

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS ESCOLA DE ENGENHARIA  
Departamento de Engenharia de Estruturas  
Curso de Especialização em Análise e Dimensionamento de Estruturas de Concreto  
Armado e Aço

BEATRIZ BARBOSA ALBERTONI

**CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DE UM MEZANINO COMERCIAL**

Belo Horizonte

2019

Beatriz Barbosa Albertoni

## **Cálculo e Dimensionamento de um Mezanino Comercial em Estruturas de Aço**

### **Versão final**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado e Aço da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção de Título de Especialista em Análise e Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado e Aço.

Orientador: Prof. Dr. Hermes Carvalho

Belo Horizonte

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
*Curso de Especialização em Análise e Dimensionamento de  
Estruturas de Concreto Armado e Aço*

## ATA DA DEFESA

### **“Cálculo e Dimensionamento de um Mezanino Comercial em Estruturas de Aço”**

**BEATRIZ BARBOSA ALBERTONI**

Trabalho Final defendido perante a banca examinadora, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de “Especialista em Análise e Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado e Aço”

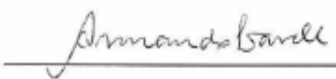
Aprovada em 02 de agosto de 2019.

Por:

Prof. Dr. Hermes Carvalho  
Avaliador 1 – Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Nota: 70

Prof. Dr. Armando Cesar Campos Lavall  
Avaliador 2

  
\_\_\_\_\_  
Nota: 80,0

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente a Deus, pois sem Ele nada disso seria possível. Aos meus pais, Rita e Helcio, que nunca mediram esforços para a realização do meu sonho. Ao meu irmão Heric, pela amizade e conselhos. À minha avó Luzia, pelo carinho e amor. Aos meus anjos da guarda: avô Elnande, avô Herminio e avó Abigail, que tenho certeza que estão sempre me iluminando. Ao meu noivo Nathan, pelo companheirismo e paciência. Ao meu orientador Hermes Carvalho, por todo ensinamento.

## Lista de Figuras

Figura 1: Projeto arquitetônico das lojas, com demarcação da área de mezanino na âncora 2031.....	9
Figura 2: Projeto com a nomenclatura das vigas. ....	10
Figura 3: Lançamento estrutura do piso com as principais cotas em metros.....	10
Figura 4: Modelo numérico desenvolvido e numeração das barras.....	16
Figura 5: Diagrama de momentos fletores em relação ao eixo de maior inércia dos perfis. .....	19
Figura 6: Diagrama da força axial em relação os perfis.....	20
Figura 7: Diagrama da força cortante em relação ao eixo de maior inércia dos perfis.	20
Figura 8: Índices de utilização máximos para os elementos estruturais do Mezanino.	21
Figura 9: Valor de deslocamento do elemento 11. ....	23

## **Lista de Tabela**

Tabela 1: Carga Painel Masterboard .....	11
Tabela 2: Índices de utilização dos perfis do mezanino.....	22

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVO .....	8
3. PROGRAMAS UTILIZADOS .....	8
4. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA.....	8
5. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA CONFORME ABNT NBR 8800:2008 ...	11
5.1 Ações.....	11
5.2 Estados-Limites .....	12
5.3 Análise Estrutural.....	14
5.3.1. Consideração de efeitos de imperfeições iniciais na análise .....	15
6. DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO.....	15
6.1 Cálculo das ações atuantes na estrutura .....	16
6.2 Imperfeições Iniciais Geométricas.....	18
6.3 Combinações .....	18
7. RESULTADOS.....	19
7.1 Verificação quanto ao Estado Limite Último (ELU).....	19
7.2 Estado Limite de Serviço (ELS) .....	23
8. CONCLUSÃO .....	24
9. BIBLIOGRAFIA.....	25

## 1. INTRODUÇÃO

As estruturas metálicas têm sido utilizadas desde o século XVIII na Europa, como uma alternativa à madeira e outros materiais populares até então. A primeira obra feita totalmente em aço foi a ponte sobre o rio Severn na Inglaterra, em 1779. A facilidade na execução do projeto arquitetônico fez com que o aço se tornasse uma excelente alternativa para obras de grande apelo visual, caso da Torre Eiffel, em Paris.

No Brasil, as estruturas metálicas são muito empregadas em galpões industriais, plataformas petrolíferas, edifícios comerciais, entre outros. No entanto seu uso ainda é relativamente pequeno, quando comparado ao concreto.

O projeto de estruturas é sempre feito com base em normalizações. No Brasil, para o projeto de estruturas de edifícios em aço e mistas de aço e concreto, a norma em vigência é a ABNT NBR 8800:2008.

O aço é um material com uma ótima aplicabilidade devido a uma série de vantagens, como:

- Elevado índice de resistência (razão entre resistência e peso específico). Por esse motivo, os elementos estruturais de aço têm seção transversal com dimensões menores que os de outras matérias;
- Elevada ductilidade (a deformação na ruptura se situa entre 15% e 40%), o que faz que sejam resistentes à impactos e, em pontos de alta concentração de tensões, que estas se redistribuam pelo elemento;
- Alto grau de confiabilidade, uma vez que o aço é um material homogêneo e isotrópico, com características mecânicas bem definidas;
- Canteiro de obra menor, limpo e organizado;
- Facilidade de reforço e ampliação;
- Reciclagem e reaproveitamento;



- Rapidez de execução.

O aço, como qualquer outro material, requer cuidados ao ser utilizado, de modo a evitar situações indesejáveis. Alguns desses cuidados são com relação à corrosão e ao comportamento em situação de incêndio. A corrosão é um processo espontâneo que reduz gradualmente as espessuras das chapas que formam as seções transversais dos elementos estruturais, podendo levar à situações não seguras de utilização. A pintura e a galvanização são os procedimentos mais utilizados para a proteção da estrutura contra a corrosão.

