

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

BÁRBARA PASTRE PEREIRA

**ANÁLISE DA SOLUÇÃO EM ESTRUTURA METÁLICA ADOTADA PARA A
CONSTRUÇÃO DO EDIFÍCIO DO BANCO SICOOB - SISTEMA DE
COOPERATIVAS DE CRÉDITO DO BRASIL, EM SÃO LOURENÇO DO OESTE –
SC**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2016**

BÁRBARA PASTRE PEREIRA

**ANÁLISE DA SOLUÇÃO EM ESTRUTURA METÁLICA ADOTADA PARA A
CONSTRUÇÃO DO EDIFÍCIO DO BANCO SICOOB - SISTEMA DE
COOPERATIVAS DE CRÉDITO DO BRASIL, EM SÃO LOURENÇO DO OESTE –
SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco.

Orientadora: Profa. Dra. Paôla Regina Dalcanal.
Co-orientador: Prof. Dr. Gustavo Lacerda Dias.

**PATO BRANCO
2016**



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA SOLUÇÃO EM ESTRUTURA METÁLICA ADOTADA PARA A CONSTRUÇÃO DO EDIFÍCIO DO BANCO SICOOB - SISTEMA DE COOPERATIVAS DE CRÉDITO DO BRASIL, EM SÃO LOURENÇO DO OESTE –SC

BÁRBARA PASTRE PEREIRA

No dia 22 de novembro de 2016, às 16h30min, na Sala N108 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº32-TCC/2016.

Orientador: Prof^a. Dr^a. PAÔLA REGINA DALCANAL (DACOC/UTFPR-PB)

Co-orientador: Prof. Dr. GUSTAVO LACERDA DIAS (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof^a. Dr^a. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. NORMELIO VITOR FRACARO (DACOC/UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

Neste momento não há palavras para expressar a gratidão para todos aqueles que me apoiaram ao longo desta jornada. Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida. Agradeço aos meus pais Joelson Galvão Pereira e Sandra Regina Pastre Pereira e irmã Mariana Pastre Pereira, pelo apoio e incentivo em todos os instantes, bem como pela paciência nos momentos que me ausentei.

Agradeço a Professora Orientadora Profa. Dra. Paôla Regina Dalcanal e ao co-orientador Prof. Dr. Gustavo Lacerda Dias, pela paciência, dedicação e por aceitar e cumprir seu papel como orientador da melhor maneira possível, auxiliando de forma esplendorosa para o desenvolvimento deste trabalho. Além de todos os demais professores que compartilharam do seu conhecimento para que pudesse chegar até o fim desta caminhada.

Agradeço ainda aos diretores do Sicoob Noroeste, que permitiram a realização deste estudo em sua sede em São Lourenço do Oeste – SC, ao Altamir Pandini e a Construtora Pandini, que auxiliaram durante o acompanhamento da execução da obra.

Aos meus colegas acadêmicos por vivenciar comigo estes maravilhosos anos na faculdade, podendo fazer parte desta etapa de evolução, a qual saio melhor pessoa, um profissional mais qualificado e alguém com mais amigos do que quando ingressou na graduação.

Aos meus amigos e a todos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento e minha formação, fica o meu agradecimento.

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível. (Charles
Chaplin)

RESUMO

PEREIRA, Bárbara Pastre. **Análise da solução em estrutura metálica adotada para a construção do edifício do banco SICCOB - Sistema de Cooperativas de Crédito do Brasil, em São Lourenço do Oeste – SC.** 2015. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharelado em Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

O sistema construtivo mais usual no Brasil ainda é com estrutura em concreto armado, porém, em algumas regiões como o sul e o sudeste, os números de construções executadas em estruturas metálicas veem crescendo nos últimos anos. Isto ocorre, pois, quando analisada a relação custo-benefício, em comparação com outras soluções estruturais, esta se torna viável. Desta forma, o presente trabalho faz a análise da obra do edifício do SICCOB em São Lourenço do Oeste – SC, que foi executado inteiramente em estruturas metálicas, através do levantamento da tipologia da estrutura adotada, dos materiais utilizado, dos tipos de ligações adotadas, da forma de montagem da estrutura e entendendo-se quais foram as motivações que levaram à utilização desta tipologia. Os dados foram obtidos a partir de uma pesquisa bibliográfica entre os principais autores sobre o assunto, por meio de uma entrevista com o diretor do SICCOB, através do acompanhamento das fases de execução da obra e da análise dos projetos. No geral os perfis mais utilizados foram os laminados com seções U e I nas vigas e H nos pilares. As ligações são basicamente parafusadas, sendo que algumas emendas de pilares são soldadas, porém já na fabricação. O fechamento, excetuando-se áreas molhadas, caixa do elevador e escadas, que são em alvenaria de bloco cerâmico, são de painéis pré-fabricados de vidro, gesso acartonado e metálico. Essa solução atendeu o esperado em termos da rapidez da execução e da inovação para a região, esperados pelo proprietário.

Palavras-chave: Estruturas metálicas. Construção civil. Perfis laminados. Ligações parafusadas.

ABSTRACT

PEREIRA, Bárbara Pastre. **Analysis of the steel structure solution adopted for the construction of the SICOOB - Credit Cooperative System of Brazil - bank building, in São Lourenço do Oeste - SC**, 2015. 104 f. Completion of course work (undergraduate Environmental Engineering) - Civil Engineering Course, Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2015.

The most usual constructive system in Brazil it is still with reinforced concrete structure, but in some regions, such as the south and southeast, the numbers of constructions executed in steel structures have been increasing in recent years. This is because, when analyzed the cost-benefit ratio, compared to other structural solutions, it is feasible. In this way, the present work analyzes the work of the SICOOB building in São Lourenço do Oeste - SC, which was executed entirely on steel structures, through the survey of the typology of the adopted structure, the materials used, the types of connections adopted, the way of assembling the structure and understanding the motivations that led to the use of this typology. The data were obtained from a bibliographical research among the main authors on the subject, through an interview with the director of the SICOOB, through the monitoring of the phases of execution of the work and the analysis of the projects. In general, the most used shape were the laminates with sections U and I in the beams and H in the pillars. In general, the most used shape were the rolled sections with sections U and I in the beams and H in the columns. The connections are basically screwed, and some splicing of pillars is welded, but already in the manufacture. The closure, except for wet areas, elevator box and stairs, which are in block ceramic masonry, are of prefabricated panels of glass, gypsum and metallic. This solution met expectations in terms of speed of execution and innovation for the region, expected by the owner.

Keywords: Steel structures. Civil Construction. Rolled sections. Bolted connections.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das empresas de aço no Brasil	12
Figura 2 - Localização das empresas de aço no Sul do Brasil	12
Figura 3 - Tipologias de Construções.....	12
Figura 4: Ponte sobre o rio Seven em Coalbrookdale, na Inglaterra.....	17
Figura 5: Palácio de cristal em Londres.	18
Figura 6: Home Insurance Building.	19
Figura 7: (a) Construção da Estação da Luz em São Paulo, (b) Interior da Estação da Luz em São Paulo no ano de 2013.	20
Figura 8: Edifício Garagem América.	21
Figura 9: (a) Casa do Comércio – Salvador (1987), (b) Escritório de Arquitetura – São Paulo (1988), (c) Centro Empresarial do Aço – CEA, São Paulo (1992).	22
Figura 10 - Perfis laminados - (a) Cantoneira, (b) Perfil U, (c) Perfil I, (d) Perfil H ...	23
Figura 11 - Perfis Laminados I e H.....	23
Figura 12- Perfil soldado.	24
Figura 13 - Perfis formado a frio - (a) Perfil U, (b) Perfil U enrijecido, (c) Cantoneira,	25
Figura 14: Viga de alma cheia, perfil I.	26
Figura 15: Fabricação das vigas alveolares.	26
Figura 16: Viga treliçada.	27
Figura 17: Viga Vierendeel.....	27
Figura 18 - Ponte Grammene – Bélgica	28
Figura 19: (a) Modelo de Viga Mista, (b) Conector tipo stud bolt, (c) Conector tipo Perfil “U” laminado.....	28
Figura 20: Perfis utilizados em pilares de alma cheia. (a) Perfil tubular, (B) perfil H laminado, (C) perfil I soldado, (D) perfil I laminado, (E) composição com perfil U laminado, (F) composição com perfil I laminado, (G) composição usada em pontes rolantes.	29
Figura 21: Tipologias de colunas treliçadas.	30
Figura 22: Partes componentes da cobertura metálica.....	31
Figura 23: Tipologias de coberturas – (a) cobertura de duas águas com treliças na diagonal, (b) tesouras, (c) cobertura de uma água, (d) em arco, (e) cobertura em shed.	31
Figura 24: Arranjos de treliças.(a) treliça “Pratt”, (b) treliça trapezoidal “Pratt”, (c) treliça triangular “Pratt”, (d) treliça “Howe”, (e) treliça trapezoidal, (f) treliça triangular “Howe”, (g) treliça “Warren”, (h) treliça trapezoidal “Warren”, (i) treliça triangular “Fink”, (j) treliça com painéis subdivididos por diagonais e montantes secundários, (l) treliça triangular com painéis subdivididos por diagonais e montantes secundários, (m) treliça suportada pelo banzo inferior, (n) treliça em arco, (o) treliça em “x”, (p) treliça em “k”, (q) arco atirantado.	33
Figura 25: (a) perfil laminado U, (b) Perfil laminado I, (c) perfil de chapa dobrada U, (d) perfil de chapa dobrada U enrijecido.	34
Figura 26: (a) Contraventamento Horizontal, (b) Contraventamento vertical.	35
Figura 27 - Ligação Viga com Viga – (a) Vista Lateral, (b) Vista Frontal, (c) Perspectiva.....	35
Figura 28 - Ligação Viga com Pilar – (a) Vista Lateral, (b) Vista Frontal, (c) Perspectiva.....	36
Figura 29 – Emenda de Pilar – (a) Vista Lateral, (b) Vista Frontal, (c) Perspectiva ..	36
Figura 30 - Ligação Pilar com Fundação – (a) Vista Lateral, (b) Vista Frontal, (c) Perspectiva.....	36

Figura 31: Ligações rígida e flexível.....	37
Figura 32: (a) Execução de alvenaria na estrutura metálica. (b) Montagem de painéis pré-moldados.	39
Figura 33: Tipologias de fechamento em alvenaria. (a) Tijolo maciço, (b) Tijolo laminado de 21 furos, (c) Bloco cerâmico, (d) ½ bloco cerâmico vazado, (e) ½ bloco de concreto, (f) Bloco inteiro de concreto, (g) Bloco de concreto celular.	40
Figura 34: Estrutura edifício de múltiplos andares em aço.....	42
Figura 35: Estrutura de Galpão em aço.	43
Figura 36: Ponte em arco da baía de Sydney.	45
Figura 37: Estrutura metálica reticulada,.....	45
Figura 38: Jay Pritzker Pavilion – Chicago – USA - Estrutura Tubular.....	46
Figura 39 - Estrutura espacial	47
Figura 40 - Silos de armazenamento	47
Figura 41 - Ponte estaiada Alamillo - Sevilha, Espanha.....	48
Figura 42: Edifício SICOOB Noroeste.	49
Figura 43: Estrutura edifício SICOOB Noroeste.....	50
Figura 44 - laje com vigota treliçada.....	51
Figura 45 - laje treliçada edifício SICOOB.....	51
Figura 46 - Comparativo de peso e mão de obra.	52
Figura 47 - Dimensão das peças de EPS.	52
Figura 48- planta de forma das lajes do pavimento térreo	54
Figura 49 - Espaçamento entre linhas de escoras	55
Figura 50 - Escoramento da laje pré-moldada	55
Figura 51: Vigas perfil I de alma cheia e vigas treliçadas.....	56
Figura 52: Vigas perfil I de alma cheia e perfis treliçados	56
Figura 53 - Trama estrutural das vigas do pavimento tipo	57
Figura 54 - Vigas Secundárias.	58
Figura 55: Desenho das vigas treliçadas	58
Figura 56 - Vigas Primárias	59
Figura 57 - Esquema de vigas edifício SICOOB	60
Figura 58 - Esquema de vigas casa de máquinas e reservatório.....	61
Figura 59: Estrutura SICOOB, fase inicial.	62
Figura 60- posição dos pilares no pavimento tipo	63
Figura 61 - posição dos pilares que vão do subsolo até a cobertura	64
Figura 62 - direção dos pilares que vão do subsolo até a cobertura.....	65
Figura 63 - posição dos pilares que vão do subsolo até o segundo pavimento	66
Figura 64 - direção dos pilares que vão do subsolo até o segundo pavimento.....	66
Figura 65 - posição dos pilares do terceiro pavimento.....	67
Figura 66 - Direção dos pilares do terceiro pavimento.....	68
Figura 67 - quantitativo dos Pilares do núcleo de escadas e elevador.....	69
Figura 68 - Direção dos Pilares do núcleo de escadas e elevador.....	69
Figura 69: Ligação Viga com Viga.....	70
Figura 70: Detalhe da ligação Viga com Viga.....	71
Figura 71 - Ligação entre vigas treliçadas e os pilares	72
Figura 72 - Vigas de alma cheia.....	73
Figura 73 - Ligação entre viga de alma cheia e mesa do pilar	73
Figura 74 - Pilar com placa de gousset.....	74
Figura 75: Ligação entre viga de alma cheia e alma do pilar	75
Figura 76 - Ligação entre viga de alma cheia e alma do pilar	75
Figura 77: Emenda de pilares	76

Figura 78 - Emenda de pilares - SICCOOB	76
Figura 79 - emenda de pilar com perfis diferentes	77
Figura 80 - emenda de pilar com perfis diferentes	77
Figura 81: (a)Chumbador de ligação pilar com fundação, (b)Chumbador fixado no bloco de fundação, (c)Placa de ligação entre pilar e fundação, (d)Ligação pilar com fundação	78
Figura 82 - Cobertura do Edifício SICCOOB	79
Figura 83: Planta de Cobertura.	79
Figura 84: (a) Estrutura da cobertura SICCOOB, (b) Modelo da treliça utilizada na estrutura.	80
Figura 85 - Emenda de Tesoura.....	81
Figura 86: Detalhe construtivo tesoura.....	81
Figura 87 – Terças	81
Figura 88: (a) Detalhe da Platibanda e instalação de calhas, (b) Modelo da treliça utilizada nas platibandas.	82
Figura 89 - tipos de fechamento edifício SICCOOB.....	83
Figura 90 - Painéis metálicos do edifício SICCOOB. (a) Vista Externa (b) Vista Interna	83
Figura 91 - Sistema de instalação dos painéis metálicos.....	84
Figura 92 - Instalação de alvenarias	84
Figura 93 – Cortina de vidro do edifício SICCOOB (a) Detalhe da fachada. (b) Detalhe da instalação.	85
Figura 94 - Contraventamento do edifício SICCOOB	86
Figura 95 - Fixação do contraventamento	86
Figura 96: Içamento dos perfis I dos pilares.....	87
Figura 97: Fases de Montagem da estrutura metálica	87
Figura 98: Fases de Montagem da estrutura metálica	88
Figura 99 - Instalação das lajes.....	89

