice. Humedad y Temperatura en los Edificios. Barcelona, Editores Técnicos Asociados S.A., 1970.
- DUTRA, Luciano. Uma metodologia para a determinação do fator solar desejável em aberturas. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.
- GIVONI, B. Man, climate and architecture. London: Applied, 1981.
- JORGE, Luís Felipe Alves. Determinação do coeficiente de transmissão térmica em paredes de edifícios. Covilhã – Portugal, 2011.
- LUZ; Islane Barbosa. O Impacto das Ilhas de Calor na Escala Gregária de Brasília com Ênfase nas Fachadas Espelhadas. Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.
- MARTHA, Luiz Fernando. Análise de estruturas: Conceitos e métodos básicos. 2ª Edição. LTC, 2017.
- RIVERO, R. Arquitetura e clima, acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: Luzzatto/UFRGS, 1986.
- SILVA, Paulo Henrique Pereira da Silva. Esforços internos em vigas sobre apoios elásticos lineares usando a equação dos três momentos. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2018.
- TOMAZ, Ercio. Trincas em edifícios. Causas, prevenção e recuperação. São Paulo: PINI 2003.
- WESTPHAL, Fernando Simon. Vidro e Eficiência Energética em Edificações. São Paulo: ABIVIDRO, 2010.
- WESTPHAL, Fernando Simon. Vidro e Eficiência Energética em Edificações. São Paulo: ABIVIDRO, 2016.
- WESTPHAL, Fernando Simon. Manual Técnico do Vidro Plano para Edificações. 2016.

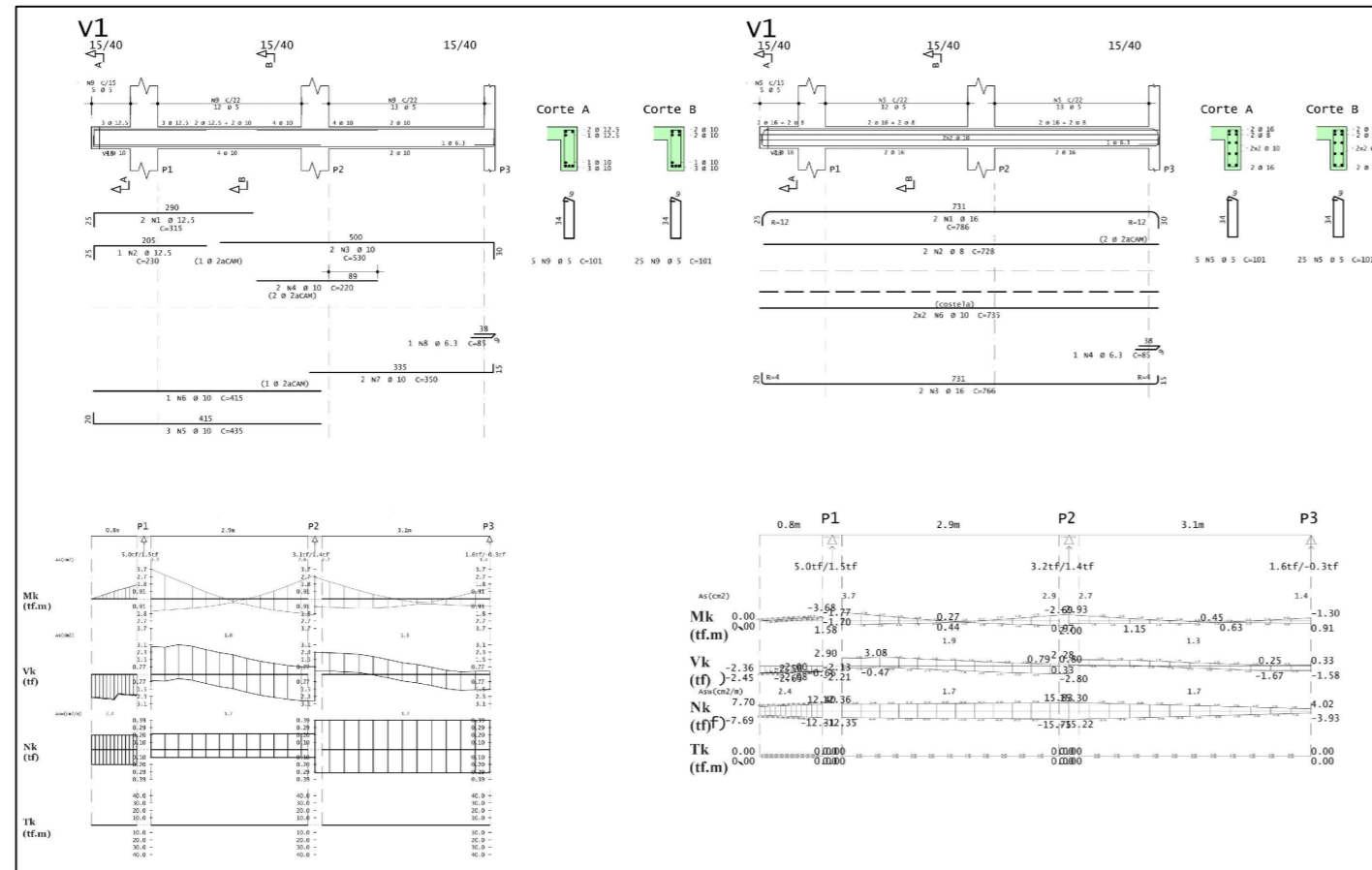
8 ANEXOS E APÊNDICES

- a) Apêndice A: Comparativo entre as vigas do modelo 1 e modelo 2.
- b) Apêndice B: Demonstração, através de um modelo 3D, da fachada envidraçada do empreendimento.
- c) Apêndice C: Plantas de fôrma do empreendimento estudado.