Embora o aço seja um material incombustível, suas propriedades mecânicas degeneram a altas temperaturas. Quando ocorre um incêndio, a temperatura do aço alcança valores elevados, e em decorrência das reduções de resistência e rigidez, a estrutura pode perder a capacidade de suportar as ações atuantes e sofre colapso total ou parcial.

## **2. OBJETIVO**

Esse trabalho tem como objetivo principal desenvolver o dimensionamento de um mezanino em perfis laminados e sobrepostos com painéis masterboard, localizado em uma loja do Shopping Jardim Norte, no município de Juiz de Fora/MG.

## **3. PROGRAMAS UTILIZADOS**

- AUTOCAD
- SAP 2000
- EXCEL

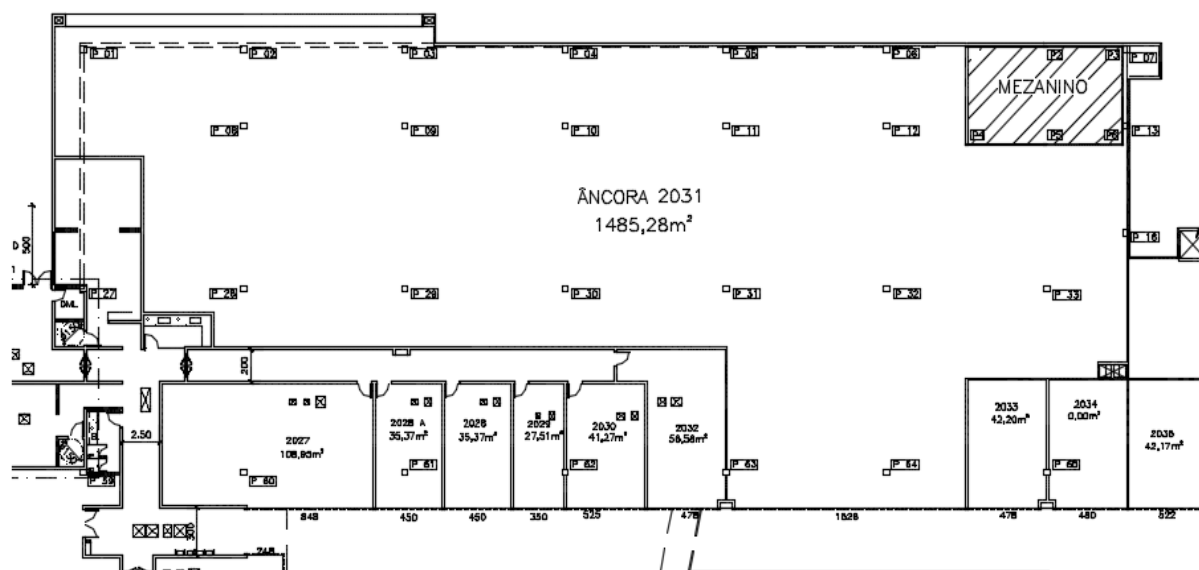
## **4. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA**

O mezanino será executado para suportar uma sobrecarga de 200kg/m<sup>2</sup> (semelhante a escritórios), construído em perfis laminados (viga I), e apresenta

área total igual a 60,00 m<sup>2</sup>. Para o piso do mezanino serão utilizados painéis masterboard, com 40 mm de espessura, produzidos pela Brasilit.

Abaixo segue um trecho do projeto arquitetônico do segundo andar, onde será construído na âncora 2031 o mezanino para escritório.

**Figura 1:** Projeto arquitetônico das lojas, com demarcação da área de mezanino na âncora 2031.



Fonte: Elaborado pelo autor

As Figuras 2 e 3 apresentam o lançamento estrutura do piso do mezanino, identificando as vigas idênticas.



**Tabela 1:** Carga Painel Masterboard

Espessura	Comprimento	Largura	Peso
23 mm	2400 mm	1200 mm	23 kg/m <sup>2</sup>
40 mm	2000 mm	1200 mm	32 kg/m <sup>2</sup>
	2500 mm		
	2750 mm		
	3050 mm		

Fonte: <https://www.brasilit.com.br/produtos/painel-masterboard>

## 5. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA CONFORME ABNT NBR 8800:2008

Nesse item trataremos do dimensionamento adequado da estrutura para garantir segurança e desempenho satisfatório do mezanino. Para isso é necessário conhecer as ações atuantes e realizar a análise da estrutura para a obtenção dos esforços solicitantes.

### 5.1 Ações

Em um projeto estrutural, as ações são classificadas em permanentes, variáveis e excepcionais. As ações permanentes são aquelas praticamente invariáveis ao longo da vida útil da estrutura e se dividem em diretas (o peso próprio da estrutura e de todos os elementos componentes da construção) e indiretas (são a protensão, os recalques de apoio e retração dos materiais).

As ações variáveis são aquelas que variam com o tempo, assumindo valores significativos durante uma fração importante da vida útil da estrutura, e são decorrentes do uso e ocupação da edificação, como sobrecargas em pisos e coberturas.

As ações excepcionais também variam com o tempo, mas assumem valores significativos apenas durante uma fração muito pequena da vida útil da estrutura e, além disso, têm baixa probabilidade de ocorrência.

## 5.2 Estados-Limites

Após identificar as ações presentes na estrutura, devem-se estudar as combinações dessas ações, pelo método dos estados-limites. Este método utiliza uma sistemática de dimensionamento que prevê a verificação da estrutura de uma edificação em várias situações extremas, caracterizadas por estados-limites últimos e estados-limites de serviço.