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	13
1.1.1. Objetivo Geral.....	13
1.1.2. Objetivos específicos.....	13
1.2. JUSTIFICATIVA	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS.....	16
2.2. AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
2.3. CONSTRUÇÃO EM AÇO NO BRASIL.....	19
2.4. PERFIS METÁLICOS ESTRUTURAIS.....	22
2.4.1. Perfis Laminado (NBR 8800).....	22
2.4.2. Perfis Soldados (NBR 8800).....	24
2.4.3. Perfis formados a Frio (NBR 14762).....	24
2.5. ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM AÇO	25
2.5.1. Vigas	25
2.5.1.1. Vigas de alma cheia	26
2.5.1.2. Vigas alveolares	26
2.5.1.3. Vigas treliçadas	26
2.5.1.4. Vigas Vierendeel	27
2.5.1.5. Vigas Mistas	28
2.5.2. Pilares.....	29
2.5.2.1. Pilar de alma cheia e altura constante.....	29
2.5.2.2. Colunas treliçadas	30
2.5.3. Cobertura.....	30
2.5.3.1. Tesouras	32
2.5.3.2. Terças	33
2.5.4. Contraventamento	34
2.5.5. Ligações Metálicas	35
2.5.5.1. Ligações parafusadas	37
2.5.5.2. Ligações soldadas.....	38
2.5.5.3. Ligações mistas.....	39
2.5.6. Fechamento.....	39
2.5.6.1. Vedação em alvenaria.....	40
2.5.6.2. Vedação com painéis pré-fabricados	41
2.6. TIPOS DE ESTRUTURAS EM AÇO	41
2.6.1. Estruturas de edifícios de múltiplos andares	42
2.6.2. Estruturas de galpões.....	43
2.6.3. Estruturas de obras de arte	44
2.6.4. Estruturas reticuladas	45
2.6.5. Estruturas tubulares.....	46
2.6.6. Estruturas espaciais.....	46
2.6.7. Estruturas de armazenagem.....	47
2.6.8. Estruturas estaiadas ou tencionadas.....	48
3. APRESENTAÇÃO DA OBRA	49
3.1. ELEMENTOS ESTRUTURAIS	50
3.1.1. Laje	51
3.1.2. Vigas.....	55

3.1.2.1. Vigas Secundárias	58
3.1.2.2. Vigas Primárias	59
3.1.2.3. Vigas Casa de Maquinas e Reservatórios.....	61
3.1.3. Pilares.....	62
3.1.3.1. Pilares do subsolo até a cobertura	64
3.1.3.2. Pilares do subsolo até o segundo pavimento	65
3.1.3.3. Pilares terceiro pavimento	67
3.1.3.4. Pilares escadas e elevador	68
3.1.4. Ligações	70
3.1.4.1. Ligações viga com viga	70
3.1.4.2. Ligações viga com pilar	71
3.1.4.3. Emendas de pilares.....	76
3.1.4.4. Ligações pilar com fundação.....	77
3.1.5. Cobertura.....	79
3.1.6. Fechamento.....	82
3.1.7. Contraventamento	85
3.2. MONTAGEM DA ESTRUTURA	86
4. CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
APENDICE 1 - QUESTIONÁRIO	93
ANEXO 1 – TABELA DE PERFIS LAMINADOS.....	104

1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, a construção civil, tanto no Brasil como no resto do mundo, era essencialmente artesanal. Somente após a Segunda Guerra Mundial, quando países desenvolvidos passaram a utilizar sistemas produtivos pré-fabricados, dentre eles o aço, visando maior produtividade, economia de mão-de-obra e custos, que o canteiro de obras passou a seguir o caminho da industrialização (FARIA, 2008).

Em oposição a outros países, como a Inglaterra onde ocorreu a construção da primeira estrutura erguida totalmente em ferro - ponte sobre o rio Severn em 1779 - que desenvolveram técnicas construtivas com o uso dos materiais metálicos, no Brasil, o desenvolvimento da execução de obras em múltiplos andares utilizando o aço ocorreu cerca de um século e meio depois, porém, ainda em estruturas mistas (concreto armado). Essa defasagem, deu-se devido à demora para o país entrar no mercado da produção desse metal - em 1943, quando foi instalada a usina siderúrgica de Volta Redonda - bem como pela abundância de mão-de-obra barata e desqualificada existente (FRANCA, 2003).

A utilização das estruturas metálicas no mundo mesmo apresentando, em geral, custos superiores aos de outros sistemas construtivos, ocorre porque a concepção de forma industrializada da mesma, apresenta vantagens para o conjunto da obra, que resulta em uma relação custo-benefício total que permite o seu uso. Como por exemplo: grande flexibilidade, rapidez na execução e resistência elevada do material aço (PINHO, 2008).

Segundo uma pesquisa realizada pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) em conjunto com a Associação Brasileira da Construção Metálica (ABCCEM) em 2013, o setor de estruturas de aço subsidiou e participou de forma efetiva no crescimento da construção brasileira, investindo em inovação dos produtos e dos processos, no aperfeiçoamento da qualidade do produto final e na melhoria do desempenho, aumentando a produtividade.

Pesquisas realizadas pelo CBCA de 2015 identificam que o perfil do mercado de estruturas metálicas no Brasil está distribuído da seguinte maneira: 65,5% dos fabricantes se encontram na região Sudeste do país, seguida pela região Sul com 18,4%, sendo que deste valor 5,9% se encontra em Santa Catarina, como apresentado nas Figura 1 e 2.

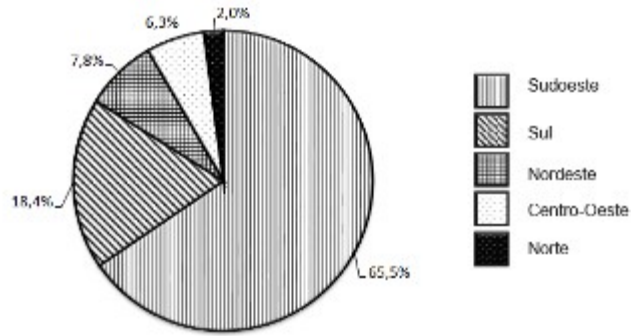


Figura 1: Localização das empresas de aço no Brasil.
Fonte: CBCA (2015).

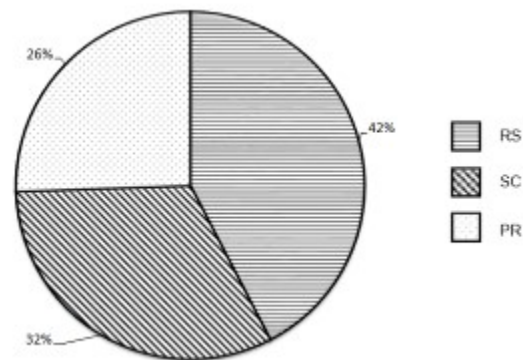


Figura 2: Localização das empresas de aço no Sul do Brasil.
Fonte: CBCA (2015).

Na figura 3, percebe-se que 42% das obras em aço executadas no país correspondem às estruturas de grande porte - shopping centers, centros de distribuição, edifícios altos, grandes galpões, torres de transmissão - 34% às construções industriais pesadas e obras especiais - siderurgia, mineração, óleo e gás, álcool e açúcar, pontes - 16% às estruturas médias - casas, lojas, pequenos edifícios, galpões, passarelas - e, as pequenas estruturas - escadas, abrigos, telhados, marquises – apresentam cerca 8% do total.

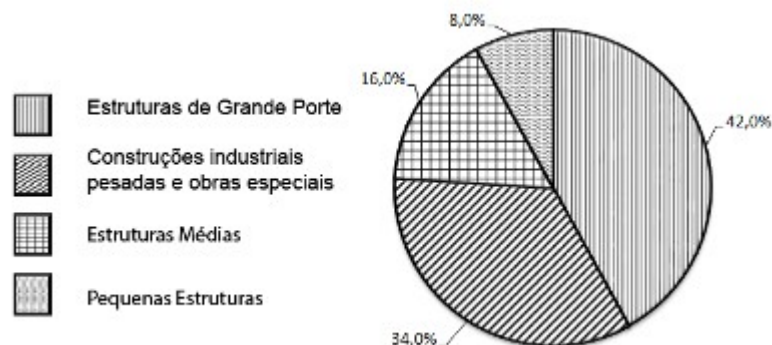


Figura 3: Tipologias de Construções.
Fonte: CBCA (2015).

A partir destes dados nota-se que apesar de o mercado de estruturas de aço estar em desenvolvimento no Brasil, a região sul ainda apresenta uma baixa porcentagem de obras em estruturas metálicas.

Desta forma, este trabalho busca a partir de um estudo de caso da obra do edifício do SICCOB (Sistema de Cooperativas de Crédito do Brasil), em São Lourenço do Oeste - SC, estudar os aspectos relevantes ligados ao projeto e construção do edifício.

A classificação deste estudo quanto aos objetivos, pode-se considerar como uma pesquisa exploratória que busca, de forma bastante flexível, “o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições.” (GIL, 2002). Para tanto, o delineamento é realizado através de uma pesquisa bibliográfica, “desenvolvida com base em material já elaborado” (GIL, 2002) e de um estudo de caso que “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetivos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.” (GIL, 2002)

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho objetiva fazer um estudo de caso da estrutura metálica adotada para a execução do edifício do SICCOB em São Lourenço do Oeste – SC, analisando as soluções adotadas para os elementos estruturais.

1.1.2. Objetivos específicos

- Levantar as tipologias com estruturas metálicas.
- Apresentar as tipologias mais usadas no Brasil para a execução de obras comerciais de até quatro pavimentos.

- Descrever e analisar a tipologia adotada no edifício do SICOOB em São Lourenço do Oeste – SC.
- Entender os motivos da utilização desta tipologia, como foi a execução, os materiais utilizados e os tipos de ligações adotadas.

1.2. JUSTIFICATIVA

No Brasil, a grande maioria das edificações ainda é executada em estrutura de concreto armado, porém o aço com função estrutural é uma opção muito utilizada em países da Europa e nos Estados Unidos, bem como na região Sudeste do Brasil, devido a rapidez de execução, leveza, grande capacidade portante e, eventualmente, custo.

Um sistema de estrutura metálica, que nos últimos anos começou a ser bastante utilizado nas construções de obras residenciais brasileiras, é o sistema *Steel Frame*, principalmente em habitações sociais, devido à rápida execução e baixo custo em relação ao total da obra. Porém, o uso de perfis de aço (laminados ou soldados) para compor a estrutura da edificação, como é feito em grande escala em países como os Estados Unidos e em algumas regiões do Brasil, não foi propagado.

Embora pouco usual em Santa Catarina, como visto nas figuras 1 e 2, especialmente na região Extremo Oeste do estado, em 2013 foi idealizado e construído um edifício em estrutura metálica em São Lourenço do Oeste-SC, para servir de nova sede para a cooperativa. Este trabalho apresenta a solução em estrutura metálica adotada no edifício do SICOOB em São Lourenço do Oeste – SC, visando identificar as tipologias utilizadas, entender qual foi a motivação que levou à escolha desta técnica, quais conhecimentos específicos foram necessários para execução desta obra, quais foram os materiais e equipamentos utilizados e como foi executada.

A importância deste trabalho, que segundo Castro (1977) está ligada a questões que merecem uma continuada busca de informações ou novos tópicos que apresentem potencial para serem discutidos, está na discussão dos aspectos deste sistema construtivo, de modo que se tenha maior compreensão desta modalidade

estrutural para divulgação às empresas da construção civil da região oeste de Santa Catarina a respeito da utilização das estruturas metálicas para edifícios comerciais.

Castro (1977) descreve a originalidade de um tema, como aquele cujo resultado deve ter um potencial de surpreender. Neste trabalho a originalidade está em avaliar a solução em estrutura metálica adotada no edifício SICOOB em São Lourenço do Oeste – SC, visando à difusão e melhor entendimento desta técnica, assim como, estudar as tipologias adotadas na região para a execução de obras comerciais de até quatro pavimentos.

Para Castro (1977), a viabilidade de execução de um trabalho está na capacidade de se cumprir prazos, ter acesso aos recursos financeiros, além do acesso às informações relevantes para a realização do estudo. Este trabalho foi viável, por se tratar de um estudo de caso onde se teve acesso aos projetos da edificação em análise, em que toda sua estrutura foi executada em perfis metálicos, bem como a disponibilização, pela empresa responsável pelo projeto e execução, dos dados necessários para este trabalho, viabilizando o mesmo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS

A partir da Revolução Industrial, com a descoberta de materiais como o ferro fundido e o vidro, que vieram a dar origem ao aço e ao concreto armado alguns anos depois, os sistemas construtivos, que até então eram basicamente artesanais, sofreram uma grande mudança por possibilitarem a utilização de novas técnicas e ferramentas que resultaram em uma maior produtividade no canteiro de obras (OLIVEIRA, 2012).

“A pré-fabricação é uma ferramenta extremamente eficiente para proporcionar um incremento aos níveis de industrialização dos processos de produção, se adotada dentro de uma visão sistêmica da construção de um edifício, em que a racionalização seja parte fundamental deste processo.” (SABATINI, 1998 apud STEUERNAGEL, 2008).

Segundo a NBR 9062 (2006), um elemento pré-fabricado é executado industrialmente fora do local de utilização definitiva na estrutura, mesmo em canteiros de obras temporários.

Após a Segunda Guerra Mundial, o mundo passou por um período onde “havia um enorme déficit habitacional, falta de materiais de construção e de mão-de-obra especializada, além de poucos recursos financeiros disponíveis.” (OLIVEIRA, 2012). Desta forma, a ideia de industrialização do canteiro de obra, surgiu como uma forma de resolver os problemas que estavam sendo enfrentados na época.

Para Revel (1973) apud Pigozzo (2005), a pré-fabricação é um termo muito antigo, pois desde a antiguidade os muros eram formados de tijolos feitos a partir de paralelepípedos de argila, porém, somente após a Segunda Guerra Mundial, passou a ser usado de forma corriqueira. 1

No Brasil, a utilização de elementos pré-fabricados somente ocorreu porque algumas empresas buscavam redução de custos com velocidade acelerada, que poderia ser conseguida com a industrialização dos processos construtivos utilizados até então (Associação Brasileira da Construção Industrializada – ABCI, 1980 apud MOURA, 2006).

2.2. AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

“Não se sabe exatamente quando começou na humanidade o uso dos metais.” (DIAS, 2002). Porém, para Bellei et al. (2004) acredita-se que o ferro já era obtido há aproximadamente 6 mil anos a.C., em civilizações como as do Egito, Babilônia e Índia, como adornos nas construções ou para fins militares, por ser considerado um material nobre, devido a sua raridade.

A partir do século XIX, com a Revolução Industrial, países mais desenvolvidos como Inglaterra, França e Alemanha, passaram a utilizar o ferro com mais frequência. Paralelamente a isso houve um desenvolvimento nos processos de elaboração e conformação deste metal (BELLEI et al., 2004).

O uso do aço na construção civil ganhou destaque a partir de 1779, quando foi construída a ponte sobre o rio Seven em Coalbrookdale na Inglaterra, sendo a primeira obra inteiramente em ferro, formada por um vão simples de 42 m em arco, e ainda existe, figura 4 (BELLEI et al., 2004).



Figura 4: Ponte sobre o rio Seven em Coalbrookdale, na Inglaterra.
Fonte: BRITTO (2013).