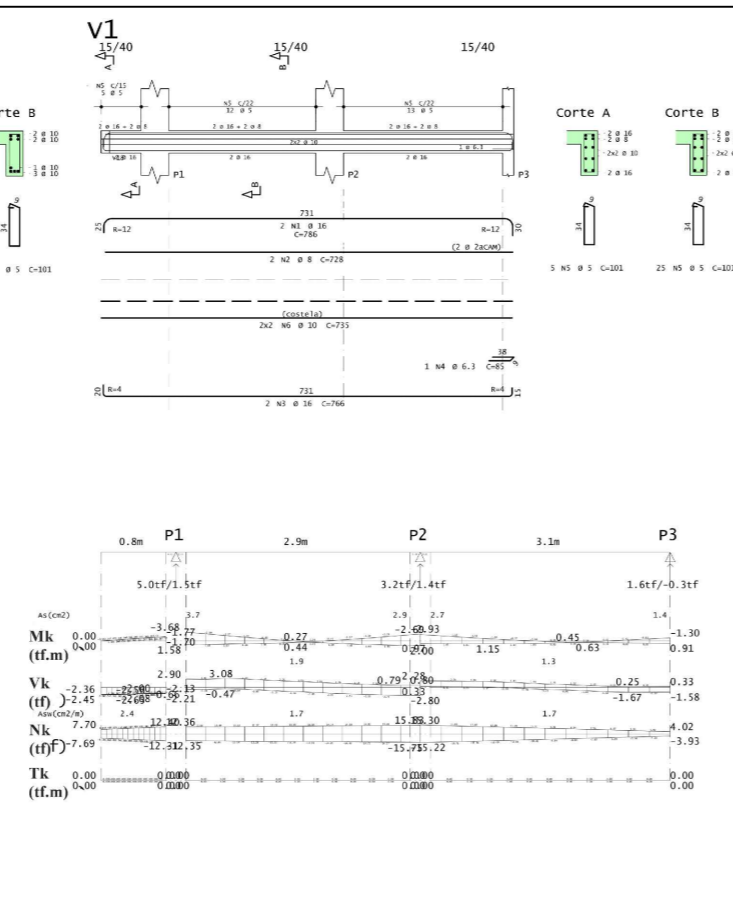
APÊNDICE A

COMPARATIVO ENTRE ESFORÇOS NAS VIGAS ESTUDADAS NO MODELO 1 E NO MODELO 2

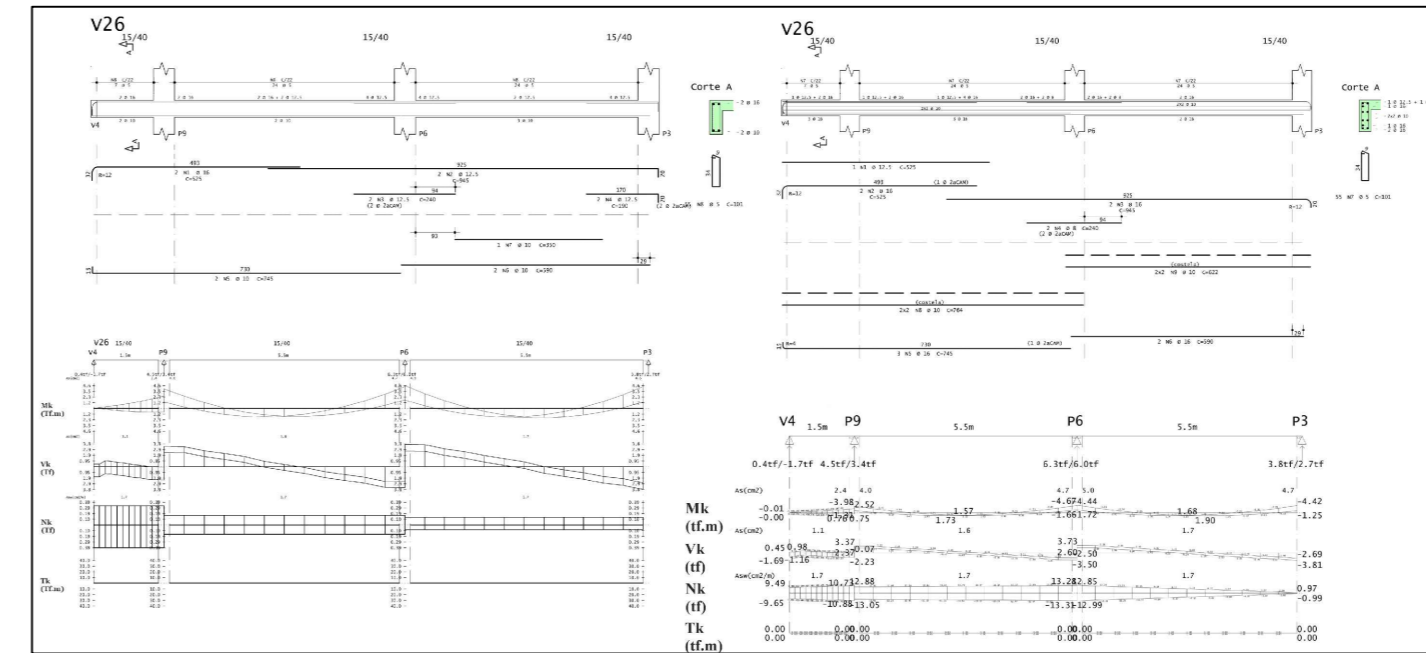
V1 - MODELO 1