O Estado Limite Último está relacionado com a segurança estrutural. Sua ocorrência significa sempre colapso total ou parcial, sendo associada à falha do material, instabilidade de um elemento ou de um conjunto estrutural, ou, ainda, ao movimento de corpo rígido.

Deverá ser definido como:

$$S_d \leq R_d \quad \text{Equação 1}$$

onde:

$S_d$  é o esforço solicitante de cálculo;

$R_d$  é o esforço resistente de cálculo.

As ações presentes em uma combinação precisam ser majoradas por um coeficiente de ponderação. Portanto, os esforços solicitantes ( $S_d$ ) devem ser obtidos a partir da análise da estrutura solicitada pelas diferentes combinações de ações, chamadas de combinações últimas de ações, expressas por:

$$\sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi, k}) + \gamma_{q1} F_{Q1, k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{qj, k}) \quad \text{Equação 2}$$

onde:

$F_{Gi, k}$  são os valores característicos das ações permanentes;

$F_{Q1, k}$  é o valor característico da ação variável considerada como principal na combinação;

$F_{Qj,k}$  são os valores característicos das demais ações variáveis que podem atuar em conjunto com a ação variável principal;

$Y_{gi}$ ,  $Y_{qi}$ ,  $Y_{qj}$  são os coeficientes de ponderação das ações permanentes, das ações variáveis principal e secundárias.

O Estado Limite de Serviço é aquele que está relacionado com a capacidade da estrutura de desempenhar satisfatoriamente as funções às quais se destina. A ocorrência desse tipo de estado-limite pode prejudicar a aparência e a funcionalidade de uma edificação, o conforto dos seus ocupantes e o funcionamento de equipamentos, bem como causar rachaduras e trincas em alvenarias e danos diversos a portas, esquadrias, janelas, materiais de acabamentos, etc.

As combinações de serviços são classificadas em permanentes, frequentes e raras. As combinações permanentes são definidas como aquelas que podem atuar da ordem da metade do período de vida útil da estrutura e devem ser usadas quando se verifica apenas a aparência da estrutura, o que é feito em situações nas quais os deslocamentos não provoquem danos à estrutura ou a outros componentes da construção. Nessas combinações, as ações permanentes são apresentadas com seus valores característicos  $F_{G,k}$  e, as variáveis, com seus valores quase permanentes  $\psi_2 F_{Qj,k}$ .

$$\sum_{i=1}^m (F_{Gi,k}) + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k}) \quad \text{Equação 3}$$

As combinações frequentes são aquelas que se repetem por volta de  $10^5$  vezes no período de vida útil ou que têm uma duração de ordem de 5% desse período e devem ser utilizadas quando se verificam os estados-limites reversíveis, isto é, que não causam danos permanentes à estrutura ou a outros componentes da construção, incluindo conforto dos usuários.

$$\sum_{i=1}^m (F_{Gi,k}) + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k}) \quad \text{Equação 4}$$

As combinações raras são definidas como aquelas que podem atuar no máximo algumas horas durante o período de vida útil da estrutura e devem ser usadas quando se verificam estados-limites irreversíveis, isto é, que causam danos permanentes à estruturas ou a outros componentes da construção e danos relacionados ao funcionamento adequado da estrutura, como a formação de fissuras e danos aos fechamentos.

$$\sum_{i=1}^m (F_{Gi, k}) + F_{Q1, k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} F_{Qj, k}) \quad \text{Equação 5}$$

### 5.3 Análise Estrutural

Denomina-se análise estrutural a obtenção das respostas da estrutura a um conjunto de ações por meio de equações de equilíbrio.

A análise estrutural mais simples é a elástica, que considera diagrama tensão x deformação elástico-linear para os materiais. Essa análise elástica pode ser de primeira ou de segunda ordem. A análise é classificada como elástica de primeira ordem se as equações de equilíbrio são estabelecidas com base na geometria indeformada (ou original) da estrutura. E de segunda ordem se são estabelecidas com base na geometria deformada da estrutura.

A análise de segunda ordem é complexa, pois, como a geometria deformada da estrutura não é conhecida durante a resolução das equações de equilíbrio, é necessário empregar um procedimento incremental-iterativo. É imprescindível considerar os efeitos global e local de segunda ordem. O efeito global (P- $\Delta$ ) são decorrentes dos deslocamentos horizontais relativos das extremidades das barras, submetidas às cargas verticais atuantes na estrutura.

O efeito local de segunda ordem (P- $\delta$ ) são decorrentes dos deslocamentos da configuração deformada de cada barra da estrutura submetida à sua própria força axial. A força axial de compressão N provoca aumento do momento fletor

nas seções transversais situadas entre as duas extremidades da barra, cujo valor máximo é igual ao produto entre  $N$  e  $\delta$ .

### 5.3.1. Consideração de efeitos de imperfeições iniciais na análise

Na análise estrutural, pode ser necessário considerar imperfeições iniciais geométricas e de material.

O efeito das imperfeições iniciais geométricas deve ser considerado para que se possa prever possíveis desaprumos de montagem da estrutura. Deve-se considerar em cada andar da estrutura, um deslocamento horizontal relativo entre os níveis inferior e superior de  $h/333$ , sendo  $h$  a altura entre pavimentos. O deslocamento interpavimentos de  $h/333$  é estaticamente equivalente à introdução, em cada andar, de uma força horizontal fictícia, denominada força nodal ( $F_{nd}$ ), igual a 0,3% das cargas gravitacionais de cálculo totais aplicadas no próprio pavimento.