Em 1851, a construção do Palácio de Cristal em Londres, figura 5, deu início à era dos grandes edifícios metálicos, mas somente em 1872, Jules Saulnier, construiu um edifício de múltiplos andares com todas as características de uma estrutura metálica, a fábrica de chocolates Noisiel-Sur-Name, em Paris (BELLEI et al., 2004).

**Figura 5: Palácio de cristal em Londres.
Fonte: ARQUITETANDO NA NET (2015).**

Durante este período, os Estados Unidos, devido às necessidades ligadas à indústria e ao comércio, desenvolveram uma arquitetura americana própria baseada na construção metálica, devido a utilização em larga escala de materiais como o ferro, o aço e o vidro.

Em 1871, devido a um incêndio em Chicago, a reconstrução da cidade se deu pela utilização de um “esqueleto metálico” em edifícios de múltiplos andares que, até então, era pouco utilizado (BANDEIRA, 2008).

William Le Baron Jenney, considerado um dos principais construtores de Chicago, abriu seu escritório na cidade em 1868, onde fundou e liderou o movimento denominado “Escola de Chicago”, e em 1879, no Leiter Building 1, provou suas teorias sobre a estrutura de ferro sendo elas: a utilização com maior evidência do sistema pré-fabricado, a necessidade de proteção contra incêndio nos perfis metálicos e a maior evidência da estrutura nas edificações. (BELLEI et al., 2004)

Devido a estes fatos, Jenney é considerado como um dos precursores do uso do aço nas edificações nos Estados Unidos.

O princípio de sustentar todo o edifício sobre uma rede metálica equilibrada com precisão, solidificada e protegida contra incêndio, deve-se a William Le Baron Jenney. Ninguém o precedeu nisso, e a ele cabe todo o mérito que deriva da proeza de engenharia que foi o primeiro a executar (BENEVOLO, 1989 apud BANDEIRA, 2008).

Em 1885, Jenney projetou o Home Insurance Building (Figura 6) – com 55 metros de altura, e considerado o primeiro arranha-céu do mundo (HISTORY, 2015) - que apresentou pela primeira vez um sistema estrutural totalmente diferenciado. O peso das paredes era transferido diretamente para um vigamento de ferro e para as colunas que eram embutidas nas paredes, que passaram a servir de fechamento para os vãos (BELLEI et al., 2004).



Figura 6: Home Insurance Building.
Fonte: Chicago Architecture Info (2015).

O fim do movimento da Escola de Chicago ocorreu em 1893, quando a burguesia da época passou a preferir um conceito neoclássico ao que estava sendo desenvolvido. No entanto, a verticalização e a padronização e industrialização dos processos construtivos, adotados neste período, predominam na arquitetura americana, até os dias atuais (BANDEIRA, 2008).

2.3. CONSTRUÇÃO EM AÇO NO BRASIL

A arquitetura metálica no Brasil se desenvolveu após a segunda metade do século XIX, quando a burguesia emergente estava mais interessada em trazer produtos vindos da Europa do que os desenvolvidos no país. Desta forma, pode-se dizer que os primeiros edifícios com estruturas em ferro no país, foram inteiramente importados de países europeus (BANDEIRA, 2008).

Seus edifícios [...] vinham completos e podiam ser montados facilmente. Os componentes modulados, em ferro fundido, formavam a estrutura que era montada com a ajuda de uns poucos parafusos. Frisos e acabamentos ornamentais eram acrescentados ao gosto do usuário, para criar instantaneamente um estilo (COSTA, 2001 apud BANDEIRA, 2008).

Um exemplo deste período é a Estação da Luz (Figura 7 (a) e (b)) ainda existente em São Paulo, que foi inspirada nas estações londrinas (BANDEIRA, 2008).



(a)



(b)

Figura 7: (a) Construção da Estação da Luz em São Paulo, (b) Interior da Estação da Luz em São Paulo no ano de 2013.
Fonte: DUTRA (2015).

Durante a Primeira Guerra Mundial, os metais eram usados para fins militares, desta forma, dificultando a importação de ferro e aço para a construção no Brasil. Com o aumento da demanda por estes materiais, o setor siderúrgico no país começa a se desenvolver. Assim, na década de 20, foi criada a primeira indústria siderúrgica do país, a Companhia Siderúrgica Belgo Mineira (BELLEI et al., 2004).

Em 1957, foi construído o Edifício Garagem América em São Paulo (Figura 8), que foi a primeira obra de múltiplos andares com estrutura em aço, construída no

Brasil com tecnologia nacional. O edifício, de 15 pavimentos, possui a estrutura aparente em uma das fachadas (BANDEIRA, 2008).



Figura 8: Edifício Garagem América.
Fonte: FARIAS (2008).

A partir dos anos 1980, a siderurgia brasileira atinge um patamar de esplendor, com a produção de produtos com certificações de qualidades a níveis mundiais. Foi a partir deste período, que o uso do aço passou a ter influência arquitetônica nas edificações, quando a estrutura passou a ser parte integrante da composição da obra (BANDEIRA, 2008). As Figuras 9 (a), (b) e (c) representam esta expressão arquitetônica nas obras feitas pelo Brasil durante este período.



(a)



(b)



(c)

**Figura 9: (a) Casa do Comércio – Salvador (1987), (b) Escritório de Arquitetura – São Paulo (1988), (c) Centro Empresarial do Aço – CEA, São Paulo (1992).
Fonte: (a) e (c) FARIAS (2008), (b) BANDEIRA (2008).**

2.4. PERFIS METÁLICOS ESTRUTURAIS

2.4.1. Perfis Laminado (NBR 8800)

Os perfis laminados são formados a partir da laminação a quente dos lingotes de aço, por meio de deformação mecânica (DIAS, 1998). Segundo Yopanan (2007), os perfis laminados são normalmente utilizados em obras de médio porte e são os mais utilizados no Brasil e as seções mais utilizadas são: Cantoneira, perfil U, perfil I e perfil H.

Segundo Gaspar (2008), as Cantoneiras (figura 10 (a)) são empregadas para a construção de treliças, contra-ventamento e ligações, Os perfis U (figura

10(b)) e I (figura 10(c)) têm maior utilização nas vigas, e os perfis H (figura 10(d)) tem sua aplicação nos pilares.

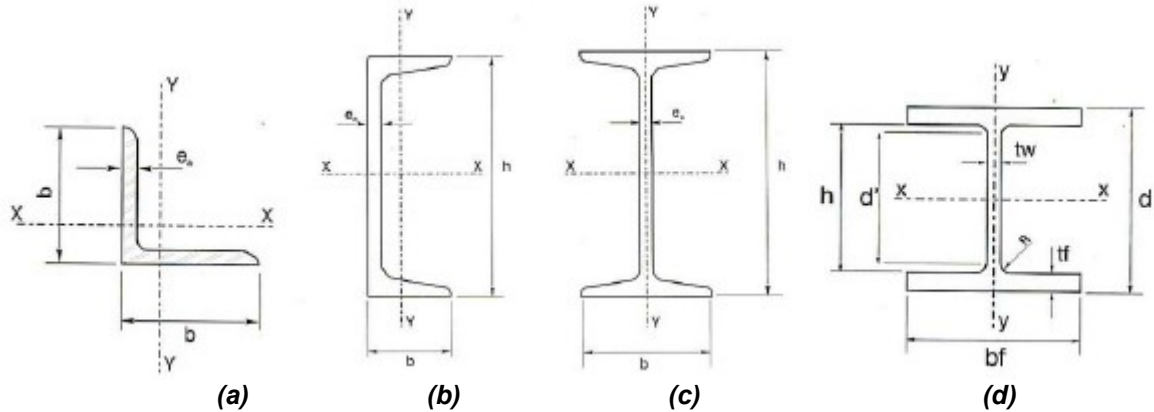


Figura 10: Perfis laminados - (a) Cantoneira, (b) Perfil U, (c) Perfil I, (d) Perfil H.
Fonte: DIAS (1998).

A nomenclatura dos perfis laminados I e H disponíveis no Brasil seguem a nomenclatura americana sendo eles: Perfil I, Perfil W e Perfil HP (figura 11).

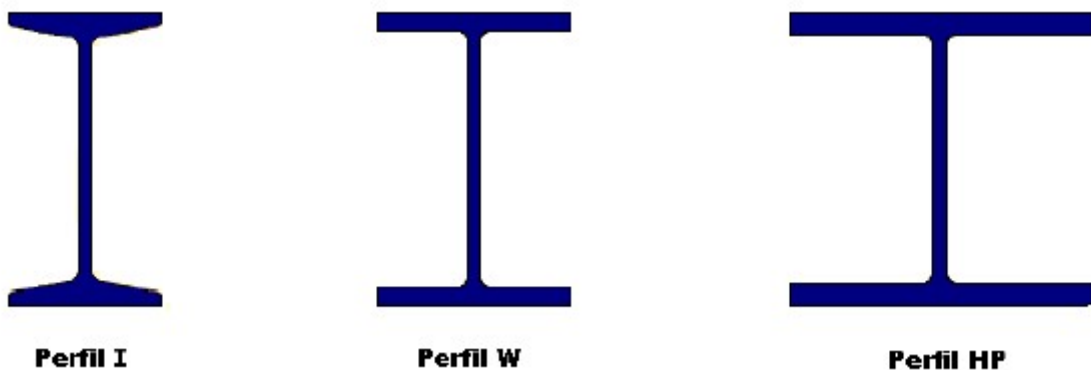


Figura 11: Perfis Laminados I e H.
Fonte: MIGUEL (2016)

O Perfil I (*Standard Shape (S)*) é normalmente utilizado em vigas, por possuir as mesas estreitas e possui altura variando de 76 a 502 mm. O Perfil W (*Wide Flange Shape*) é empregado em vigas e pilares com altura variando de 150 a 610 mm, quando possuem um (H) no final do nome significa que as dimensões da alma e da mesa são próximas caracterizando em um perfil quadrado. Os perfis HP (*H-Pile*), usado em fundações, vigas pesadas e pilares, possui as mesas largas e alturas variando de 200 e 310 mm.

2.4.2. Perfis Soldados (NBR 8800)

Os perfis soldado são formados a partir da união de chapas laminadas através da soldagem (figura 12), devido a isso, permite uma grande variedade de seções. Tem maior utilização em obras de médio e grande porte devido ao custo elevado (YOPANAN, 2007).

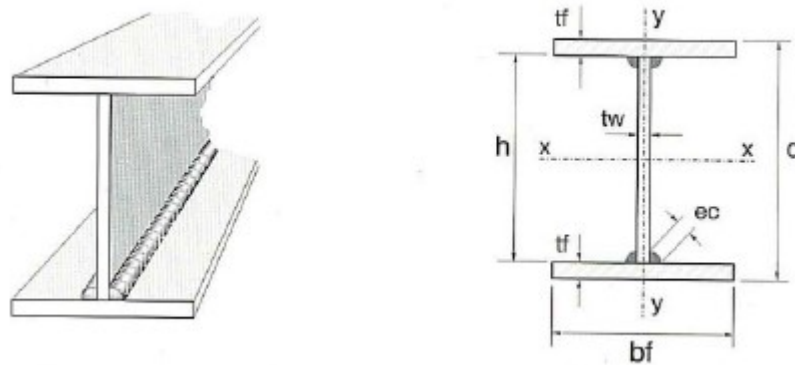


Figura 12: Perfil soldado.
Fonte: DIAS (1998).

Segundo Dias (1998), os perfis soldados podem ser classificados de acordo com a sua utilização e dimensão:

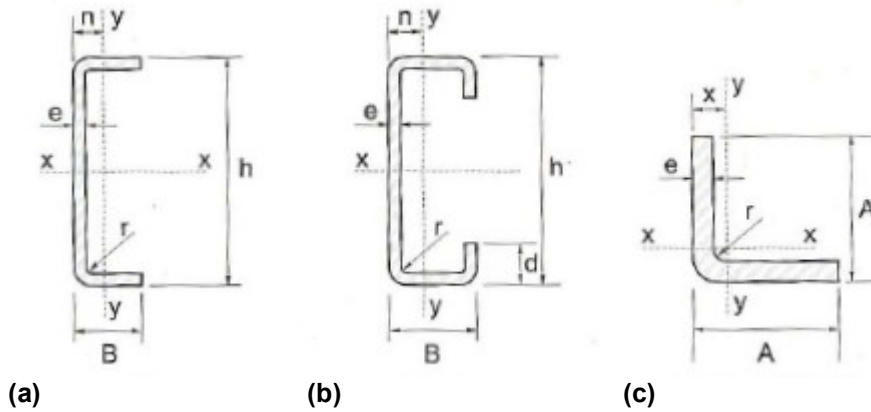
- Série VS: Perfis usados em vigas – $1,5 < d/bf < 4$;
- Série CVS: Perfis usados para vigas e pilares – $1 < d/bf < 1,5$;
- Serie CS: Perfis usados em pilares – $d/bf = 1$

2.4.3. Perfis formados a Frio (NBR 14762)

Os perfis formados a frio, são obtidos através do dobramento de chapas laminadas em temperatura ambiente. Podem ser considerados como perfis leves, se fabricados com chapas de 1,5 a 5 mm, ou perfis pesados se utilizado chapas de até 25 mm (YOPANAN, 2007).

Devido ao seu processo de fabricação, as dimensões dos perfis são definidas pelos fabricantes e suas limitações dimensionais, sendo os perfis mais

utilizados a cantoneira (figura 13 (c)) e o perfil U (figura 13 (a)) e perfil U enrijecido (figura 13 (b)). Sua utilização é mais evidente em estruturas de pequeno porte ou elementos secundários, sendo que apresenta grande economia quando utilizada em coberturas (YOPANAN, 2007).



(a) (b) (c)
 Figura 13: Perfis formado a frio - (a) Perfil U, (b) Perfil U enrijecido, (c) Cantoneira.
 Fonte: DIAS (1998).

2.5. ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM AÇO

2.5.1. Vigas

“Elementos que possuem uma dimensão muito superior as outras duas e são sujeitos as forças que atuam, principalmente, transversalmente ao seu eixo.” (SILVA, 2010).

São elementos horizontais, que tem a função de transferir os esforços para os pilares. Quanto a sua composição, podem ser de alma cheia, alveolares, treliçadas, *Vierendeel* e mista (DIAS, 1998)

Na sequência apresenta-se uma breve descrição de cada uma.

2.5.1.1. Vigas de alma cheia

Como as vigas devem resistir a esforços de flexão, a escolha do perfil utilizado deve ter a concentração de massa mais afastada da linha neutra da peça (PFEIL, 1995). Assim, tem-se que os perfis mais adequados para essa tipologia são os de seção I, e U (Figura 14).

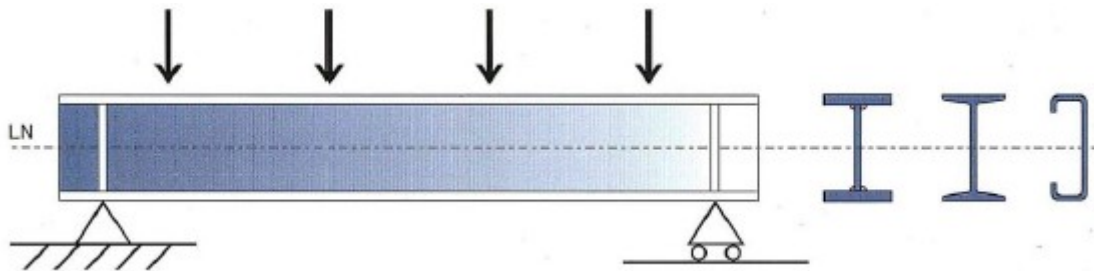


Figura 14: Viga de alma cheia, perfil I.
Fonte: DIAS (1998).