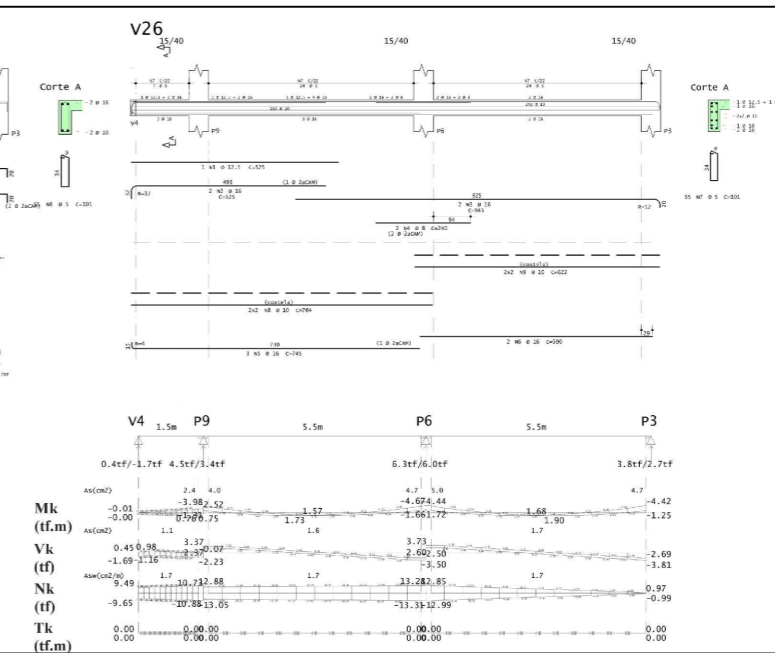
V1 - MODELO 2



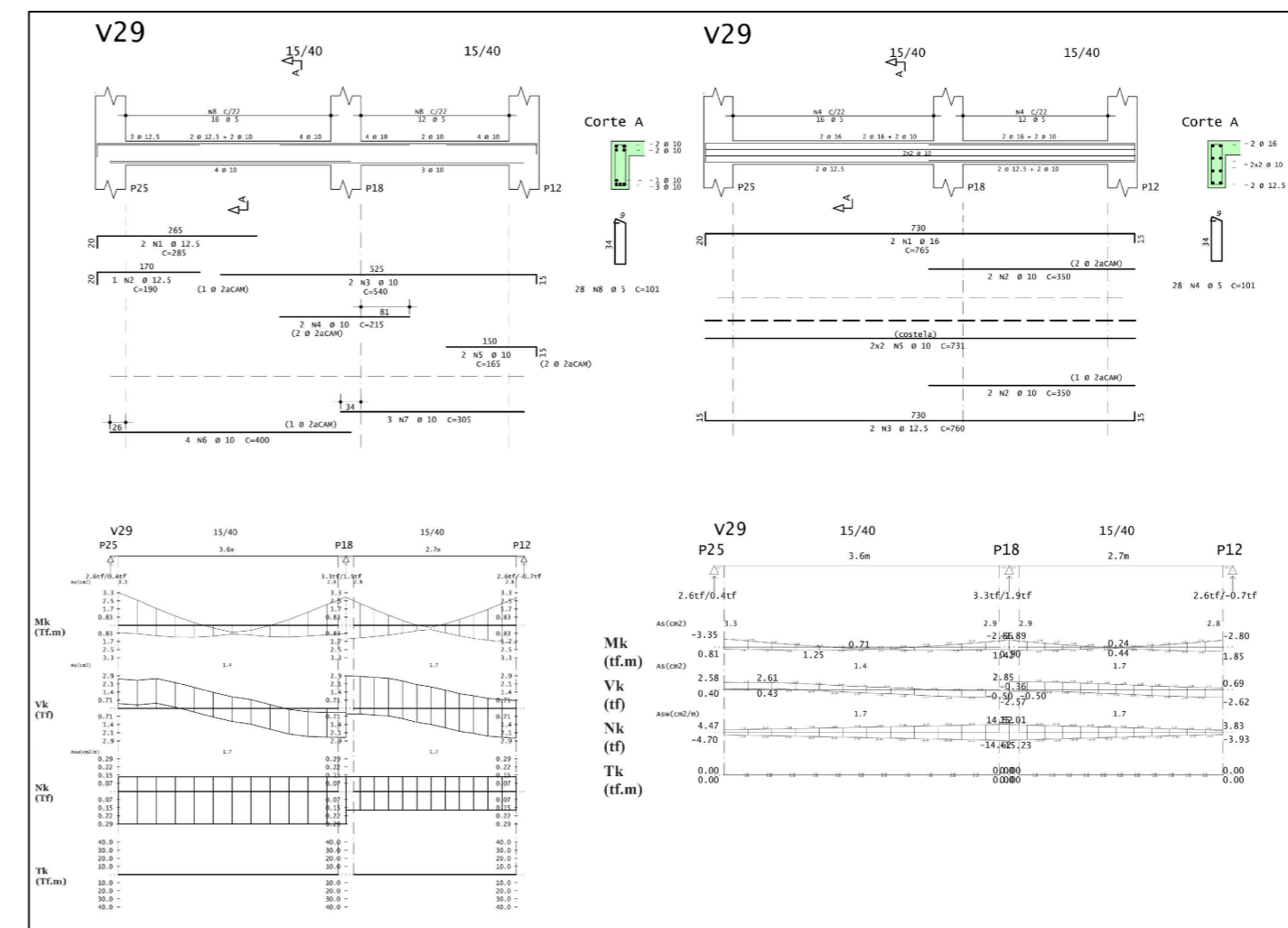
V26 - MODELO 1



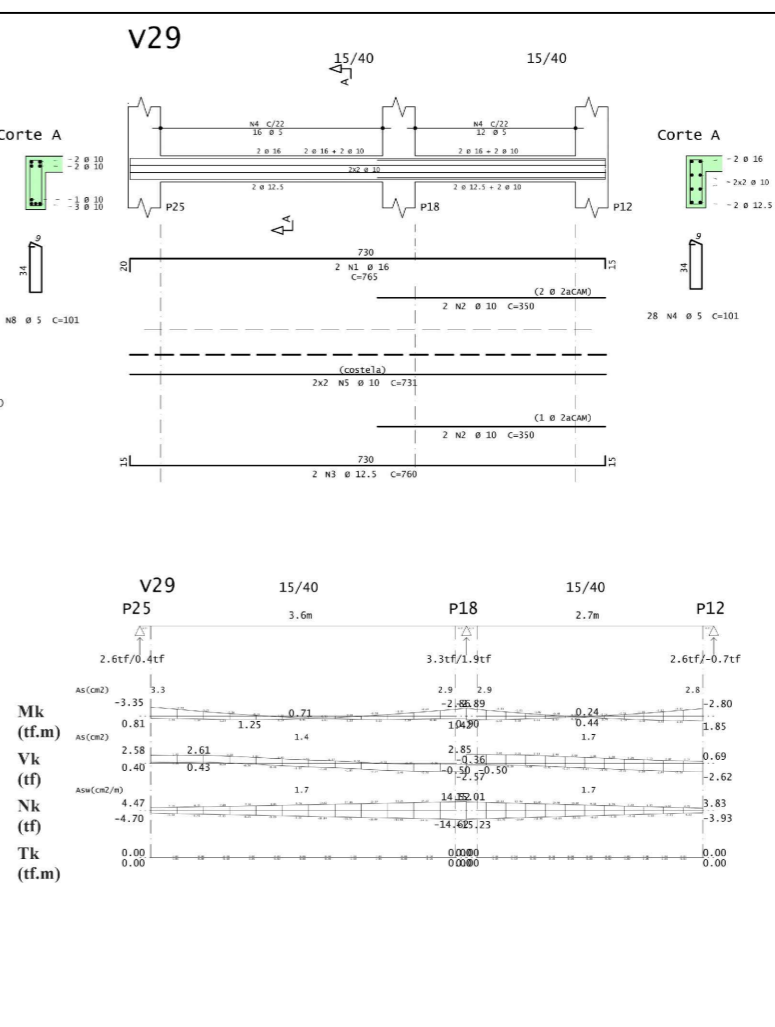
V26 - MODELO 2