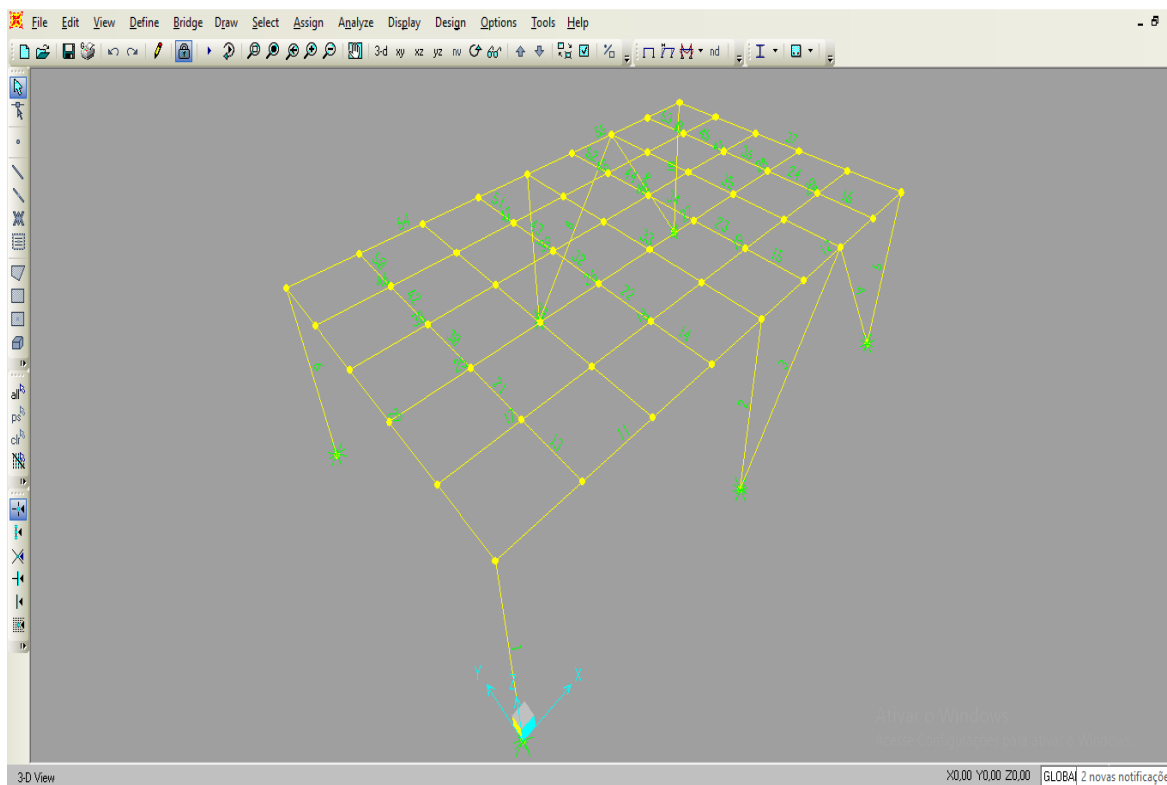
As imperfeições iniciais de material são ocasionadas pela presença de tensões residuais no aço, decorrentes do processo de fabricação. Um procedimento simplificado para considerar esses efeitos consiste em efetuar a análise reduzindo a rigidez axial e à flexão de todas as barras para 80% dos valores originais. Assim, no caso das barras de aço, basta considerar o módulo de elasticidade reduzido,  $E_{a,red}$ , igual a 80% de  $E_a$  (200.000MPa), ou seja  $E_{a,red} = 160.000MPa$ .

## 6. DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Para o dimensionamento do Mezanino foi desenvolvido um modelo em elementos finitos com elementos de barra no programa SAP 2000, apresentado na figura a seguir. Foi considerada a análise não linear geométrica da estrutura para o cálculo dos esforços solicitantes.



**Figura 4:** Modelo numérico desenvolvido e numeração das barras



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A estrutura do Mezanino foi estabilizada em uma direção por contraventamentos, em forma de delta. Para a estabilização na outra direção, foram adotados três pórticos, compostos por um par de colunas e pela viga de piso.

Conforme descrito no item 4, foram consideradas as seguintes ações:

- Carga permanente: revestimento de  $1 \text{ KN/m}^2$  e painel Masterboard 40mm de  $0,32 \text{ KN/m}^2$  (de acordo com a tabela 1)
- Cargas variáveis:  $2 \text{ KN/m}^2$  - escritório (conforme a norma ABNT NBR 6120:1980).

### 6.1 Cálculo das ações atuantes na estrutura

As ações foram aplicadas nas vigas como um carregamento distribuído linear, conforme apresentado a seguir:

**V1**

Carga permanente

$$CP = \frac{1,25 \times 1,20 \times 1,32 \times 4}{4} = 1,98 \text{KN/m}$$

Sobrecarga

$$SC = \frac{1,25 \times 1,20 \times 2 \times 4}{4} = 3,00 \text{KN/m}$$

**V2**

Carga permanente

$$CP = \frac{1,25 \times 1,20 \times 1,32 \times 2}{4} = 0,99 \text{KN/m}$$

Sobrecarga

$$SC = \frac{1,25 \times 1,20 \times 2 \times 2}{4} = 1,50 \text{KN/m}$$

**V3**

Carga permanente

$$CP = \frac{1,25 \times 1,20 \times 1,32 \times 5}{4} = 2,475 \text{KN/m}$$

Sobrecarga

$$SC = \frac{1,25 \times 1,20 \times 2 \times 5}{4} = 3,75 \text{KN/m}$$

**V4**

Carga permanente

$$CP = \frac{1,25 \times 1,20 \times 1,32 \times 10}{4} = 4,95 \text{KN/m}$$

Sobrecarga

$$SC = \frac{1,25 \times 1,20 \times 2 \times 10}{4} = 7,50 \text{KN/m}$$

**V5**

Carga permanente

$$CP = \frac{1,25 \times 1,20 \times 1,32 \times 4}{4} = 1,98 \text{KN/m}$$

Sobrecarga

$$SC = \frac{1,25 \times 1,20 \times 2 \times 4}{4} = 3,00 \text{KN/m}$$

## 6.2 Imperfeições Iniciais Geométricas

A Força Nocial ( $F_{nd}$ ) é igual a 0,3% das ações gravitacionais totais aplicadas no pavimento. Para a estrutura em questão foram considerados, portanto, as ações permanentes e de sobrecarga. O valor da força nocial é definido como:

$$CP: 1,32 \text{KN/m}^2 \Rightarrow (10 \times 6) \times 1,32 + 60 \times 0,3 \text{ (peso estimado da estrutura)} = 97,2 \times 1,4 = 136,08$$

$$SC: 2,00 \text{KN/m}^2 \Rightarrow ((10 \times 6) \times 2) \times 1,4 \text{ (coef. de ponderação)} = 168,00 \text{KN}$$

$$\text{TOTAL (CP+SC)} = 304,08 \text{KN}$$

$$F_{nd} = 304,08 \times 0,003 = 0,91 \text{KN}$$

O efeito das imperfeições geométricas deve ser considerado em todas as direções relevantes da estrutura, mas em apenas uma direção de cada vez.

## 6.3 Combinações

Após o lançamento das ações permanentes, acidentais e da força nocial; foram realizadas as combinações do Estado Limite Último e do Estado Limite de Serviço (combinação frequente):

### Estado Limite Último (ELU)

$$C1: CP \times 1,4 + SC \times 1,4 + \text{Carga Nocial em X}$$

$$C2: CP \times 1,4 + SC \times 1,4 + \text{Carga Nocial em Y}$$

### Estado Limite de Serviço (ELS) – combinação frequente

$$C3: CP \times 1,0 + SC \times 0,4 \text{ (fatores de redução, conforme a norma ABNT NBR 8800:2008 )}$$

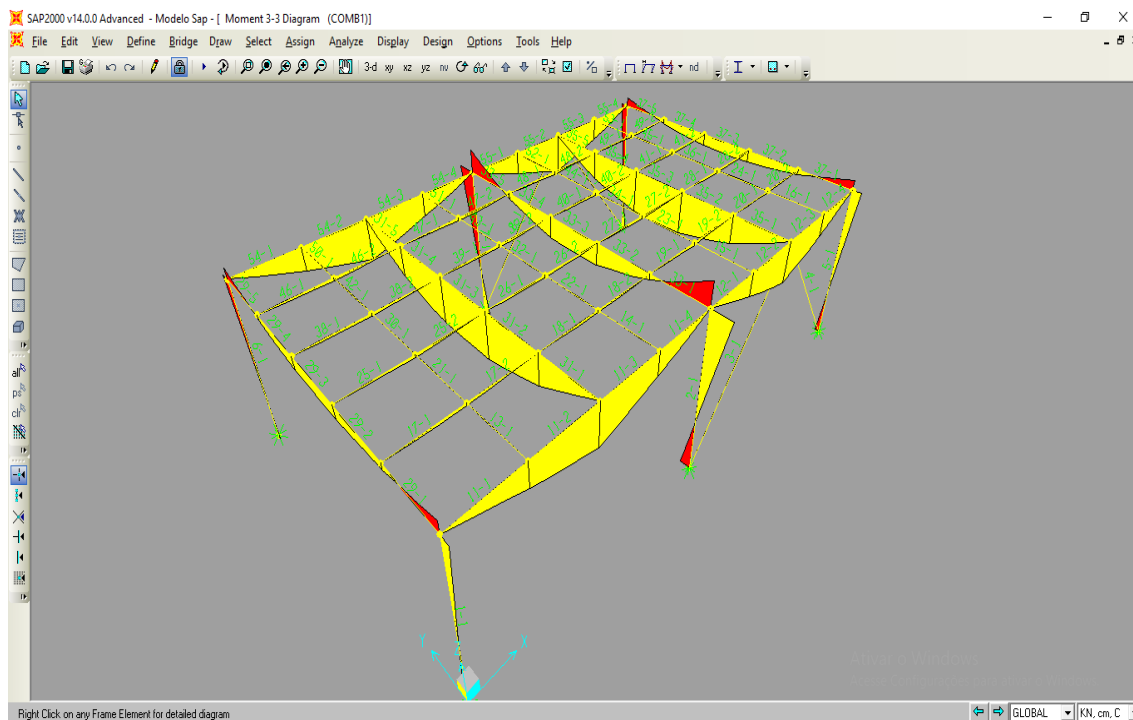
## 7. RESULTADOS

Após o processamento da estrutura foram determinados os esforços solicitantes bem como os deslocamentos. Tais informações são necessárias para a verificação dos estados limites últimos e de serviço.