2.5.1.2. Vigas alveolares

As vigas alveolares, são formadas a partir do corte de perfis I, longitudinalmente, para em seguida ser executada a soldagem com a nova configuração do perfil (Figura 15).

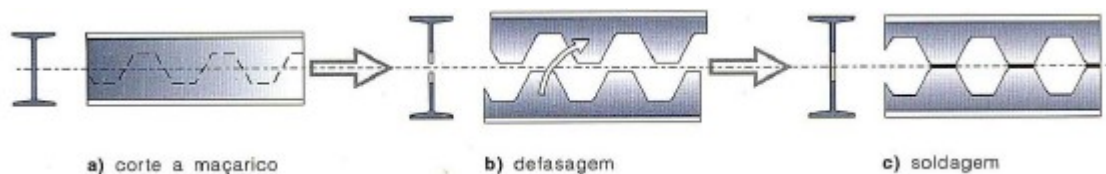


Figura 15: Fabricação das vigas alveolares.
Fonte: DIAS (1998).

“O acréscimo de altura, (...), confere a viga alveolar maior inércia, o que pode resultar em maior eficiência a flexão e maior rigidez aos deslocamentos na direção do plano médio da alma. Entretanto as aberturas na alma podem reduzir a capacidade resistente da viga sob determinadas condições de carregamento (...) (SILVEIRA, 2011).

2.5.1.3. Vigas treliçadas

São elementos, formados por um conjunto de barras que recebem esforços de tração e compressão. Os perfis mais usuais são: I, U e cantoneiras de abas iguais, e estas podem ser unidas por solda ou parafusos (BELLEI, 1998). Na figura 16, é possível perceber a utilização de uma viga treliçada formada com perfis I que são unidas com ligações soldadas.



Figura 16: Viga treliçada.
Fonte: DIAS (1998).

2.5.1.4. Vigas Vierendeel

As vigas *Vierendeel* são formadas por um conjunto de barras, ligadas entre si, por nós rígidos, formando uma sequência de pórticos fechados, figura 17. Essas vigas suportam cargas de tração, compressão, flexão e cisalhamento (SIQUEIRA, 2012).

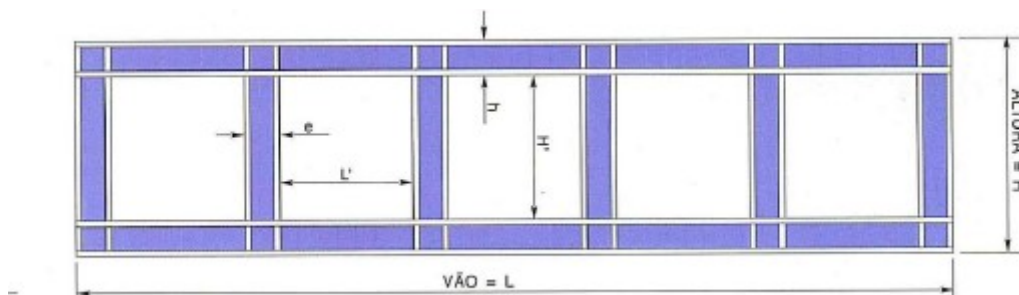


Figura 17: Viga Vierendeel.
Fonte: DIAS (1998).

Essa tipologia de viga é utilizada principalmente em estruturas de pontes, figura 18, por razões estéticas e funcionais (RESENDE, 2008).



Figura 18 - Ponte Grammene – Bélgica
Fonte: Resende (2008).

2.5.1.5. Vigas Mistas

As vigas mistas (Figura 19) são vigas metálicas, que são ligadas por conectores com uma laje de concreto (DIAS, 1997). Os conectores mais utilizados nas vigas mistas, são os perfis U laminados e os conectores *stud bolt*, que são pinos com uma cabeça metálica, e estes têm como função resistir aos esforços de cisalhamento que atuam na viga (KIRCHHOF, 2005).

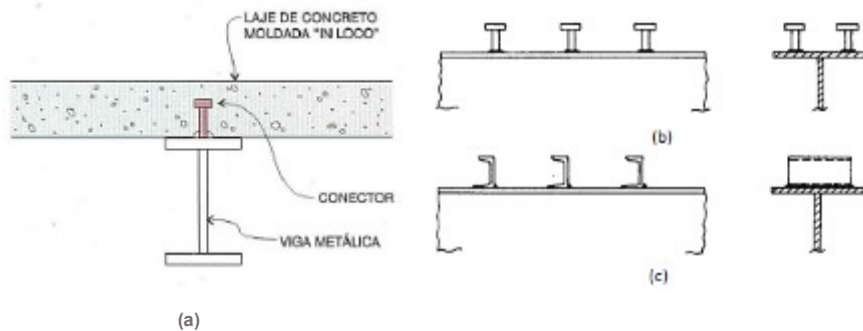


Figura 19: (a) Modelo de Viga Mista, (b) Conector tipo stud bolt, (c) Conector tipo Perfil “U” laminado.

Fonte: DIAS (1998), KIRCHHOF (2005).

2.5.2. Pilares

“Geometricamente similares às vigas, porém, solicitados por força axial de compressão.” (SILVA, 2010).

Segundo Bellei (1997), eles são responsáveis por levar as cargas atuantes na estrutura para as fundações. Os pilares podem ser de perfil de alma cheia ou colunas treliçadas de altura constante. A seguir uma breve descrição de cada um.

2.5.2.1. Pilar de alma cheia e altura constante

Bellei (1997) comenta que nas colunas de alma cheia são usados perfis únicos, principalmente seções I e H, e seções formadas por uma combinação de perfis (figura 20). Os perfis tubulares são os que apresentam melhor eficiência estrutural, porém, devido a serem mais caros que os demais e mais difíceis de executar suas ligações, são pouco utilizados em obras de edifícios.

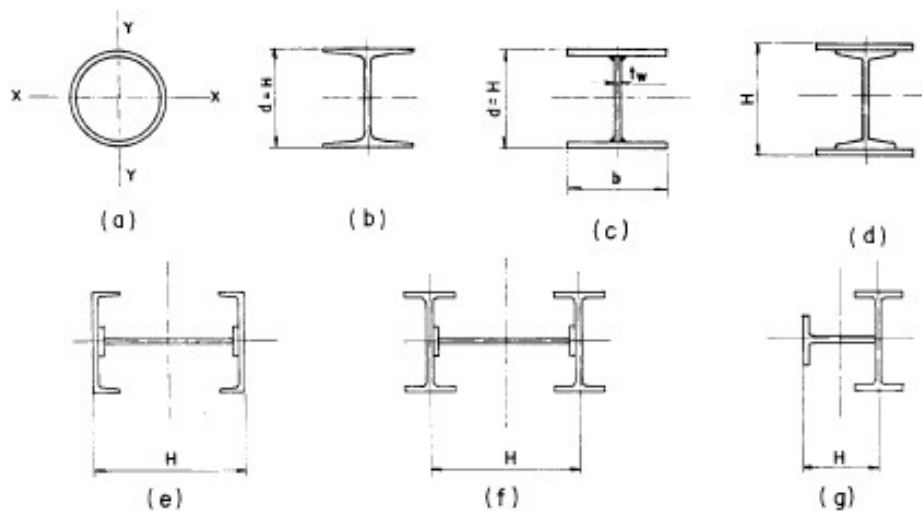


Figura 20: Perfis utilizados em pilares de alma cheia. (a) Perfil tubular, (B) perfil H laminado, (C) perfil I soldado, (D) perfil I laminado, (E) composição com perfil U laminado, (F) composição com perfil I laminado, (G) composição usada em pontes rolantes. Fonte: BELLEI (1997).

Segundo Fruchtengarten (1994), essa tipologia de pilar, deve ser fabricada em uma peça única, que sirva para até três andares, e as ligações devem ser feitas acima do nível das conexões das vigas para que não haja incompatibilidade estrutural.

2.5.2.2. Colunas treliçadas

Segundo Bellei (1997) as colunas treliçadas são uma combinação de vários perfis, que são unidos no plano da mesa, formando o fuste do mesmo. Essa combinação de perfis é usada, pois apesar de apresentar maior complexidade na execução, apresenta valores semelhantes de resistência em comparação ao dos pilares de alma cheia, porém, com um peso bastante inferior.

Existe uma grande quantidade de combinações possíveis para essas colunas, sendo que os perfis mais usados são perfis U, I e cantoneiras (Figura 21).

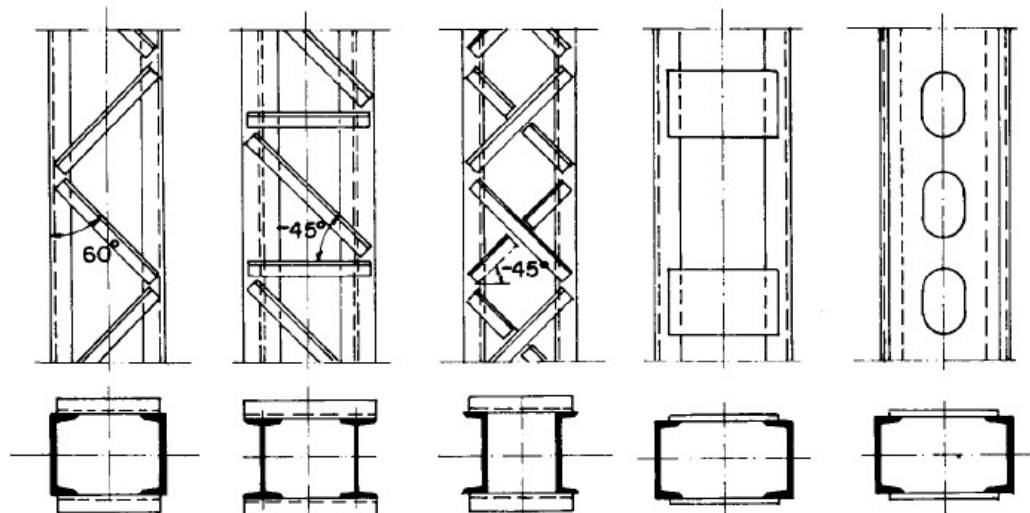


Figura 21: Tipologias de colunas treliçadas.
Fonte: BELLEI (1997).

2.5.3. Cobertura

A Figura 22 representa os elementos que compõem uma estrutura de cobertura metálica.

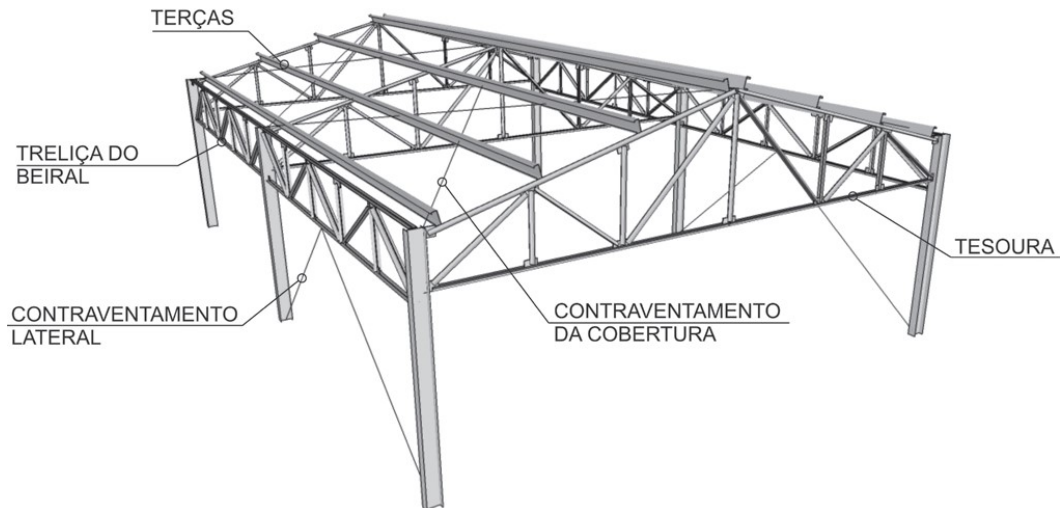


Figura 22: Partes componentes da cobertura metálica.
Fonte: MARCON (2010).

Vários fatores devem ser considerados para a escolha do tipo de cobertura metálica a ser usado em um projeto, entre eles iluminação, estética, ventilação, drenagem, cargas atuantes, mas principalmente custos (FRUCHTENGARTEN, 1994). Para atender aos aspectos citados acima, pode-se fazer uso de diversas tipologias de cobertura. A Figura 23 ilustra alguns exemplos de coberturas metálicas.

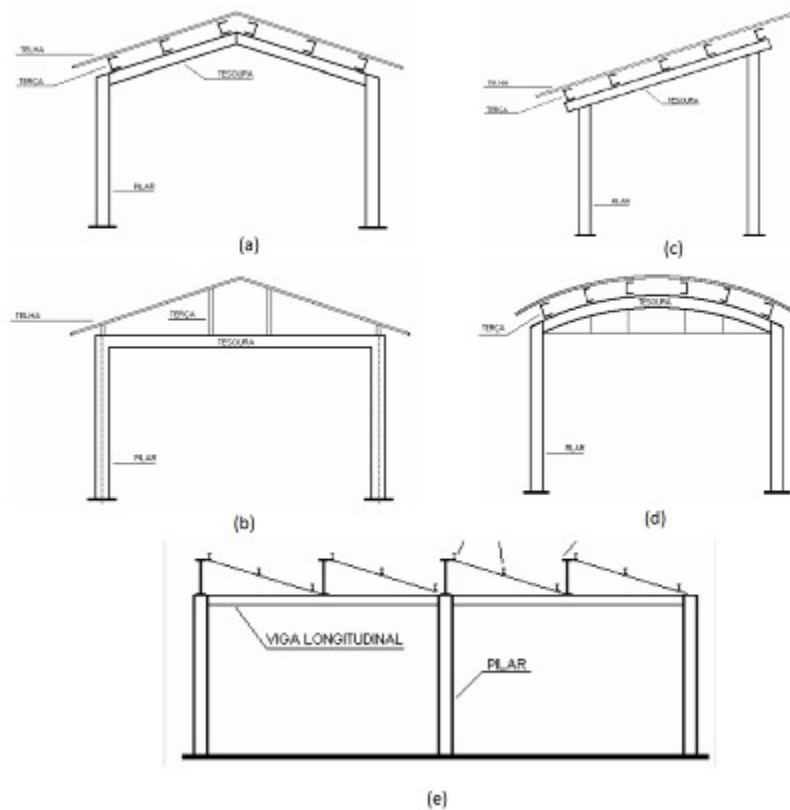


Figura 23: Tipologias de coberturas – (a) cobertura de duas águas com treliças na diagonal, (b) tesouras, (c) cobertura de uma água, (d) em arco, (e) cobertura em shed.
Fonte: FRUCHTENGARTEN (1994).