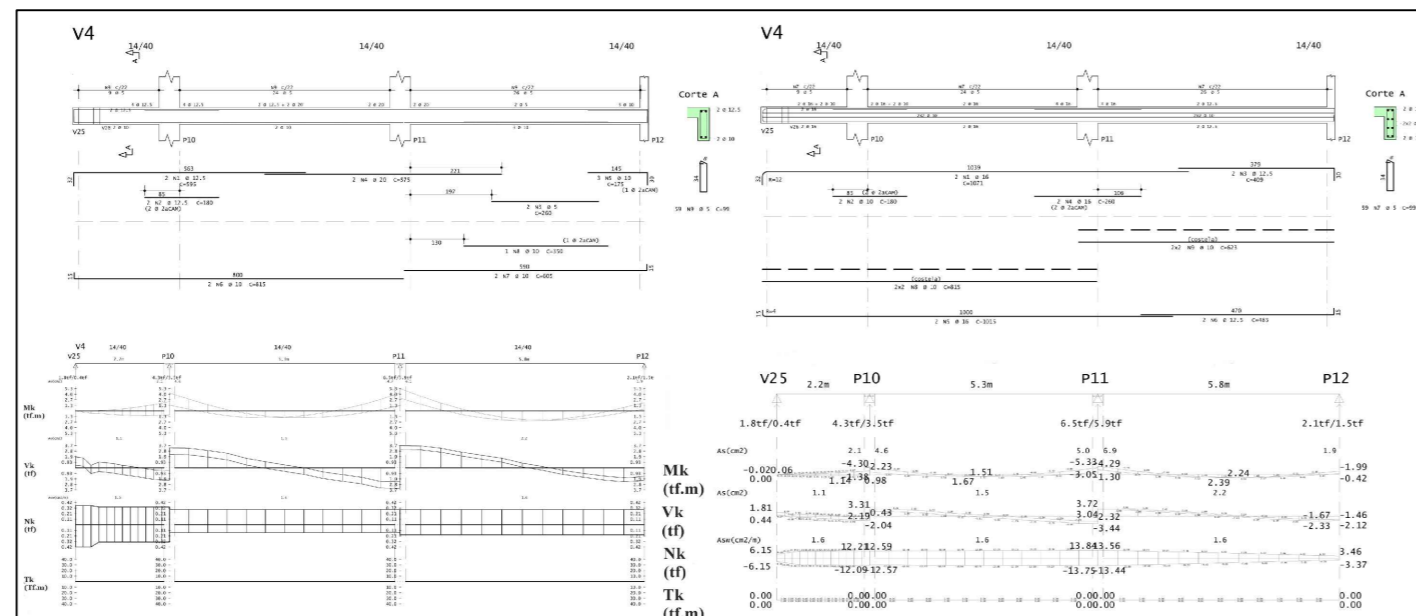
V29 - MODELO 1



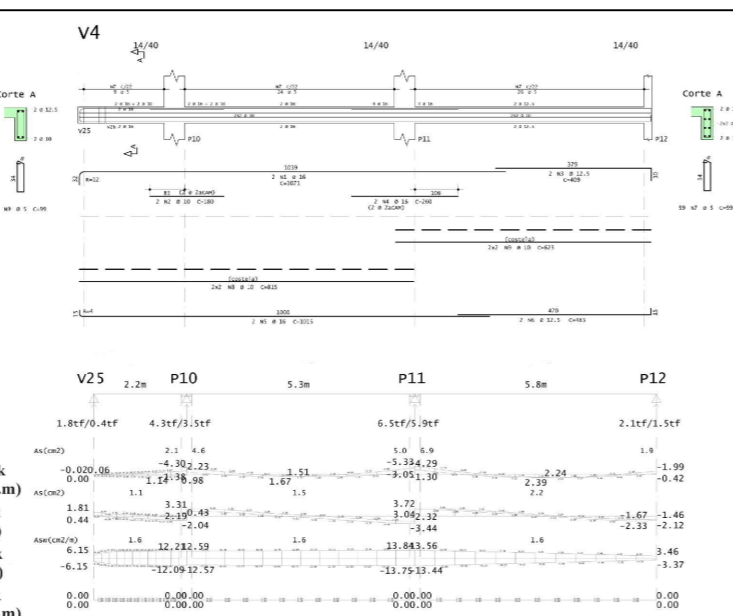
V29 - MODELO 2



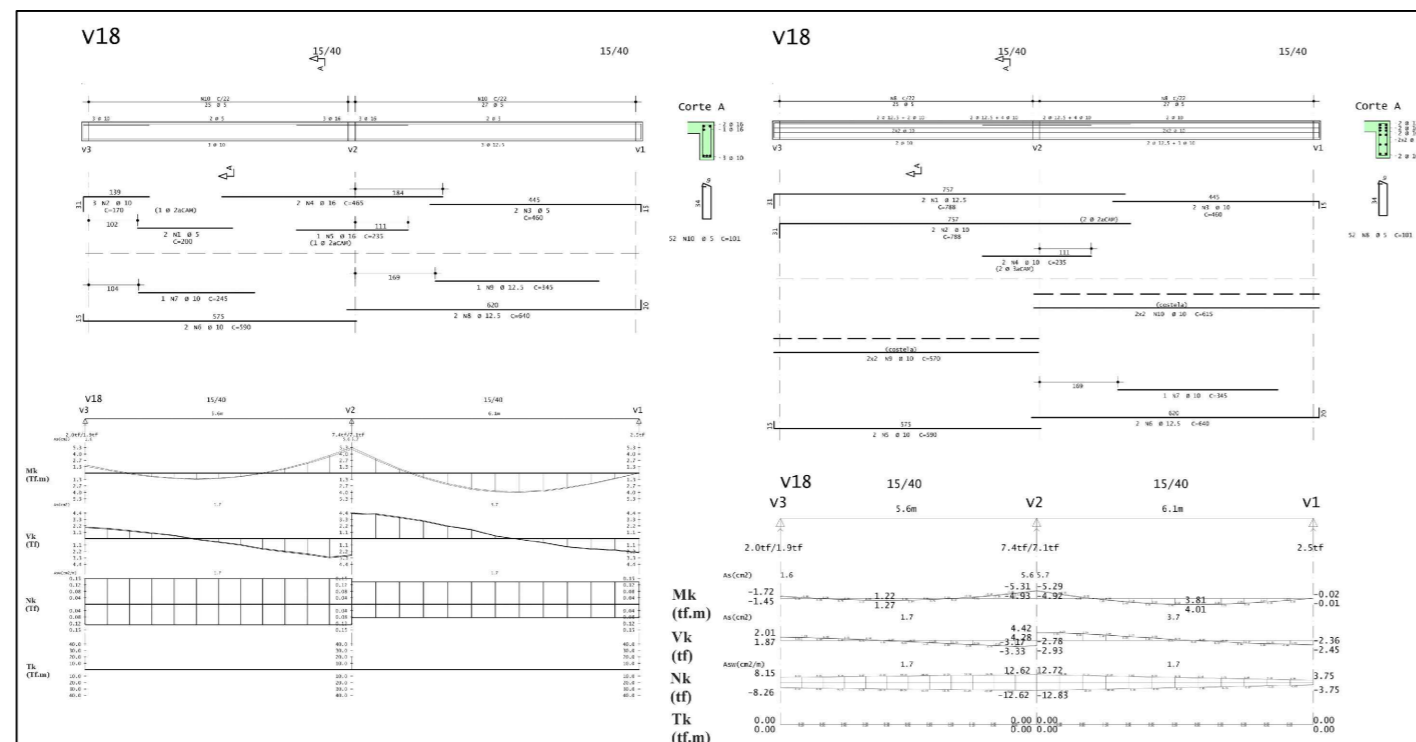
V4 - MODELO 1