### 7.1 Verificação quanto ao Estado Limite Último (ELU)

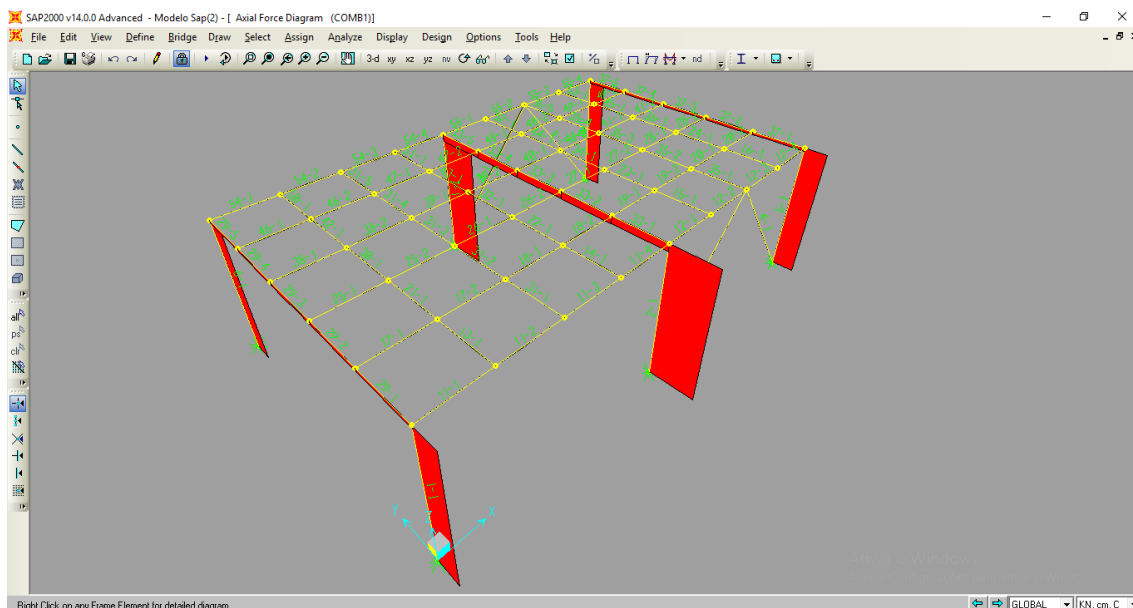
Os esforços solicitantes para a combinação 1 são apresentados, a título de ilustração, nas figuras a seguir:

**Figura 5:** Diagrama de momentos fletores em relação ao eixo de maior inércia dos perfis.



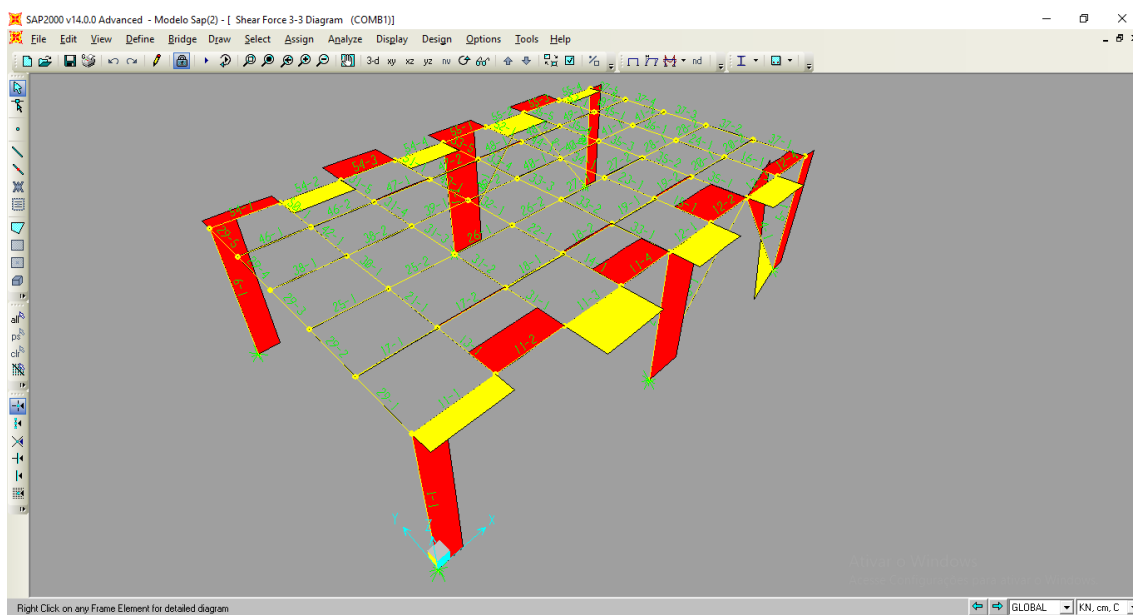
Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura 6:** Diagrama da força axial em relação os perfis.



Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura 7:** Diagrama da força cortante em relação ao eixo de maior inércia dos perfis.