2.5.3.1. Tesouras

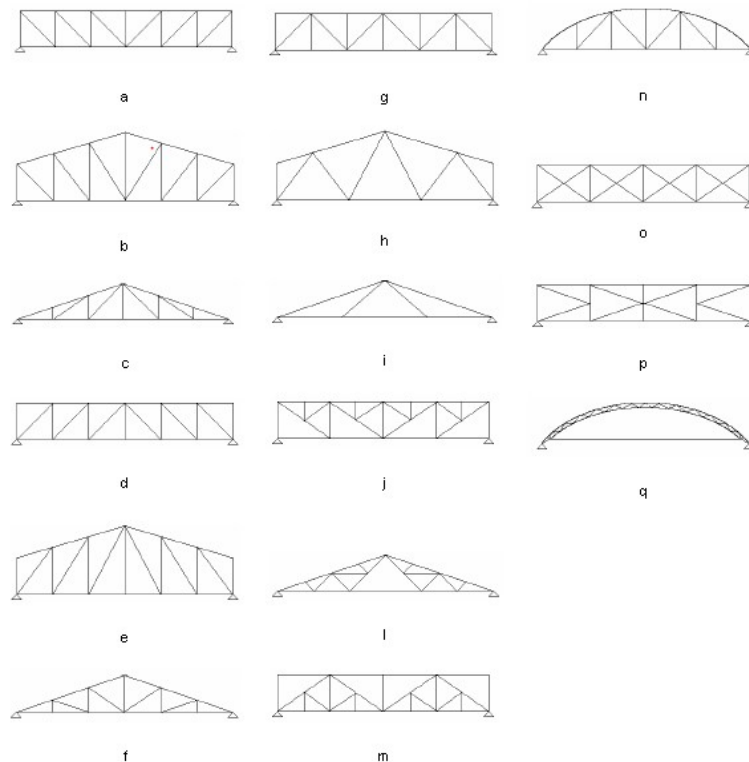
“São as vigas principais da estrutura, recebem as cargas devidas ao material de cobrimento, peso próprio das terças, vento e eventuais sobrecargas suspensas.” (QUINONES, 2006).

Segundo Bellei, 1998, a utilização de tesouras, é vantajosa devido a relação peso da estrutura de aço por unidade de área ser baixa, tornando a estrutura mais barata que outras tipologias.

Para vãos que não são suportados pelas tesouras, faz-se uso das treliças inclinadas, por vencerem vãos maiores com inclinações inferiores as necessárias pelas tesouras (BELLEI, 1998).

“O sistema de diagonais e montantes principais e secundários é elaborado normalmente de modo que as cargas transmitidas pelas terças e por dispositivos de apoio de equipamentos e utilidades estejam aplicadas apenas nos nós das treliças e que, assim, todas as peças sejam submetidas apenas a esforços normais.” (FRUCHTENGARTEN, 1994).

Assim, a escolha do tipo de cobertura deve ser cuidadosamente pensada em função dos esforços que incidirão sobre ela. A Figura 24 apresenta alguns exemplos de arranjos internos de treliças e tesouras.



**Figura 24: Arranjos de treliças.(a) treliça “Pratt”, (b) treliça trapezoidal “Pratt”, (c) treliça triangular “Pratt”, (d) treliça “Howe”, (e) treliça trapezoidal, (f) treliça triangular “Howe”, (g) treliça “Warren”, (h) treliça trapezoidal “Warren”, (i) treliça triangular “Fink”, (j) treliça com painéis subdivididos por diagonais e montantes secundários, (l) treliça triangular com painéis subdivididos por diagonais e montantes secundários, (m) treliça suportada pelo banzo inferior, (n) treliça em arco, (o) treliça em “x”, (p) treliça em “k”, (q) arco atirantado.
Fonte: FRUCHTENGARTEN (1994).**

2.5.3.2. Terças

As Terças são elementos da cobertura posicionadas sobre as treliças, e tem a finalidade de apoiar as telhas. Estas devem suportar, além do peso das telhas e seu próprio peso, as cargas acidentais decorrentes do vento, chuva, poeira, entre outros. Normalmente, são constituídas por perfis laminados U ou I, ou perfis de chapa dobrada (figura 25) (BELLEI, 1998).

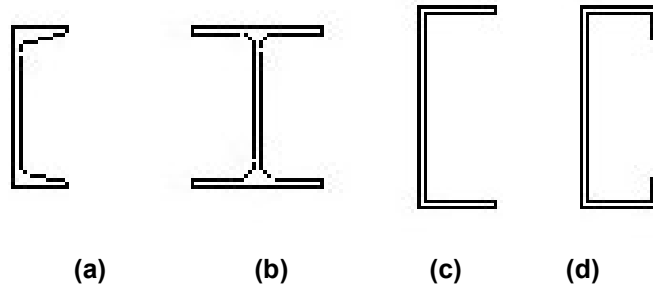


Figura 25: (a) perfil laminado U, (b) Perfil laminado I, (c) perfil de chapa dobrada U, (d) perfil de chapa dobrada U enrijecido.
Fonte: METALICA (2016)

2.5.4. Contraventamento

O contraventamento é um elemento estrutural que impede que a estrutura se movimente. Ele é de grande importância nas estruturas metálicas por estas serem bastante esbeltas e poderem sofrer deformações, principalmente na fase de montagem. O travamento da estrutura deve ser feito de modo a garantir a estabilidade em todas as direções, e deve ocorrer nos planos horizontal e vertical (REBELLO, 2007).

O contraventamento horizontal tem como função assegurar a estabilidade da cobertura, desde a montagem até o período de vida útil da mesma, e garantir a distribuição uniforme das cargas de vento por toda a estrutura da cobertura. Segundo Bellei (1998), são várias as formas de distribuição do contraventamento na cobertura, em função da tipologia da cobertura. A figura 26 (a) ilustra alguns exemplos desta distribuição. Segundo Rebello (2007), para que o contraventamento horizontal seja efetivo, o vão entre eles não deve ser superior a 25m.

O contraventamento vertical, Figura 26 (b) é usado para garantir a estabilidade da estrutura, e para transmitir, para a fundação, as cargas horizontais que atuam na estrutura (BELLEI, 1998).

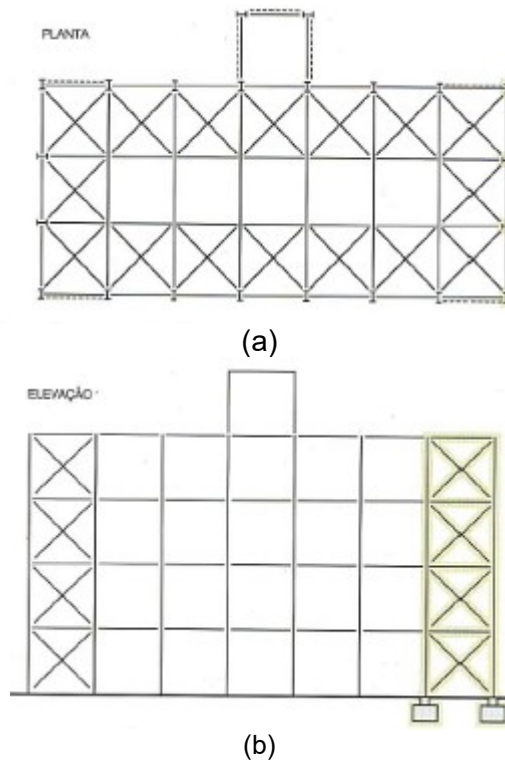


Figura 26: (a) Contraventamento Horizontal, (b) Contraventamento vertical.
Fonte: BELLEI (1998).

2.5.5. Ligações Metálicas

“Ligação é a união entre dois membros ou peças em qualquer tipo de estrutura e em especial nas estruturas de aço e é de fundamental importância pelo que representa à segurança da construção.” (BELLEI, 2008).

Segundo Bellei (2008), entre os diversos tipos de ligações existentes para estruturas metálicas, os mais usados na construção civil são: ligação viga com viga (figura 27); ligação viga com pilar (figura 28), emendas de pilar (figura 29) e ligações pilar com fundações (figura 30).

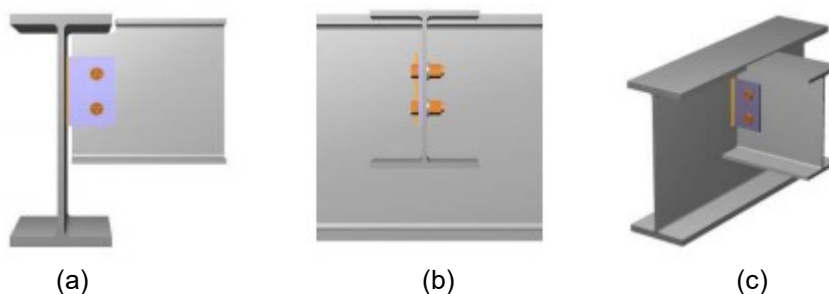


Figura 27: Ligação Viga com Viga – (a) Vista Lateral, (b) Vista Frontal, (c) Perspectiva.
Fonte: MARCON (2012).

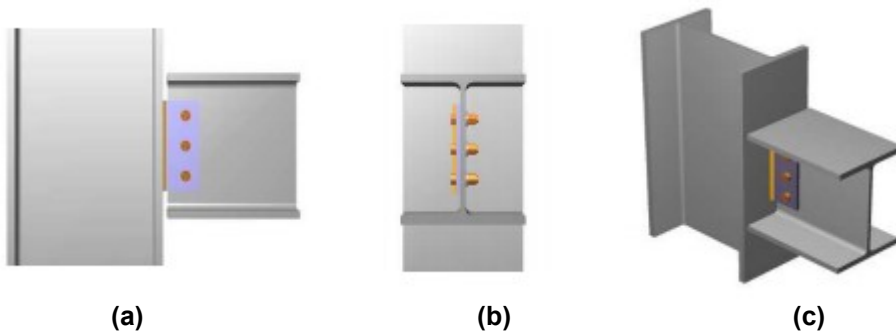


Figura 28: Ligação Viga com Pilar – (a) Vista Lateral, (b) Vista Frontal, (c) Perspectiva.
Fonte: MARCON (2012).

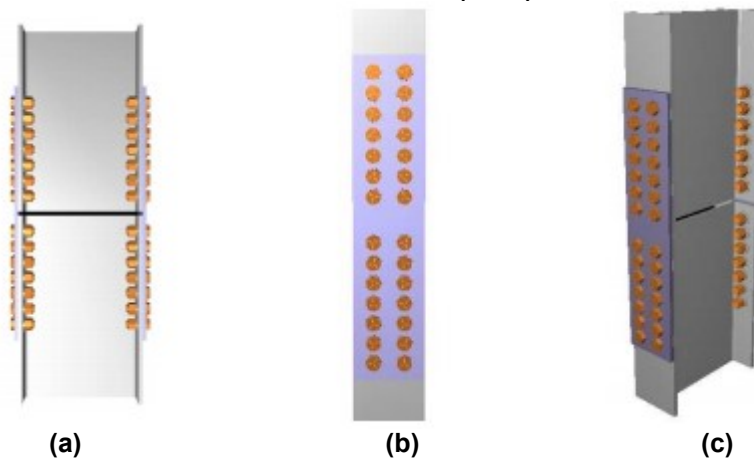


Figura 29: Emenda de Pilar – (a) Vista Lateral, (b) Vista Frontal, (c) Perspectiva.
Fonte: MARCON (2012).

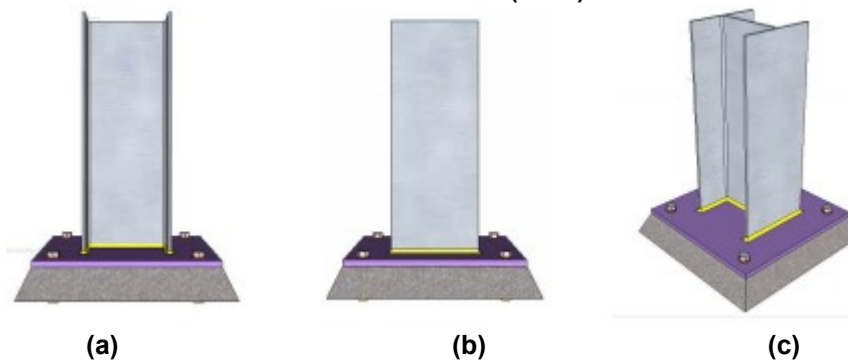


Figura 30: Ligação Pilar com Fundação – (a) Vista Lateral, (b) Vista Frontal, (c) Perspectiva.
Fonte: MARCON (2012).

O seu dimensionamento deve ser pensado em função da rigidez e dos esforços solicitantes das peças, (CBCA, 2010). As ligações das estruturas podem ser rígidas, semirrígidas ou flexíveis, em função da rotação e deslocamento que são capazes de impedir. A Figura 31 mostra o comportamento do diagrama momento x rotação para as ligações rígida e flexível, onde pode-se perceber a diferença de resistência ao momento entre esses dois tipos de ligações. E, os esforços atuantes podem ser de tração, compressão e cisalhamento (centrado ou excêntrico).

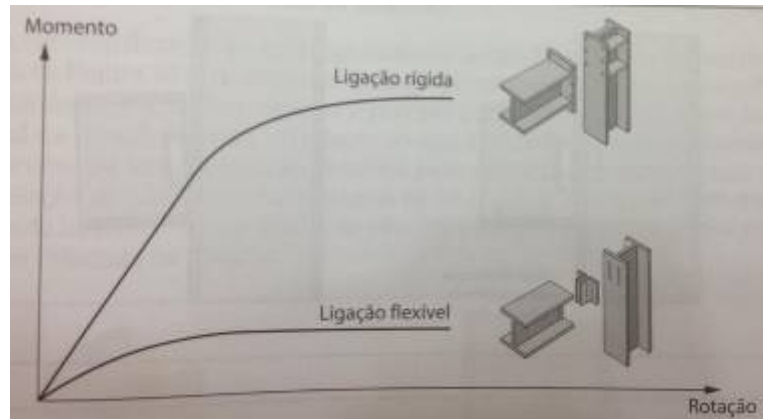


Figura 31: Ligações rígida e flexível.
Fonte: SILVA (2010).

Quanto à forma de execução podem ser parafusadas, soldadas ou mistas e seu dimensionamento pode influenciar significativamente no custo da obra (SILVA, 2010).

2.5.5.1. Ligações parafusadas

Segundo Silva (2010), “as ligações rebitadas deixaram de ser utilizadas há anos, em razão de: utilização de mão de obra especializada, instalação lenta, pequena capacidade resistente e com grande variabilidade e dificuldade para inspeção.”

Até 1969, era comum o uso de rebites na execução das ligações metálicas, mas estes foram substituídos pelos parafusos, por serem mais vantajosos que os primeiros (BELLEI, 2008).

Segundo Bellei (2008), as vantagens de utilização da ligação parafusada são:

- Rapidez na fabricação das peças;
- Rapidez da execução das ligações em campo;
- Pouco uso de energia elétrica na execução;
- Necessidade de dois funcionários apenas, com pouca qualificação;
- Melhor resposta às tensões de fadiga.

Por outro lado, apresenta as seguintes desvantagens:

- É necessária a verificação da área líquida e o esmagamento das peças;
- Necessita-se de uma previsão antecipada do quantitativo de parafusos;
- Necessidade de pré-montagem para correta execução dos furos nas peças;
- Dificuldade em fazer modificações e correções na montagem.

2.5.5.2. Ligações soldadas

“A soldagem é a técnica de unir duas ou mais partes constitutivas de um todo, assegurando entre elas a continuidade do material e em consequência suas características mecânicas e químicas bem como os esforços a que ela está sujeita.” (BELLEI, 2008).