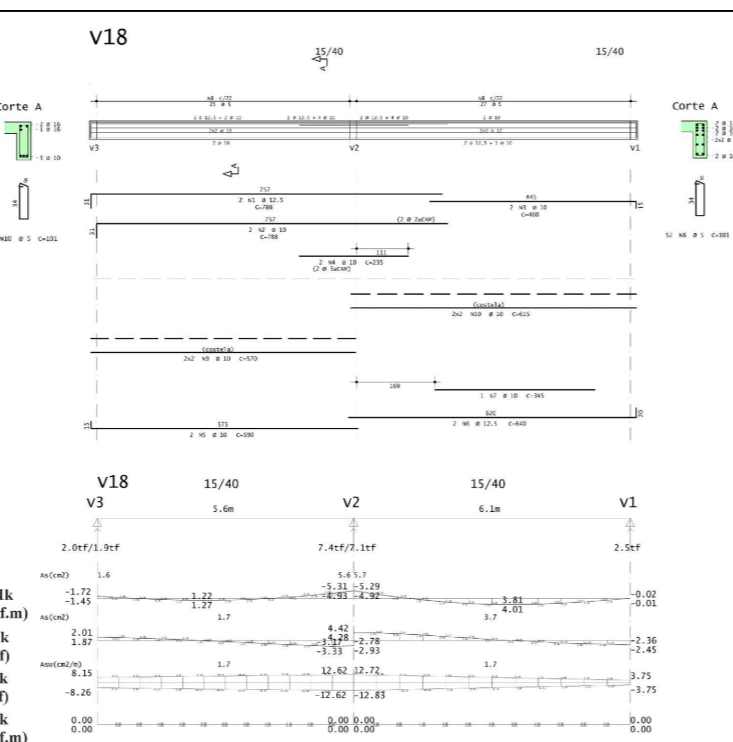
V4 - MODELO 2



V18 - MODELO 1



V18 - MODELO 2

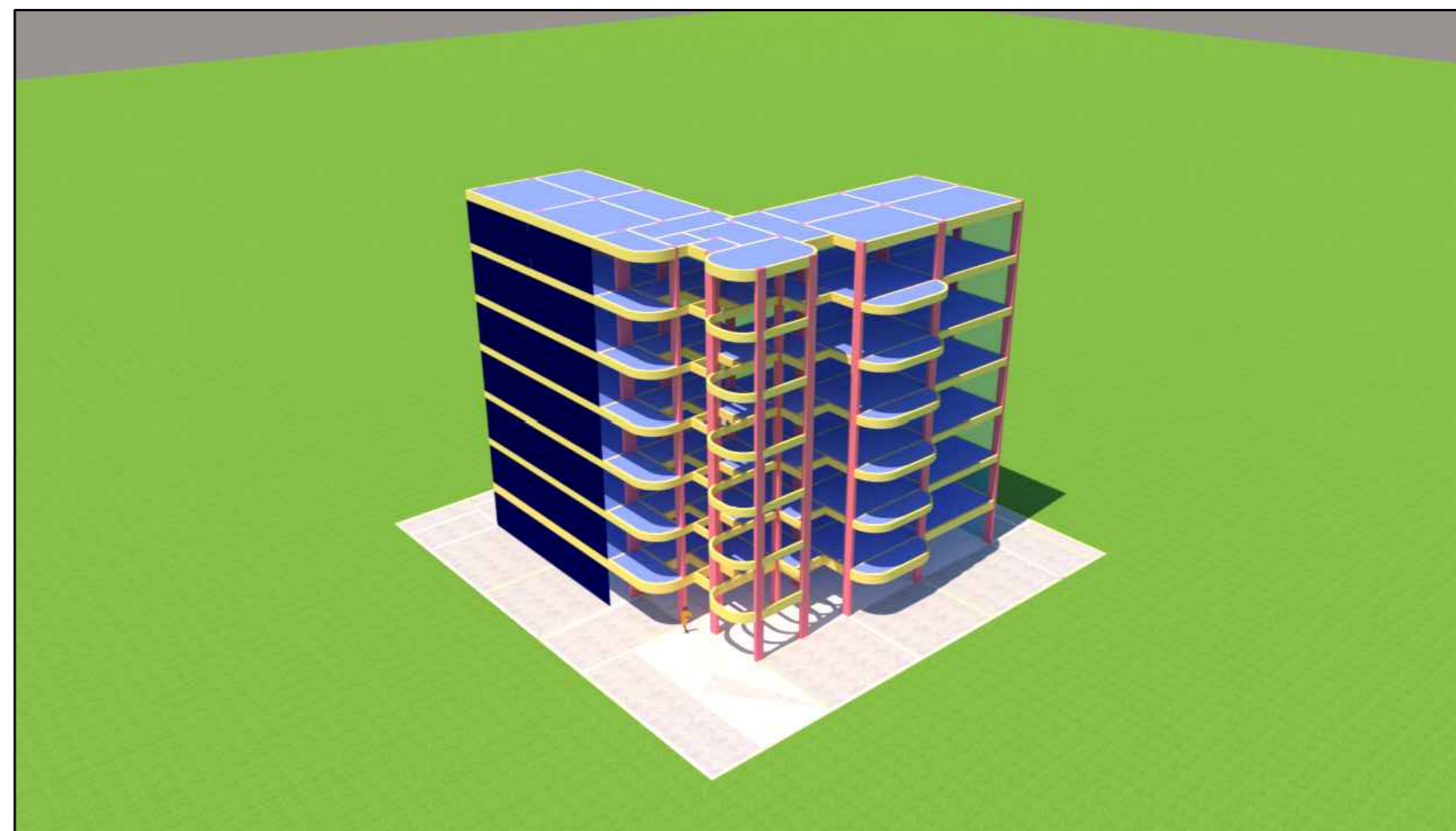


Quadro 2 - Demonstração das alterações na V26.