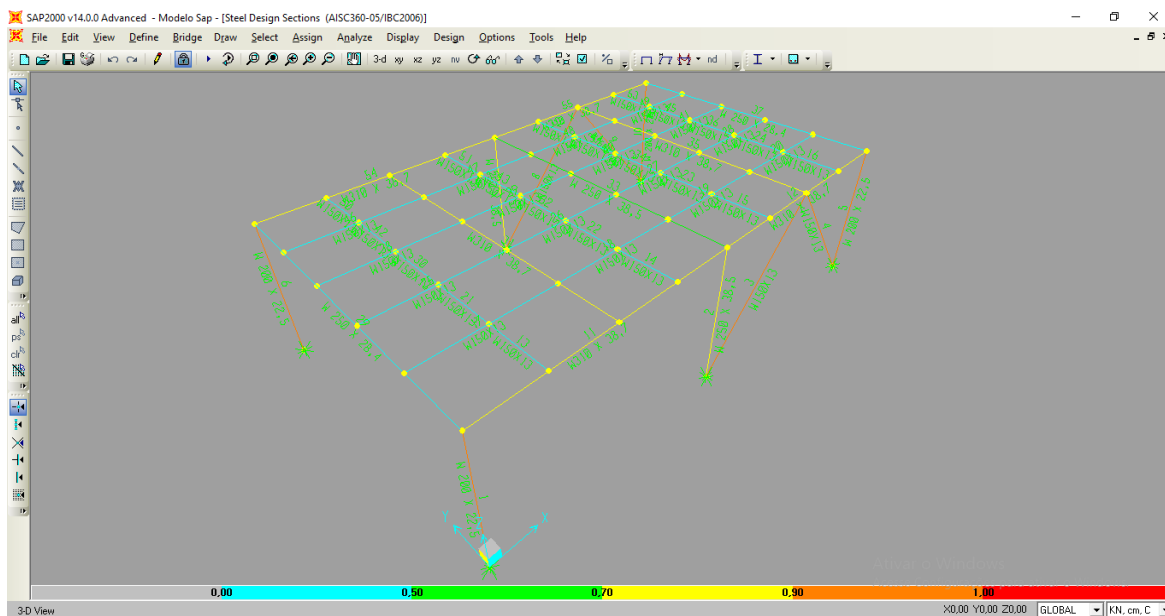


Fonte: Elaborado pelo autor

Foram utilizados para compor a estrutura perfis laminados a quente, fabricados pela Gerdau. A verificação dos estados limites últimos ocorreu de forma automática pelo SAP 2000. Os índices de utilização máximos (definidos

como a razão entre os esforços solicitantes e os esforços resistentes) obtidos para cada elemento estrutural encontram-se exposto a seguir.

**Figura 8:** Índices de utilização máximos para os elementos estruturais do Mezanino.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Para um dimensionamento econômico, é desejável que o índice de utilização seja próximo a 1. Para atender essa premissa, foram avaliados os diversos perfis I disponíveis pela Gerdau, chegando na configuração final apresentada acima.

Os elementos 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53 apresentaram índices de utilização muito baixos, porém, são perfis mais leves dentre os produzidos pela Gerdau (W150X13,0).

A tabela a seguir apresenta os índices de utilização dos elementos, sempre inferiores à unidade.

Tabela 2: Índices de utilização dos perfis do mezanino.

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISI360-05-IBC2006									
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	Ratio Type	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	mm	Text	Text
1	W 200 X 22,5	Column	Overstressed	0,95533	PMM	COMB 1	3000	No Messages	No Messages
2	W 250 X 38,5	Column	No Messages	0,749657	PMM	COMB 1	3000	No Messages	No Messages
3	W150X13	Brace	No Messages	0,915524	PMM	DSTL1	1952,56	No Messages	No Messages
4	W150X13	Brace	No Messages	0,936978	PMM	DSTL1	1952,56	No Messages	No Messages
5	W 200 X 22,5	Column	Overstressed	0,95667	PMM	COMB 1	3000	No Messages	No Messages
6	W 200 X 22,5	Column	Overstressed	0,957537	PMM	COMB 2	3000	No Messages	No Messages
7	W 250 X 38,5	Column	No Messages	0,751242	PMM	COMB 2	3000	No Messages	No Messages
8	W150X13	Brace	No Messages	0,915524	PMM	DSTL1	1952,56	No Messages	No Messages
9	W150X13	Brace	No Messages	0,915524	PMM	DSTL1	1952,56	No Messages	No Messages
10	W 200 X 22,5	Column	Overstressed	0,958877	PMM	COMB 2	3000	No Messages	No Messages
11	W310 X 38,7	Beam	No Messages	0,798496	PMM	COMB 1	2500	No Messages	No Messages
12	W310 X 38,7	Beam	No Messages	0,802804	PMM	COMB 1	2500	No Messages	No Messages
13	W150X13	Beam	No Messages	0,021691	PMM	COMB 2	800	No Messages	No Messages
14	W150X13	Beam	No Messages	0,021832	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
15	W150X13	Beam	No Messages	0,021832	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
16	W150X13	Beam	No Messages	0,021691	PMM	COMB 2	800	No Messages	No Messages
17	W150X13	Beam	No Messages	0,305509	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
18	W150X13	Beam	No Messages	0,306158	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
19	W150X13	Beam	No Messages	0,306158	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
20	W150X13	Beam	No Messages	0,305508	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
21	W150X13	Beam	No Messages	0,021704	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
22	W150X13	Beam	No Messages	0,021854	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
23	W150X13	Beam	No Messages	0,021854	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
24	W150X13	Beam	No Messages	0,021704	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
25	W150X13	Beam	No Messages	0,304961	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
26	W150X13	Beam	No Messages	0,305206	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
27	W150X13	Beam	No Messages	0,305206	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
28	W150X13	Beam	No Messages	0,304961	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
29	W 250 X 28,4	Beam	No Messages	0,434449	PMM	COMB 2	2800	No Messages	No Messages
30	W150X13	Beam	No Messages	0,021708	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
31	W310 X 38,7	Beam	No Messages	0,85792	PMM	COMB 1	2800	No Messages	No Messages
32	W150X13	Beam	No Messages	0,021861	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
33	W 250 X 38,5	Beam	No Messages	0,556904	PMM	COMB 2	6000	No Messages	No Messages
34	W150X13	Beam	No Messages	0,021861	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
35	W310 X 38,7	Beam	No Messages	0,85792	PMM	COMB 1	3200	No Messages	No Messages
36	W150X13	Beam	No Messages	0,021708	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
37	W 250 X 28,4	Beam	No Messages	0,43445	PMM	COMB 2	2800	No Messages	No Messages
38	W150X13	Beam	No Messages	0,304961	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
39	W150X13	Beam	No Messages	0,305206	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
40	W150X13	Beam	No Messages	0,305207	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
41	W150X13	Beam	No Messages	0,304961	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
42	W150X13	Beam	No Messages	0,021704	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
43	W150X13	Beam	No Messages	0,021854	PMM	COMB 2	800	No Messages	No Messages
44	W150X13	Beam	No Messages	0,021854	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
45	W150X13	Beam	No Messages	0,021704	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
46	W150X13	Beam	No Messages	0,305509	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
47	W150X13	Beam	No Messages	0,306158	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
48	W150X13	Beam	No Messages	0,306158	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
49	W150X13	Beam	No Messages	0,305509	PMM	COMB 2	1250	No Messages	No Messages
50	W150X13	Beam	No Messages	0,021691	PMM	COMB 2	800	No Messages	No Messages
51	W150X13	Beam	No Messages	0,021832	PMM	COMB 2	800	No Messages	No Messages
52	W150X13	Beam	No Messages	0,021832	PMM	COMB 2	400	No Messages	No Messages
53	W150X13	Beam	No Messages	0,021691	PMM	COMB 2	800	No Messages	No Messages
54	W310 X 38,7	Beam	No Messages	0,798496	PMM	COMB 1	2500	No Messages	No Messages
55	W310 X 38,7	Beam	No Messages	0,802804	PMM	COMB 1	2500	No Messages	No Messages