Existem diversos tipos de processos de soldagem no mercado, sendo os mais usuais para as ligações em estruturas metálicas o arco submerso, o manual e o eletro soldado.

Bellei (2008), define as vantagens deste tipo de ligação como:

- Economia de material, em relação às ligações metálicas parafusadas;
- Ligação mais rígida;
- Facilidade na execução de alterações e correção de erros nas peças durante a execução da estrutura;
- Uso de menor quantidade de peças metálicas.

Quanto às desvantagens, tem-se:

- Redução do comprimento da solda, ao longo do tempo, devido aos efeitos de retração;
- Uso elevado de energia elétrica;
- Baixa resposta as tensões de fadiga;
- Maior tempo de montagem.

2.5.5.3. Ligações mistas

As ligações mistas são uma combinação de solda e parafusos, e mostram-se economicamente viável quando usadas para conter os momentos.

As vantagens da utilização das ligações mistas são, segundo Bellei (2008):

- Rapidez na execução e maior segurança na hora da soldagem das peças;
- Menor custo decorrente de soldas

Porém, a maior desvantagem é a necessidade de maior cuidado na fabricação das peças, pois uma parte será soldada, e outra parafusada.

2.5.6. Fechamento

Segundo Dias (1997), os fechamentos são divididos em dois tipos: alvenarias e painéis, figura 32. Esses elementos têm função exclusivamente de vedação, e não tem resistência para suportar as cargas atuantes na estrutura.



(a)

(b)

Figura 32: (a) Execução de alvenaria na estrutura metálica. (b) Montagem de painéis pré-moldados.

Fonte: DIAS (1998).

2.5.6.1. Vedação em alvenaria

No Brasil, o sistema de fechamento com alvenaria, ainda é o sistema mais utilizado nos canteiros de obras, porém, este sistema em combinação com a estrutura metálica pode não ser a tipologia mais eficiente no quesito racionalização (SILVA, 2004).

As alvenarias “são constituídas por elementos pré-industrializados, como tijolos maciços de barro cozido, tijolos laminados, blocos cerâmicos, blocos de concreto, blocos de concreto celular, etc, unidos entre si por juntas de argamassa.” (DIAS, 1998).

A figura 33 ilustra alguns exemplos de blocos e tijolos utilizados na execução das alvenarias.

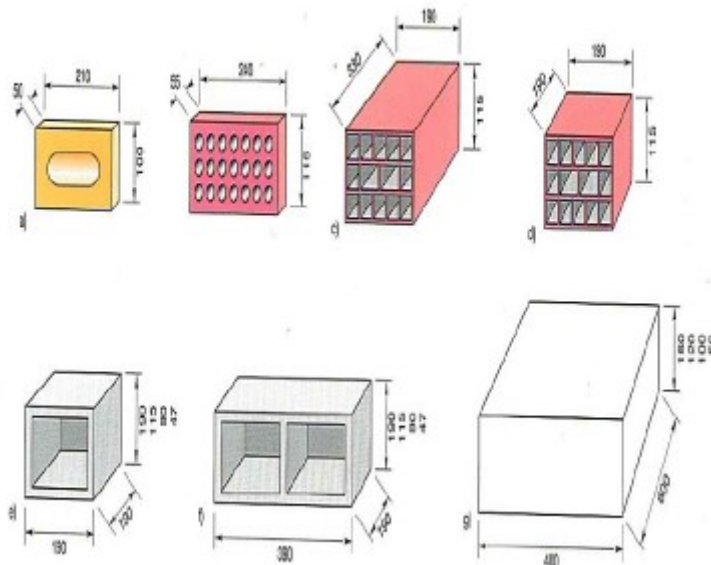


Figura 33: Tipologias de fechamento em alvenaria. (a) Tijolo maciço, (b) Tijolo laminado de 21 furos, (c) Bloco cerâmico, (d) ½ bloco cerâmico vazado, (e) ½ bloco de concreto, (f) Bloco inteiro de concreto, (g) Bloco de concreto celular.

Fonte: DIAS (1998).

Para evitar que ocorram fissuras é necessária a execução de juntas com material flexível como cortiça, isopor ou poliestireno, entre os elementos de aço e as paredes de alvenaria. Além disso, a última fiada de todos os pavimentos deve ser finalizada após toda a estrutura já ter recebido o carregamento previsto, assim evitando que os elementos metálicos deformem e danifiquem a alvenaria (DIAS, 1998).

2.5.6.2. Vedação com painéis pré-fabricados

As vedações pré-fabricadas podem ser com painéis em madeira, formados por madeiras maciças revestidas por placas compostas por madeira compensada; painéis de gesso, que podem ser alveolares ou placas de *Dry Wall*; painel de poliestireno expandido, composto por um “sanduiche” de poliestireno, com espessura variada, revestido por malhas de aço e argamassa projetada; painéis de concreto, ou ainda, em painéis metálicos (SOUZA, 1992 apud KRUGER, 2000 e DIAS, 1997).

As placas alveolares se caracterizam por possuir cavidades tubulares em seu interior e entre as vantagens destaca-se a possibilidade de passar as fiações e tubulações em seu interior, auxiliar no isolamento termo acústico e a capacidade de vencer grandes vãos sem a necessidade de apoios (KRUGER, 2000).

As paredes de *Dry Wall* também chamadas de painel de gesso acartonado, “compreendem uma ou mais placas de gesso – compostas de um miolo de gesso revestido na parte externa com um cartão especial – aparafusadas em estruturas de perfis de aço galvanizado.” As vantagens são: leveza, rapidez na execução, limpeza do canteiro de obras, possibilidade de passar as instalações hidráulicas e elétricas, possibilidade de trabalhar como isolante térmico e acústico (DIAS, 1997).

Os painéis de poliestireno expando funcionam como isolantes térmico e sua capacidade de proporcionar conforto térmico varia em função da sua espessura e massa específica (KRUGER, 2000).

2.6. TIPOS DE ESTRUTURAS EM AÇO

Para DIAS (1997 apud QUIÑONES, 2006) as estruturas metálicas podem ser classificadas como:

- Estruturas de edifícios de múltiplos andares;
- Estruturas de galpões;
- Estruturas de obras de arte;
- Estruturas reticuladas;

- Estruturas tubulares;
- Estruturas espaciais;
- Estruturas de armazenagem;
- Estruturas estaiadas ou tencionadas;

2.6.1. Estruturas de edifícios de múltiplos andares

Os edifícios de múltiplos andares, figura 34, são aqueles que possuem mais de um andar, sendo denominados de pequeno e médio porte se possuem até 30 pavimentos (SILVA, 2015).



**Figura 34: Estrutura edifício de múltiplos andares em aço.
Fonte: ALUFER (2015).**

As estruturas de um edifício tem como função a distribuição das cargas atuantes, para as fundações. Quando se está pensando no sistema estrutural de um edifício de múltiplos andares, vários fatores devem ser considerados, tais como, compatibilização dos materiais a serem usados, melhor adequação dos elementos estruturais no projeto, e melhor aproveitamento das propriedades físicas e mecânicas de cada material.

As estruturas metálicas devem ser consideradas principalmente quando se tem a necessidade de grandes vãos, altura do edifício elevada, rapidez na execução da obra, e modulação da estrutura.

“A construção em aço de edifícios de andares múltiplos, com finalidades diversas, vem sendo cada vez mais utilizada no país” (BELLEI, 2011), porém, o uso desta tipologia, ainda é bastante restrita.

Os perfis mais utilizados para este tipo de estrutura são os perfis soldados que apesar do custo elevado, apresentam grande resistência. As seções utilizadas serão da série VC, CVS e CS, de acordo com a posição na estrutura e o dimensionamento dos perfis.

As vigas utilizadas nos edifícios de múltiplos andares podem ser treliçadas ou de alma cheia, conforme a carga a que estão sujeitas. Para os pilares, são necessários perfis de alma cheia, devido ao carregamento elevado a que estão sujeitos.

2.6.2. Estruturas de galpões

“Estima-se que atualmente a maior parte das construções em aço no Brasil seja de estruturas simples, como as coberturas e as estruturas de um único pavimento.” (PINHO, 2014).

Essas estruturas, figura 35, são em sua grande maioria galpões, formados por um conjunto de pórticos simples espaçados, que possibilitam a execução de grandes vãos livres no interior das edificações, e se distribuem em um único pavimento (NOGUEIRA, 2009).



Figura 35: Estrutura de Galpão em aço.
Fonte: METALCON (2015).

Os perfis utilizados em galpões variam conforme a tipologia dos elementos estruturais utilizados, e de suas dimensões. Para a cobertura, é mais frequente o uso de perfis formados a frio, sendo utilizados perfis U ou U enrijecido para as terças e cantoneiras para a construção das treliças. As vigas, quando sujeitas apenas aos esforços provenientes da cobertura, são treliçadas e utilizam-se seções U ou cantoneiras para a sua montagem; quando estão sujeitas a esforços extras, como no caso de uma ponte rolante, é necessária a utilização de perfis de alma cheia de seção I. Para os pilares, utilizam-se colunas treliçadas quando estes recebem poucos esforços ou perfis H de alma cheia quando os esforços são elevados.

2.6.3. Estruturas de obras de arte

As estruturas de obra de arte em aço são as pontes e os viadutos. Para a concepção destes, deve-se analisar as diversas características de cada projeto, tais como: vão a ser vencido, facilidade de fabricação e montagem, e estética.

Segundo Bellei (2007), entre as tipologias estruturais de pontes e viadutos pode-se citar:

- Vigas de alma cheia
- Treliças
- Vigas em caixão
- Pórticos
- Arcos
- Vigas mistas
- Suspensas por cabos

A figura 36 ilustra um exemplo de uma ponte em arco.



**Figura 36: Ponte em arco da baía de Sydney.
Fonte: MY WORLD AT YOUR FINGERTIPS (2015).**

2.6.4. Estruturas reticuladas

Para Freitas (2015), as estruturas reticuladas são estruturas planas ou espaciais, formadas por um conjunto de elementos lineares. Elas se caracterizam por resistirem aos esforços de forma conjunta, permitindo assim que estes possam ser aplicados em qualquer direção.

Essas estruturas podem ser:

- Treliças;
- Vigas;
- Pórticos;
- Grelhas;

A figura 37 ilustra um exemplo de uma estrutura reticulada treliçada.



**Figura 37: Estrutura metálica reticulada.
Fonte: AGÊNCIA DE NOTÍCIAS (2016)**

2.6.5. Estruturas tubulares

São elementos formados por perfis circulares, figura 38, quadrados e retangulares. Entre as vantagens desta tipologia estão a resistência a compressão, tração e torção, e bom desempenho em caso de incêndios. A utilização no Brasil ainda é limitada, principalmente devido as dificuldades de fabricação dos perfis. (GERKEN, 2003).



**Figura 38: Jay Pritzker Pavilion – Chicago – USA - Estrutura Tubular.
Fonte: PORTAL METÁLICA CONSTRUÇÃO CIVIL (2015).**

2.6.6. Estruturas espaciais

Nas estruturas espaciais, figura 39, os elementos que a compõem, estão localizados em diferentes planos, sendo assim caracterizada como uma estrutura tridimensional. Essa tipologia é utilizada em cobertura onde são necessários elementos rígidos, que sejam capazes de suportar grandes vãos, mas que seja leve. (SOUZA, 2005).



Figura 39: Estrutura espacial
Fonte: METALFERRO (2015).

2.6.7. Estruturas de armazenagem

São grandes estruturas cilíndricas, utilizadas em silos, Figura 40, e tanques de armazenamento. Esta estrutura é muito utilizada em todo o Brasil, porém não existem normas próprias para esta tipologia, assim, o dimensionamento é feito a partir de normas estrangeiras (SCALABRIN, 2008).



Figura 40: Silos de armazenamento
Fonte: SCALABRIN (2008).

2.6.8. Estruturas estaiadas ou tencionadas

Esta tipologia é caracterizada pela utilização de cabos tracionados que sustentam o restante da estrutura. Esta tipologia é bastante utilizada em pontes, onde existe a necessidade de traspor grandes vãos, figura 41 (PINHO, 2005).



**Figura 41: Ponte estaiada Alamillo - Sevilha, Espanha.
Fonte: GRUPO METÁLICA (2015)**

3. APRESENTAÇÃO DA OBRA

A obra, objeto do estudo de caso, figura 42, está localizada na Rua Dom Pedro II, no centro de São Lourenço do Oeste -SC. O edifício foi construído para abrigar a sede do SICOOB Noroeste, devido a necessidade de um espaço maior para seus serviços. Sua obra teve duração de 10 meses, tendo início no final do ano de 2013 e a estrutura foi executada em aproximadamente 120 dias, segundo o diretor Gilmar Aristeu Bazzo.



Figura 42: Edifício SICOOB Noroeste.
Fonte: METALCON (2016).

Trata-se de uma obra de 3.400,00 m², de quatro pavimentos, executada em estrutura metálica, com fundações com estacas pré-moldadas de concreto armado e com fechamento externo em painéis metálicos termo isolantes, alvenaria e cortina de vidro e divisões internas em paredes de gesso acartonado.

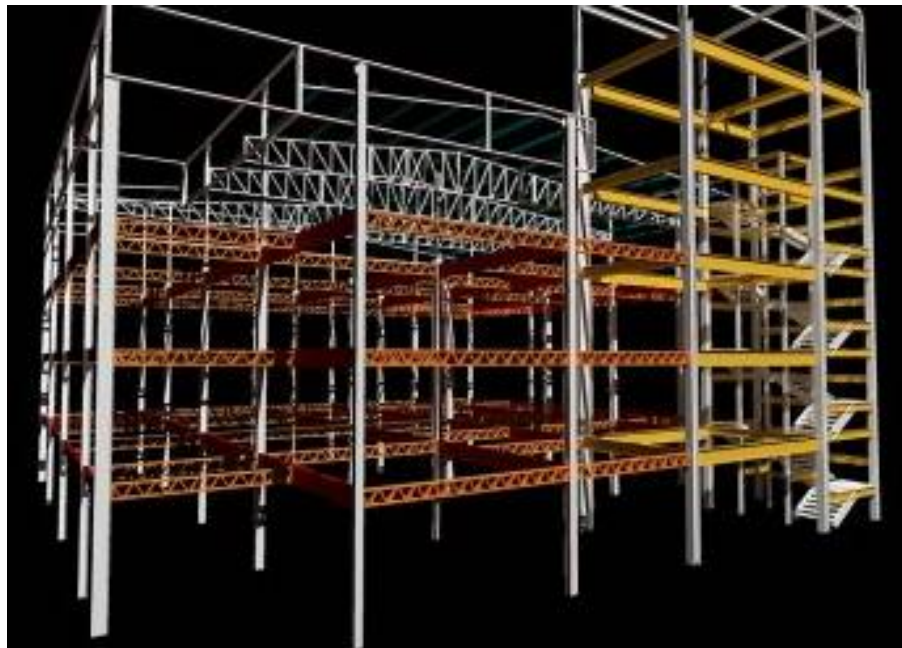
Para a execução da obra várias empresas foram envolvidas, entre elas a Bragaglia arquitetos projetos e construções LTDA na elaboração dos projetos

arquitetônicos, a empresa MTL Estruturas Metálicas LTDA (METALCON) na execução e elaboração dos projetos de estrutura metálica, a vidraçaria São Lourenço com serviços de fachada e vidros e a Construtora Pandini, nos demais serviços.