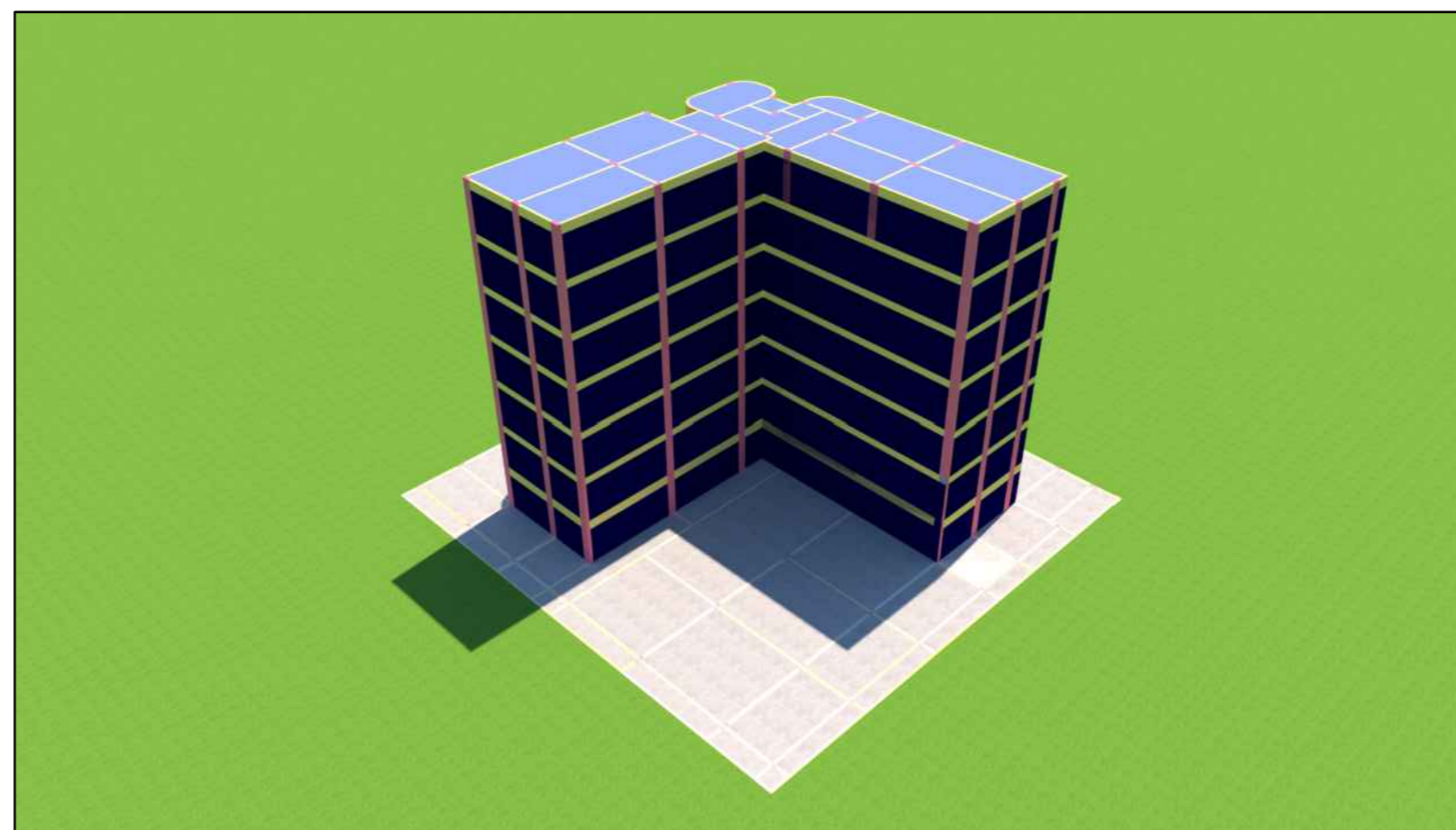
ARMADURA	DEMONSTRAÇÃO DAS ALTERAÇÕES NA V26		
	1º TRAMO	2º TRAMO	3º TRAMO
NEGATIVA	HOUVE A NECESSIDADE DE ACRESCENTAR 1 Φ 12,5mm	HOUVE A NECESSIDADE DE ALTERAR A BITOLA ORIGINAL N2 2 Φ 12,5mm PARA N3 2 Φ 16,0mm	FOI POSSÍVEL ELIMINAR O N4 2 Φ 12,5mm
		HOUVE A NECESSIDADE DE ACRESCENTAR 1 Φ 12,5mm FOI POSSÍVEL REDUZIR A BITOLA ORIGINAL N3 2 Φ 10,0mm PARA 2 Φ 8,0mm	
LATERAL (COSTELAS)	HOUVE A NECESSIDADE DE ACRESCENTAR A ARMADURA LATERAL 2x2 N8 E N9 DE 2 Φ 10,0mm.		
POSITIVA	HOUVE A NECESSIDADE DE ALTERAR A BITOLA ORIGINAL N5 2 Φ 10,0mm PARA N5 3 Φ 16,0mm		HOUVE A NECESSIDADE DE ALTERAR A BITOLA ORIGINAL N6 2 Φ 10,0mm PARA N6 2 Φ 16,0mm

APÊNDICE B

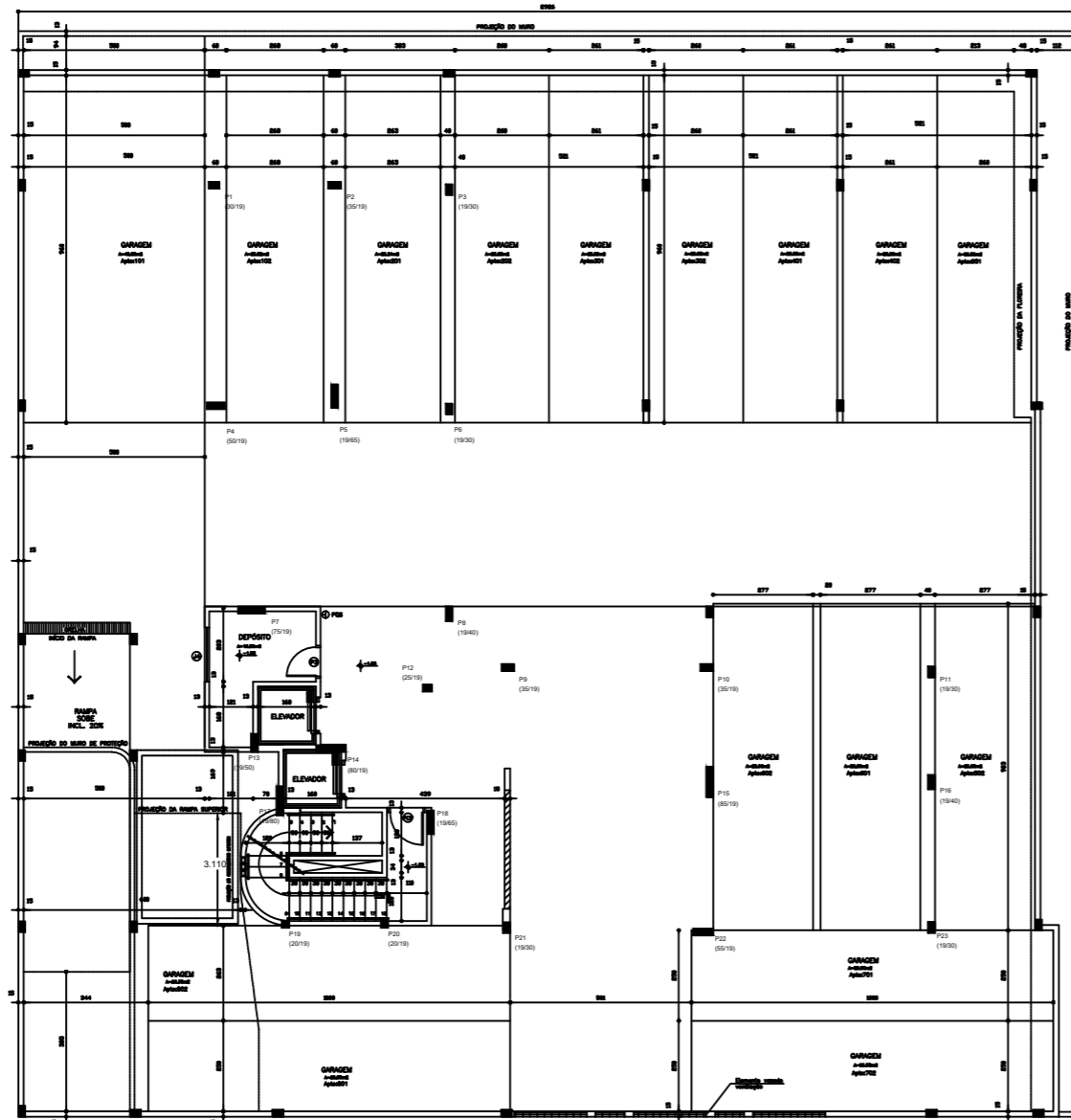
Demonstração da fachada frontal da estrutura do empreendimento estudado.