Fonte: Elaborado pelo autor

## 7.2 Estado Limite de Serviço (ELS)

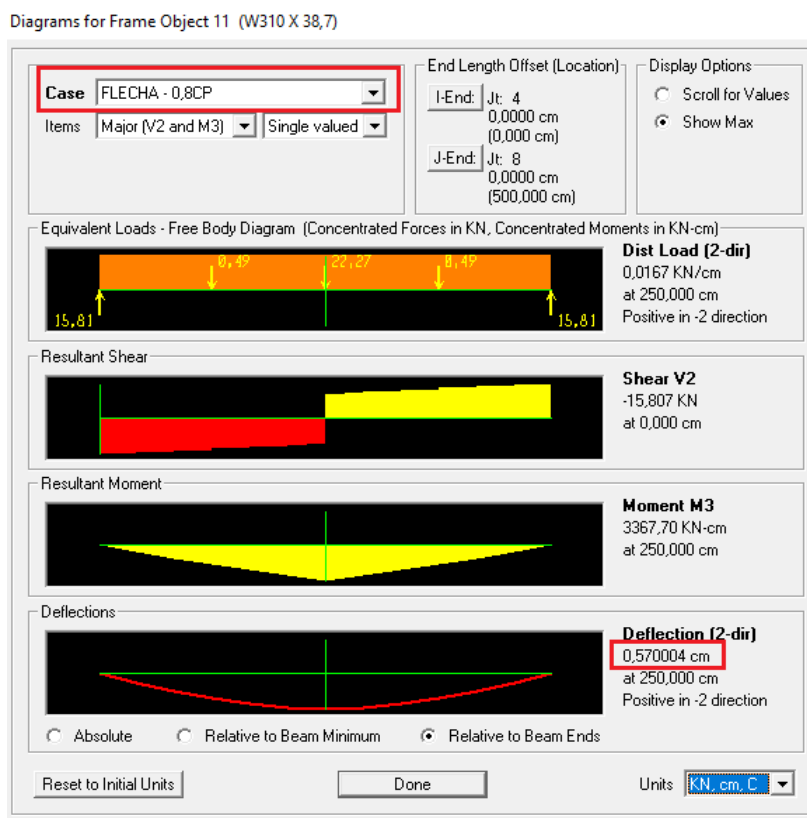
As vigas de piso devem possuir deslocamentos verticais (flechas) limitados a  $L/350$ . Para cálculo desses deslocamentos, foi utilizada uma combinação frequente, conforme descrito no item 6.3.

A viga que apresentou o maior valor de flecha foi a representada no modelo pelo elemento 11. A figura abaixo apresenta o valor da flecha obtida para este elemento. Assim, pode-se determinar o valor da flecha admissível e comparar com a flecha presente no elemento.

$$\delta_{\text{final}} = 0,57 \text{ cm}; \delta_{\text{max}} = 500/350 = 1,43 \text{ cm}$$

Comparando os valores dos deslocamentos acima, conclui-se que foi respeitado o valor máximo de flecha admissível para esse elemento. Como o valor da flecha do elemento foi muito inferior ao valor admissível, não é necessária a aplicação de contraflecha na viga.

**Figura 9:** Valor de deslocamento do elemento 11.



Fonte: Elaborado pelo autor



## **8. CONCLUSÃO**

Este trabalho teve por objetivo apresentar o lançamento estrutural e o dimensionamento da estrutura de um mezanino de uma sobreloja, suporte para escritório. Foi proposta uma estrutura metálica com painéis masterboard para o piso, uma vez que este processo construtivo é eficiente e extremamente rápido. A estrutura foi concebida em perfis I laminados produzidos pela Gerdau e os estados limites últimos e de serviço foram avaliados, conforme as prescrições da ABNT NBR 8800:2008.

## 9. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 6120 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

Brasilit – Painel Masterboard. Disponível em: <<https://www.brasilit.com.br/produtos/painel-masterboard>>. Acesso em 17 de setembro de 2018.

FAKURY, Ricardo H.; SILVA, Ana Lydia R. de Castro; CALDAS, Rodrigo B. Dimensionamento Básico de Elementos Estruturais de Aço e Mistos de Aço e Concreto – UFMG. Belo Horizonte, 2016.