Segundo Gilmar Aristeu Bazzo - Diretor Executivo do SICOOB NOROESTE, a escolha da estrutura metálica para o edifício se deu devido a redução do risco de acidentes na obra; baixo consumo de água, energia e materiais de construção; sustentabilidade; rapidez na execução; baixo custo de manutenção e para criar um edifício inovador.

3.1. ELEMENTOS ESTRUTURAIS

A figura 43 mostra a trama estrutural do edifício do SICOOB Noroeste. É possível perceber a utilização de vigas treliçadas (cor laranja) e de alma cheia (cor amarela), pilares com perfis de alma cheia, treliças da cobertura e estrutura da escada.



**Figura 43: Estrutura edifício SICOOB Noroeste.
Fonte: METALCON (2016).**

3.1.1. Laje

Segundo a NBR 6118 (2014), em seu item 14.7.7 “Lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos está localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte” O material inerte, tem função de preenchimento das lajes, e não contribui com o acréscimo de resistência da laje nervurada. A Figura 44 apresenta um esquema desse tipo de laje, onde: b_e é a largura e h_e a altura do elemento de preenchimento, h_c a altura da capa de concreto, b_v a largura e h_v a altura da vigota treliçada.

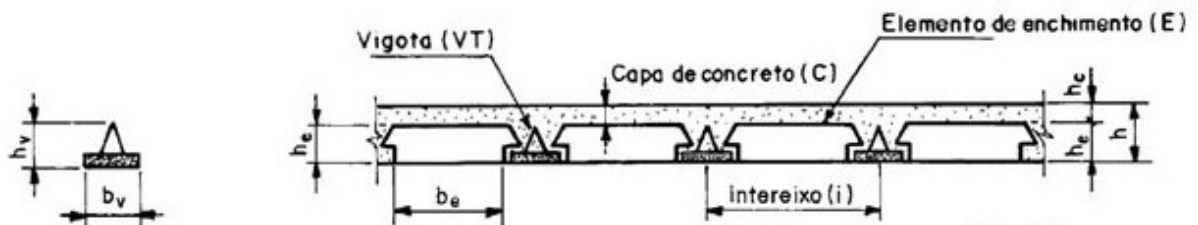


Figura 44: Laje com vigota treliçada.
Fonte: NBR 14.859 (2002).

As lajes utilizadas na obra em estudo, são lajes nervuradas pré-fabricadas com vigotas treliçadas e fechamento com isopor (EPS) do tipo H12, conforme pode ser visto na figura 45.



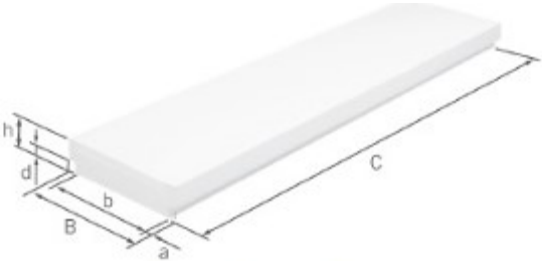
Figura 45: Laje treliçada edifício SICOOB.
Fonte: AUTOR (2013).

O uso do EPS, como material de fechamento, reduz o peso próprio da laje, e tende a reduzir o tempo de execução quando comparado a laje maciça ou com lajes treliçadas com outras formas de preenchimento, como pode ser observado na figura 46, que apresenta um comparativo entre o peso e a quantidade de homens/horas por m² para execução de lajes com fechamento em lajota cerâmica e blocos de EPS.

Tipo de laje	Lajota cerâmica		Lajota EPS	
	Peso/m ²	Horas h/m ²	Peso/m ²	Horas h/m ²
H12	56,0 kg	0,37 (pedreiro) 0,74 (servente)	1,3 kg	0,22 (pedreiro) 0,44 (servente)
H16	65,6 kg	0,40 (pedreiro) 0,80 (servente)	1,7 kg	0,24 (pedreiro) 0,48 (servente)
H20	75,0 kg	0,44 (pedreiro) 0,88 (servente)	2,2 kg	0,26 (pedreiro) 0,53 (servente)

Figura 46: Comparativo de peso e mão de obra.
Fonte: TEMOTÉCNICA (2016)

Os blocos de EPS possuem dimensões padronizadas pelos fabricantes, a figura 47 apresenta as dimensões dos blocos de EPS segundo o fabricante TERMOTÉCNICA. No projeto em estudo os blocos utilizados, possuem altura de 12 cm, largura de 40 cm, e comprimento de 125 cm.



	h	B	C	b	a	d
Unidirecional	≥7,0	33,0	125,0	29,4	1,8	2,8
	≥7,0	40,0	125,0	36,4	1,8	2,8
Unidirecional maciça	7,0	40,0	120,0	37,0	1,5	3,0
	8,0	40,0	120,0	37,0	1,5	3,0

medidas em cm

Figura 47: Dimensão das peças de EPS.
Fonte: TEMOTÉCNICA (2016)

Segundo a NBR 14.859 (2002), a altura da laje, é determinada em função da altura do elemento de preenchimento. Na tabela 1, pode-se notar que a altura da laje com preenchimento de 12 cm, corresponde a altura total de 16 cm ou 17 cm. A referida norma ainda determina que a espessura mínima da capa de concreto para

lajes com altura total de 12 a 24 cm é de 4 cm. A altura da laje utilizada no projeto foi de 16 cm, sendo assim, a capa de concreto utilizada é de 4 cm.

Tabela 1 - Dimensão altura total da laje

Altura do elemento de enchimento (h_e)	Altura total da laje (h)
7,0	10,0 ; 11,0 ; 12,0
8,0	11,0 ; 12,0 ; 13,0
10,0	14,0 ; 15,0
12,0	16,0 ; 17,0
16,0	20,0 ; 21,0
20,0	24,0 ; 25,0
24,0	29,0 ; 30,0
29,0	34,0 ; 35,0

Fonte: NBR 14.859 (2002)

As lajes foram posicionadas unidirecionalmente, praticamente todas no mesmo sentido, sendo preponderante o de menor vão. Somente a laje próxima ao poço do elevador que teve seu sentido alterado em relação as outras lajes da obra, porem também descarregando no sentido do menor vão, como pode ser observada na Figura 48, que mostra a planta de forma das lajes do pavimento térreo. Os vãos, no sentido das vigotas, variaram de 4,65 m a 6,32 m

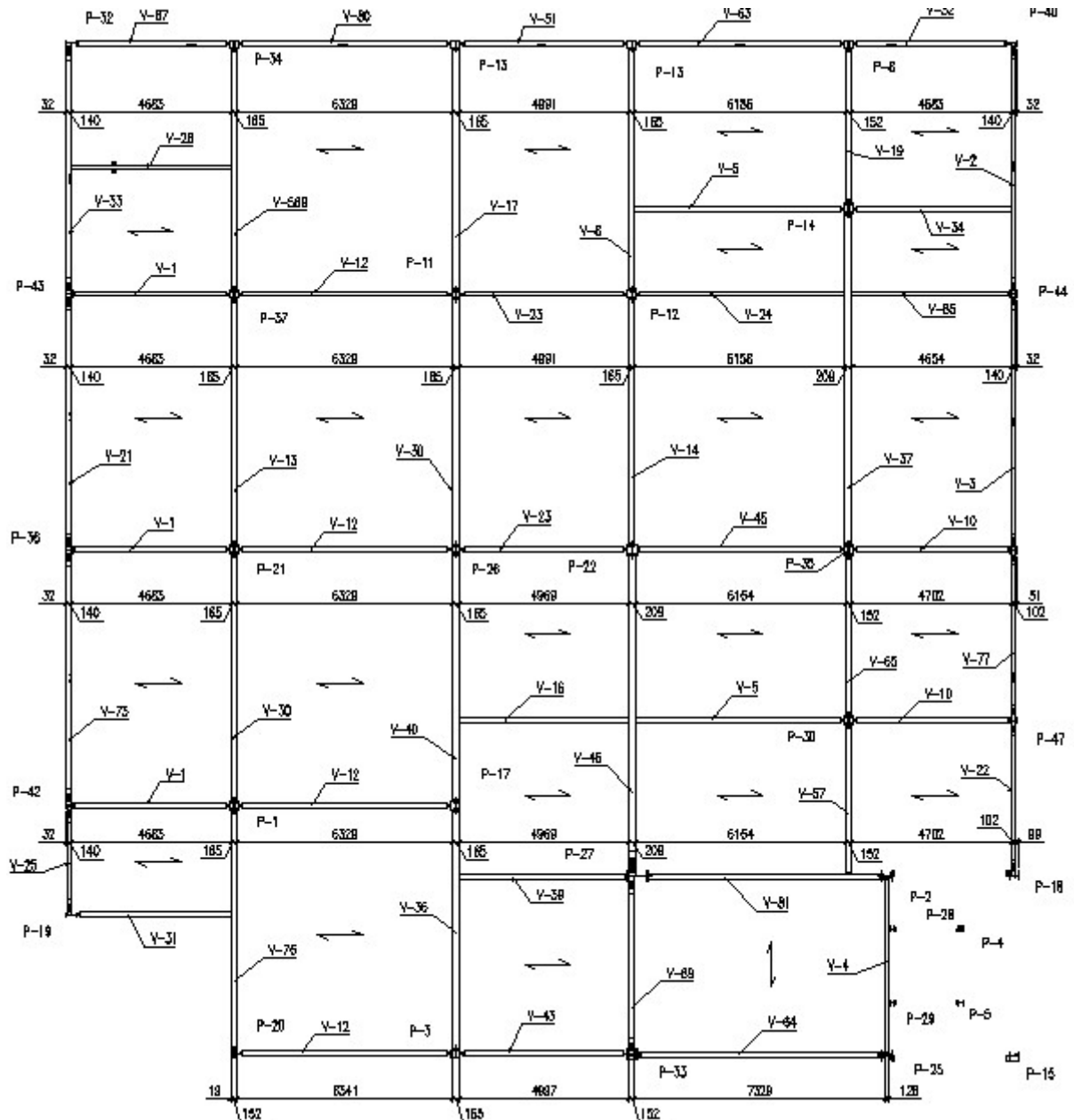


Figura 48: planta de forma das lajes do pavimento térreo

Fonte: METALCON (2016).

Segundo a NBR 14.931 (2004) “O escoramento deve ser projetado de modo a não sofrer, sob a ação de seu próprio peso, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da estrutura de concreto, deformações prejudiciais ao formato da estrutura ou que possam causar esforços não previstos no concreto”.

Assim, os fabricantes das lajes determinam os vãos livres permitidos para cada tipologia de laje, em função das dimensões das mesmas. Para as lajes pré-fabricadas, o espaçamento entre as linhas de escora é determinado em função do tamanho das treliças da laje, como pode ser visto na figura 49. No edifício em

estudo, utilizou-se treliças STE 12 com altura da laje de 16 cm, sendo assim, o vão livre recomendado entre as linhas de escora é de 1,20 m.

Alturas padronizadas das lajes	13 cm	14 cm	16 cm	18 cm	21 cm	24 cm	25 cm	30 cm
Treliças	Vãos livres padronizados entre linhas de escoramento (m)							
STE 8	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-
STE 12	-	-	1,20	1,20	-	-	-	-
STE 16	-	-	-	-	1,20	-	-	-
STE 20	-	-	-	-	-	1,20	1,20	-
STE 25	-	-	-	-	-	-	-	1,30

Figura 49: Espaçamento entre linhas de escoras
Fonte: PRÉ-MOLDE (2016)

Pela figura 50, nota-se que as linhas de escoramento executadas no edifício SICOOB, para sustentar as lajes do primeiro pavimento seguem as medidas especificadas pelos fabricantes.



Figura 50: Escoramento da laje pré-moldada do edifício SICOOB.
Fonte: AUTOR (2013).

3.1.2. Vigas

As vigas utilizadas no projeto, como pode ser visto nas figuras 51 e 52 são de duas tipologias, vigas de alma cheia de perfil I, e vigas treliçadas.

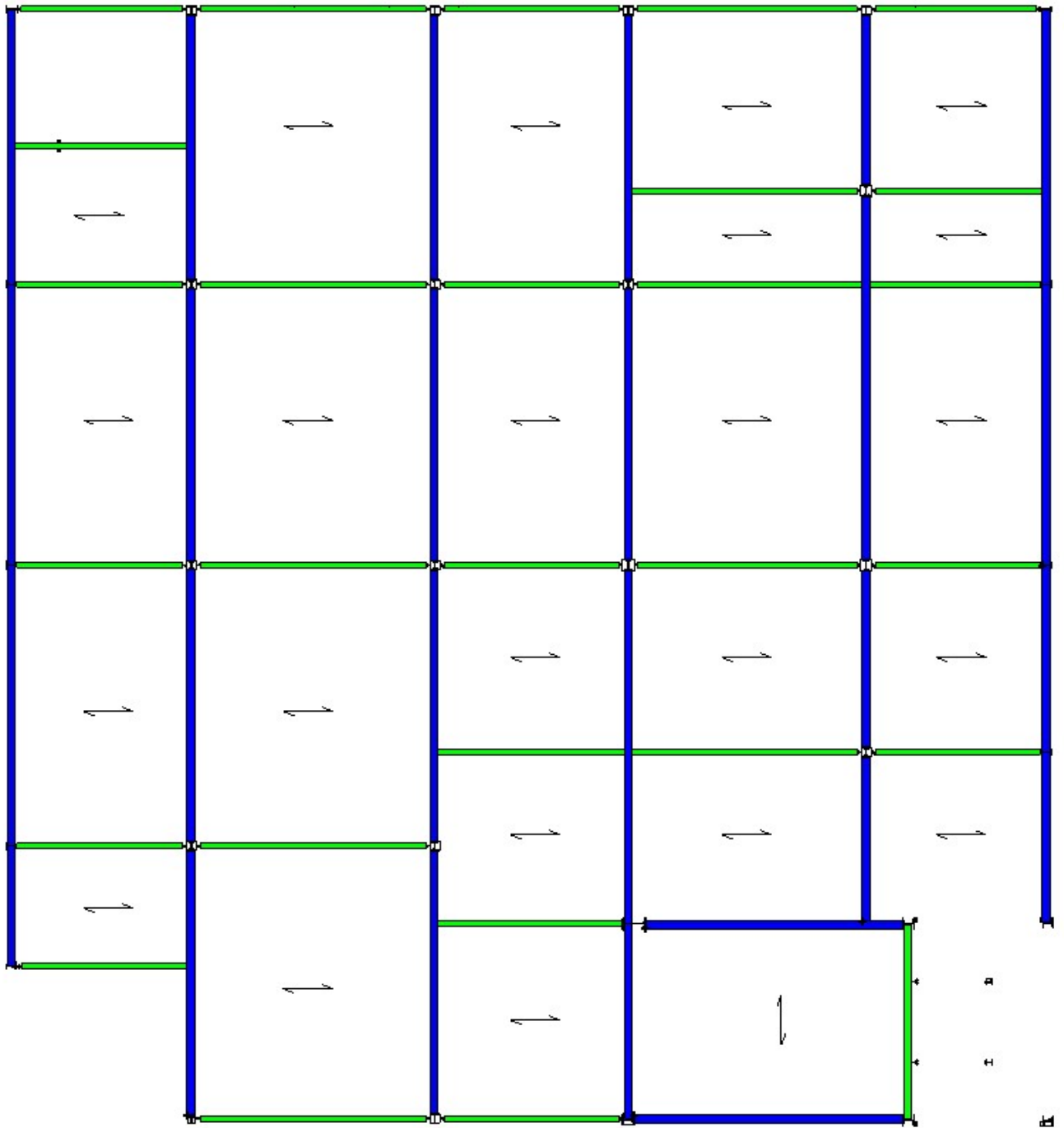


**Figura 51: Vigas perfil I de alma cheia e vigas treliçadas do edifício SICOOB.
Fonte: AUTOR (2015).**



**Figura 52: Vigas perfil I de alma cheia e perfis treliçados do edifício SICOOB.
Fonte: AUTOR (2015).**

A figura 53 ilustra a trama estrutural de vigas do pavimento tipo do edifício SICOOB, onde nota-se que as vigas são ortogonais e as lajes são bi-apoiadas, sendo assim, cargas da estrutura são descarregadas em apenas algumas das vigas.