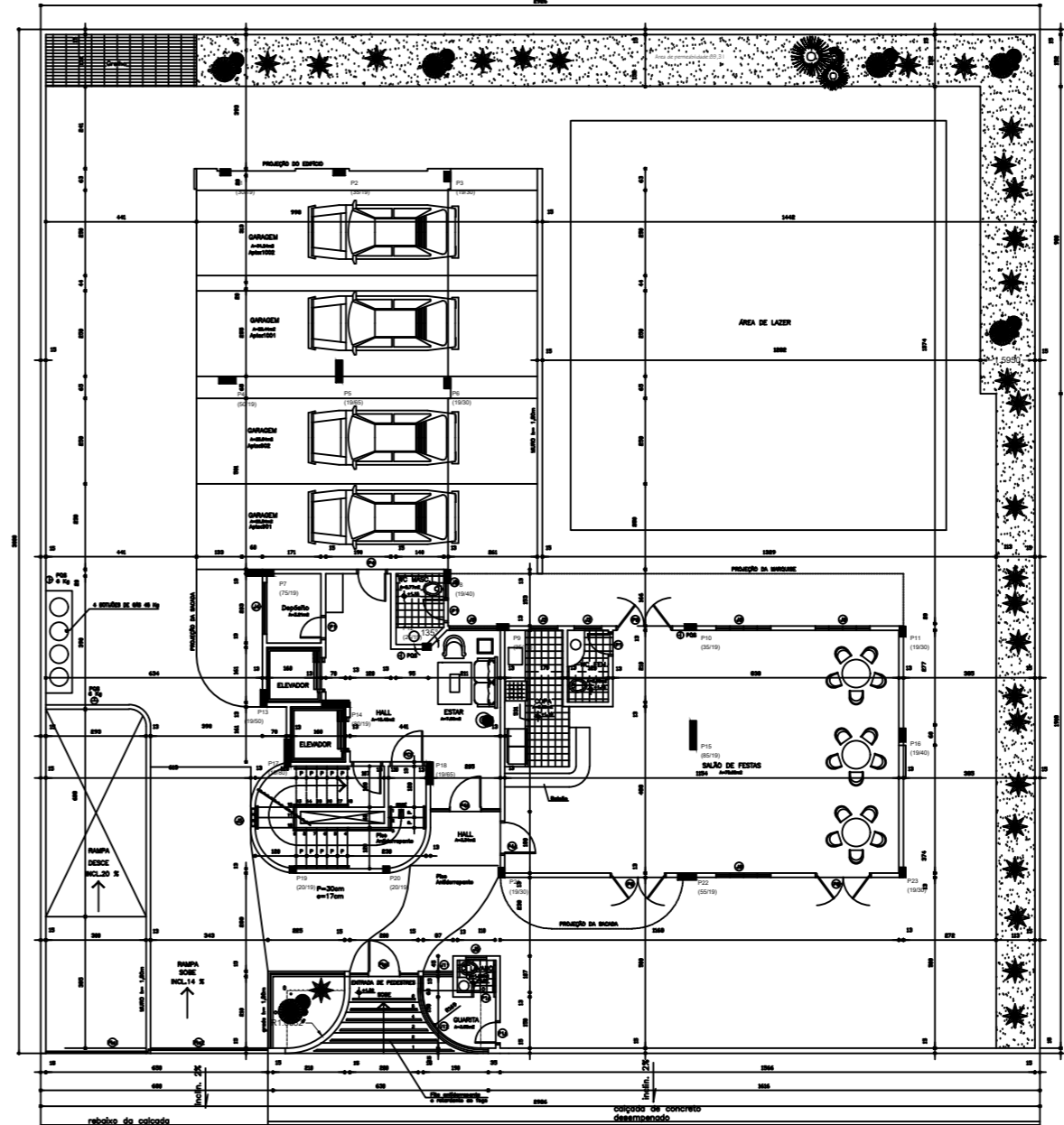
Demonstração da fachada traseira da estrutura do empreendimento estudado.



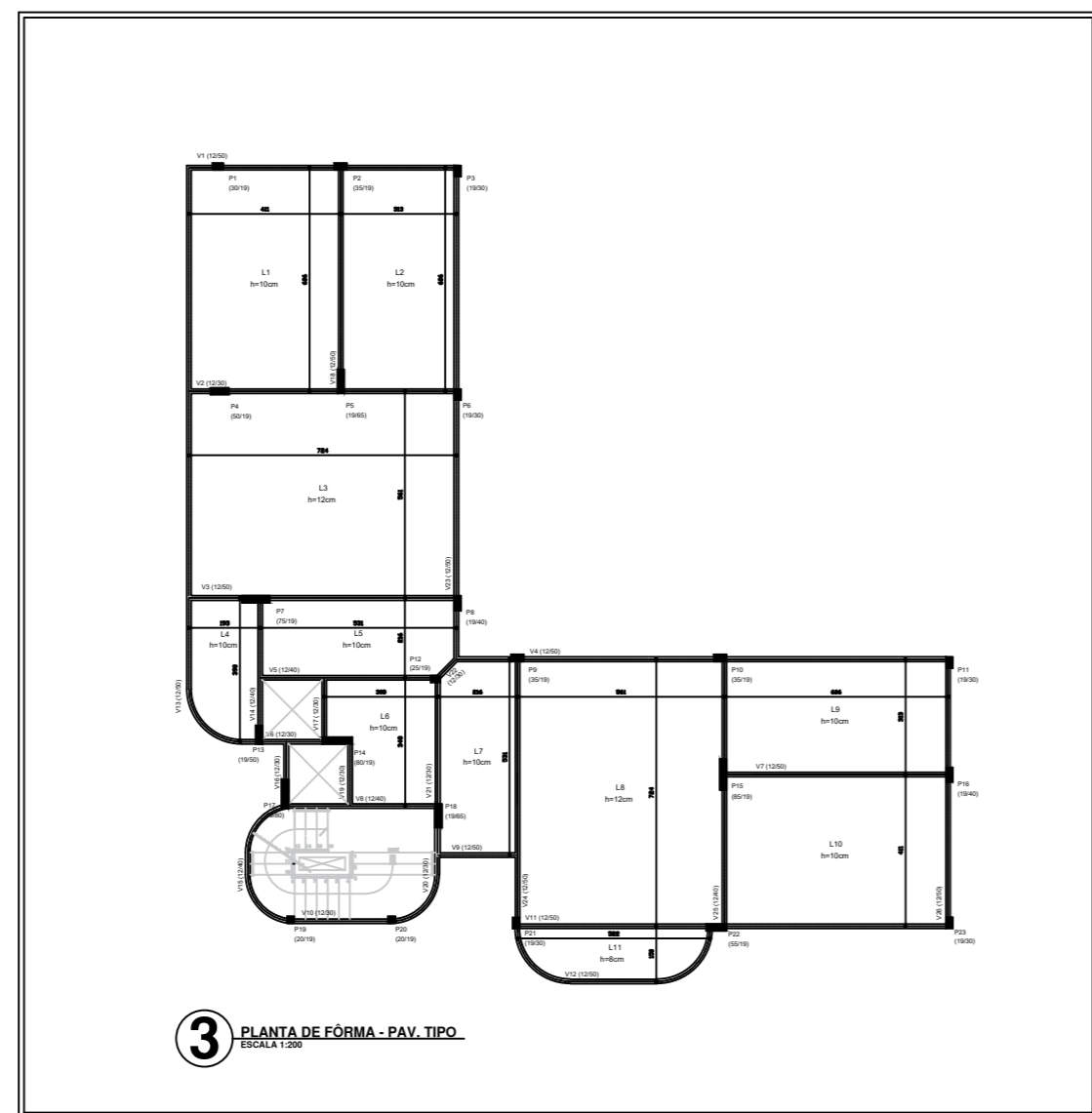
APÊNDICE C



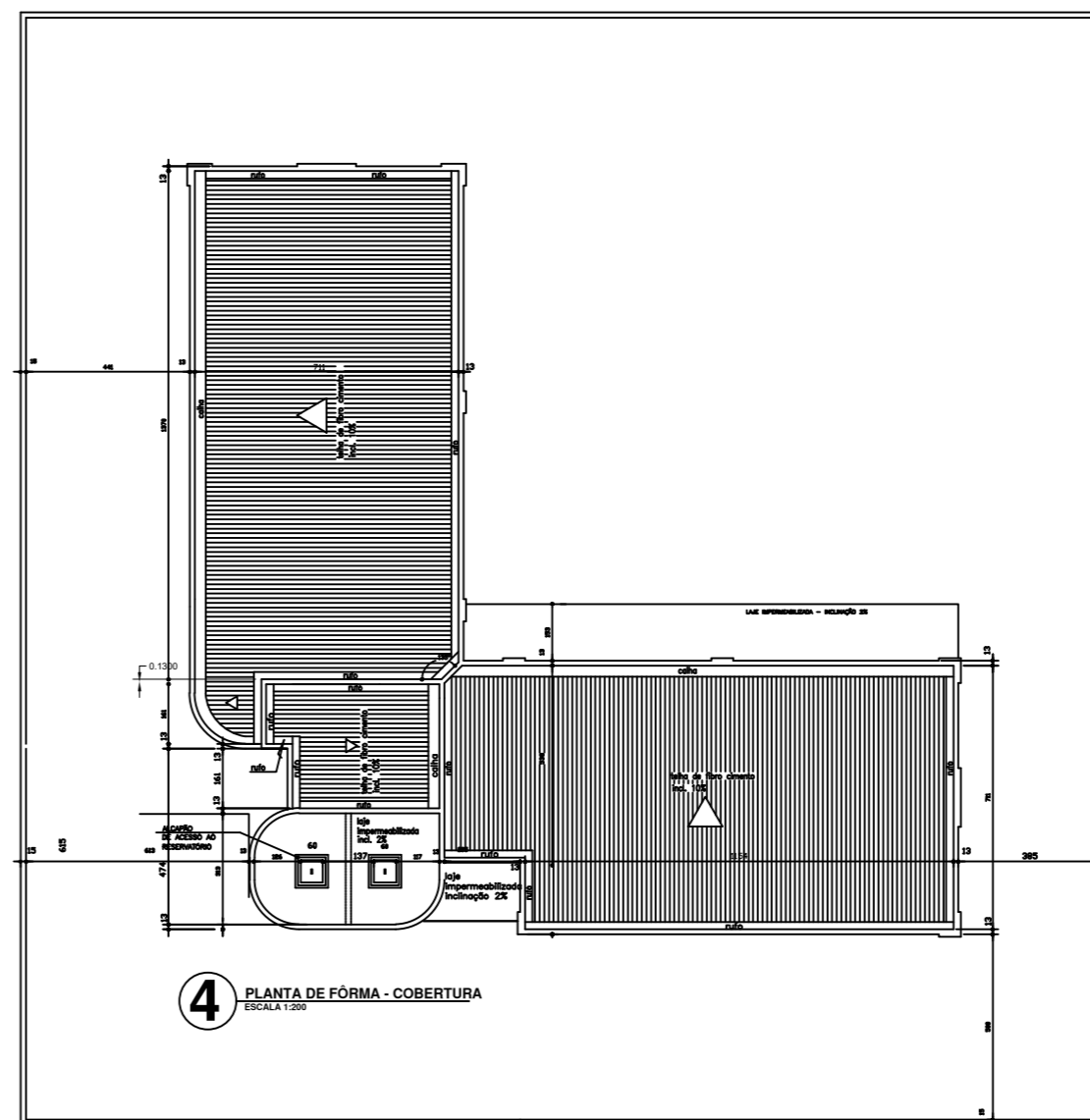
1 PLANTA DE FÔRMA - PAV. SUBSOLO 1
ESCALA 1:200



2 PLANTA DE FÔRMA - PAV. TÉRREO
ESCALA 1:200



3 PLANTA DE FÔRMA - PAV. TIPO
ESCALA 1:200



4 PLANTA DE FÔRMA - COBERTURA
ESCALA 1:200