- Vigas Primárias
- Vigas Secundárias

Figura 53: Trama estrutural das vigas do pavimento tipo do edifício SICOOB.
 Fonte: AUTOR (2016).

3.1.2.1. Vigas Secundárias

As vigas secundárias do projeto estão todas no mesmo sentido, com exceção das vigas em frente ao elevador e escadas, que se invertem, como pode ser visto na figura 54.

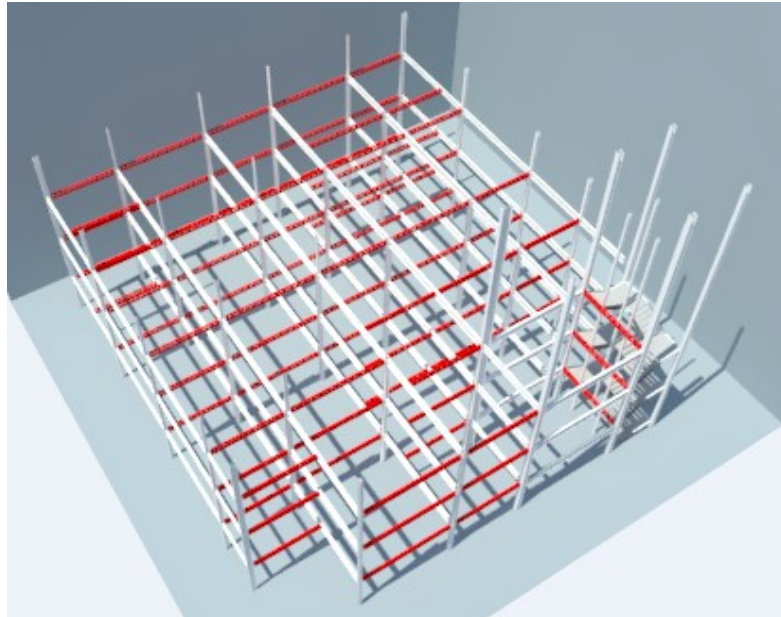


Figura 54: Vigas Secundárias do edifício SICOOB.
Fonte: AUTOR (2016).

Para as vigas secundárias, optou-se pela utilização de vigas treliçadas, com intuito de reduzir o peso próprio da estrutura.

Para estas vigas, utilizou-se perfis U 150x50 para formar as treliças, como pode ser visto na figura 55. As treliças vencem vãos que variam entre 4,65m e 6,34m com altura constante de 40 cm.

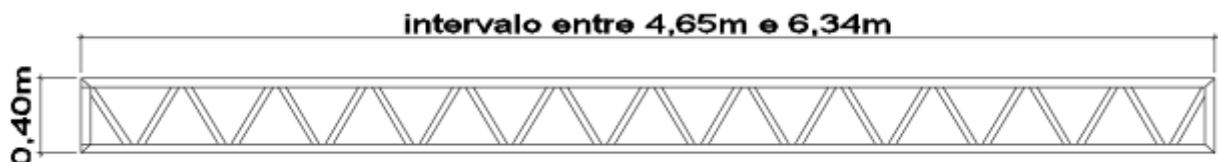


Figura 55: Desenho das vigas treliçadas do edifício SICOOB.
Fonte: METALCON (2016).

3.1.2.2. Vigas Primárias

Na figura 56, nota-se que as vigas primárias estão todas paralelas entre si, com exceção das vigas próximas ao elevador e escadas que são perpendiculares as demais.

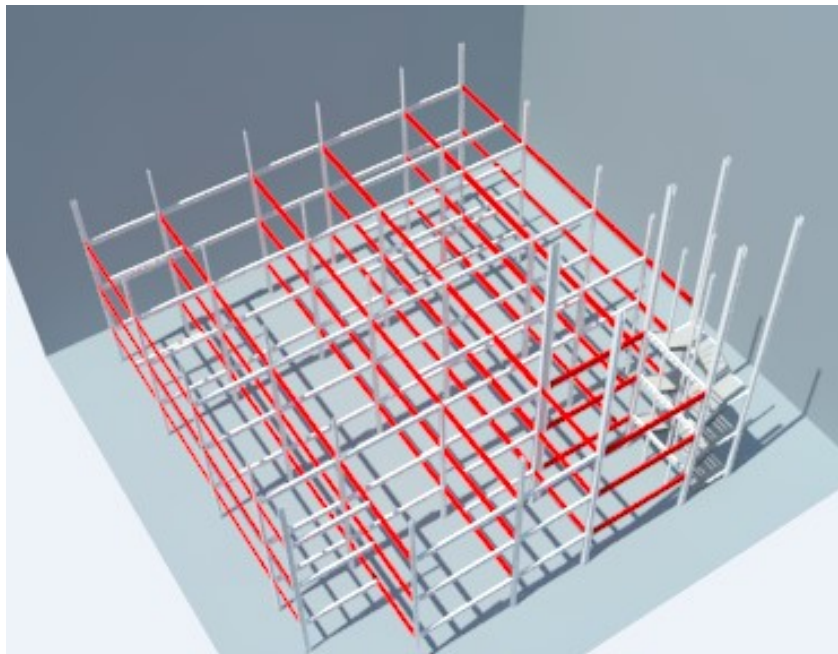


Figura 56: Vigas Primárias do edifício SICOOB.
Fonte: AUTOR (2016).

Após análise do projeto, identificou-se que para as vigas primárias, foram utilizados cinco perfis metálicos: W 360x32,9; W 410x38,8; W 460x52,0; W 530x66,0 e W 530x82,0.

Na tabela 2, são listados os intervalos de vãos vencidos por cada perfil, e a sua posição em relação ao projeto, como mostrado na figura 57 que indica as vigas do pavimento tipo e seus respectivos perfil. É possível perceber que a escolha do perfil está associada com o tamanho do vão que está vencendo: conforme aumenta-se o vão aumenta-se o tamanho do perfil utilizado na viga, com exceção do perfil W 410x38,8, que apesar de estar vencendo um vão superior a sete metros, por se encontrar na extremidade da obra, e receber carregamentos menores que as outras vigas com o mesmo vão.

Tabela 2 - Dimensão vigas primarias

Perfil	Intervalo do vão (m)	Posição
W 360x32,9	3,2	Extremidades
W 410x38,8	7,3-7,5	Extremidades
W 460x52,0	4,36 – 5,21	Vão central
W 530x66,0	6,83 – 7,25	Vão central
W 530x82,0	9,4 – 9,7	Vão central

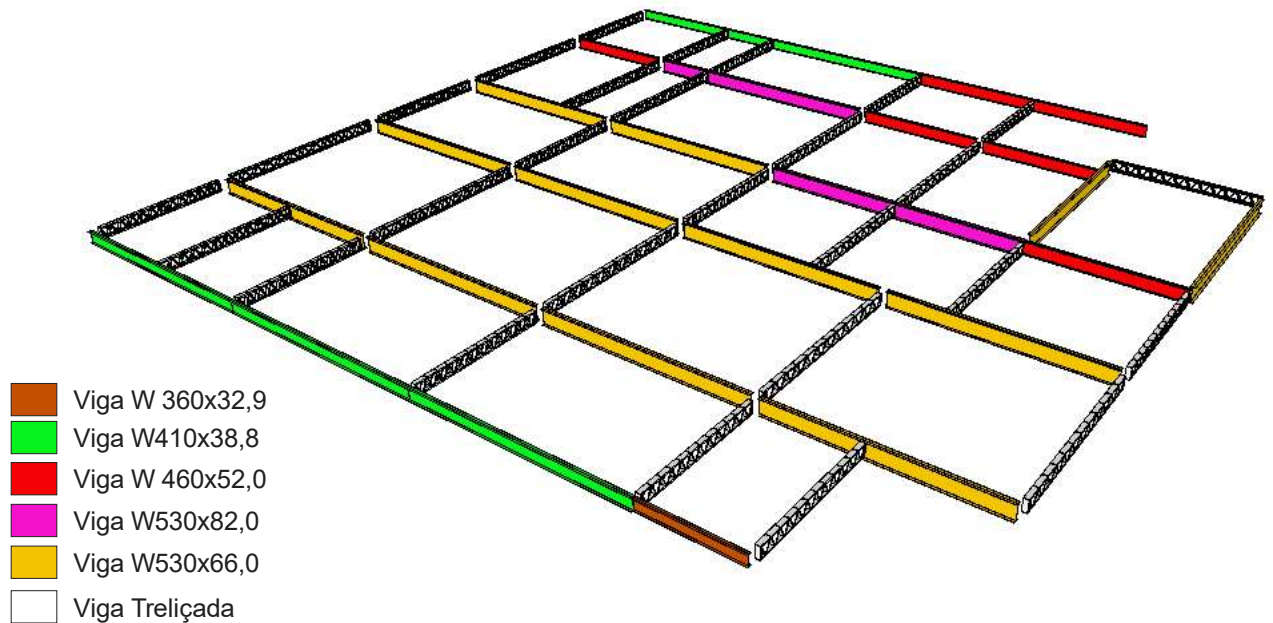


Figura 57: Esquema de vigas edifício SICOOB.
Fonte: AUTOR (2016).

Na tabela 3, estão relacionados o quantitativo de cada perfil metálico para as vigas metálicas utilizadas nos três pavimentos do edifício SICOOB, sendo o perfil mais utilizado o W 530x66,0 e o W 410x38,8, utilizados para vencer vãos de 6,83 a 7,5 m.

Tabela 3 - Quantitativo dos perfis das vigas em metros lineares

Perfil	Metragem linear (m)
W 360x32,9	9,63
W 410x38,8	111,48
W 460x52,0	85,09
W 530x66,0	256,29
W 530x82,0	57,37

3.1.2.3. Vigas Casa de Maquinas e Reservatórios

Os perfis utilizados para o reservatório e para a casa de máquinas são: W 200x26,6; W 360x32,9; W 410x38,8; W 530x66,0 e W 610x101,0 como pode ser visto na figura 58 e na tabela 4.

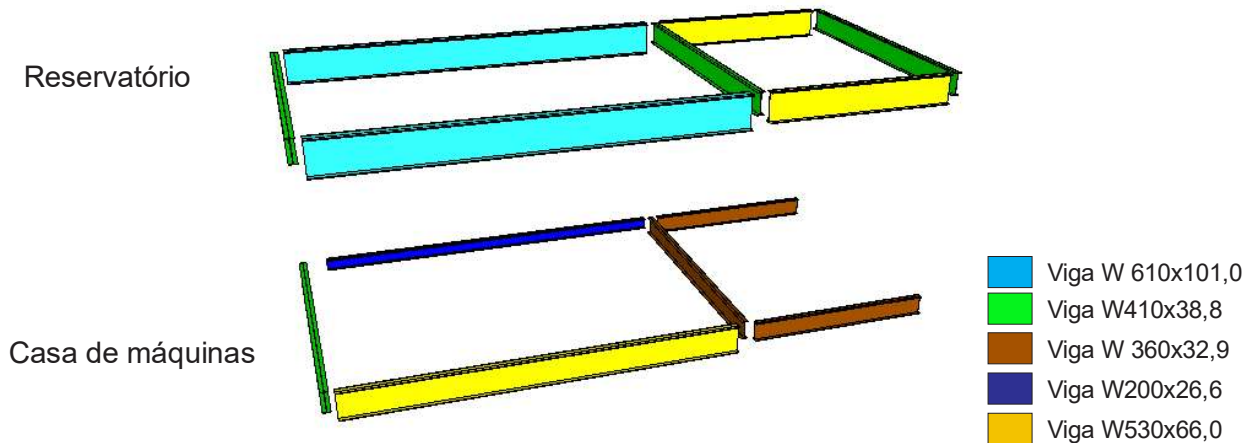


Figura 58: Esquema de vigas casa de máquinas e reservatório do edifício SICOOB.
Fonte: AUTOR (2016).

Tabela 4 - Dimensão vigas casa de máquinas e reservatório

Perfil	Intervalo do vão (m)
W200x26,6	7,2
W360x32,9	3,4-5,3
W410x38,8	5,1-5,3
W 530x66,0	7,2-7,4
W 610x101,0	7,5

A partir da tabela 5, percebe-se que para os perfis W 360x32,9; e W 530x66,0 os vãos suportados pelos perfis são superiores ao do pavimento tipo, enquanto que o perfil W410x38,8 o vão vencido é menor quando comparado aos vencidos no pavimento tipo. Isso acontece pois existe a necessidade de maior resistência e rigidez nestes pavimentos em virtude do alto carregamento a que estão sendo exigidos.

A utilização do perfil W 610x101,0, que é o maior perfil utilizado no projeto, se deu devido ao elevado carregamento proveniente do reservatório e a necessidade de vencer um vão grande.

Tabela 5 - Quantitativo dos perfis das vigas em metros lineares

Perfil	Metragem linear (m)
W 200x26,6	7,17
W 360x32,9	8,66
W 410x38,8	20,50
W 530x66,0	22,12
W 610x101,0	14,95

3.1.3. Pilares

Todos os pilares adotados na obra são formados por perfis I e H de alma cheia, como pode ser visto na figura 59.



Figura 59: Estrutura SICOOB, fase inicial.
Fonte: AUTOR (2015).

Na tabela 6, percebe-se a grande quantidade de perfis utilizados, e que suas alturas variam conforme o pavimento em que este se inicia.

Tabela 6 - lista de perfis dos pilares

Lista de Perfil	Metragem linear (m)
HP 250x62,0 (H)	71,31
HP 310x110,0 (H)	33,93
HP 310x93,0 (H)	67,14
W 150x22,5 (H)	83,18
W 200x22,5	17,25
W 200x46,1 (H)	96,42
W 250x28,4	13,8
W 250x73,0 (H)	67,86

W 250x80,0 (H)	56,07
W 310x38,7	29,52
W 360x32,9	14,76
W 610x113,0	11,07
W 610x155,0	14,76

A posição dos perfis no pavimento tipo está relacionada a rigidez da estrutura do edifício. Percebe-se, na figura 60, que os pilares das extremidades estão posicionados na forma de H no sentido do eixo x da estrutura, assim como os pilares do núcleo de elevadores e escadas. Este posicionamento impede a movimentação da estrutura no sentido de sua menor dimensão, pois o momento de inércia em torno do eixo x do perfil, ou seja, y da estrutura é superior, o que garantem sua estabilidade.

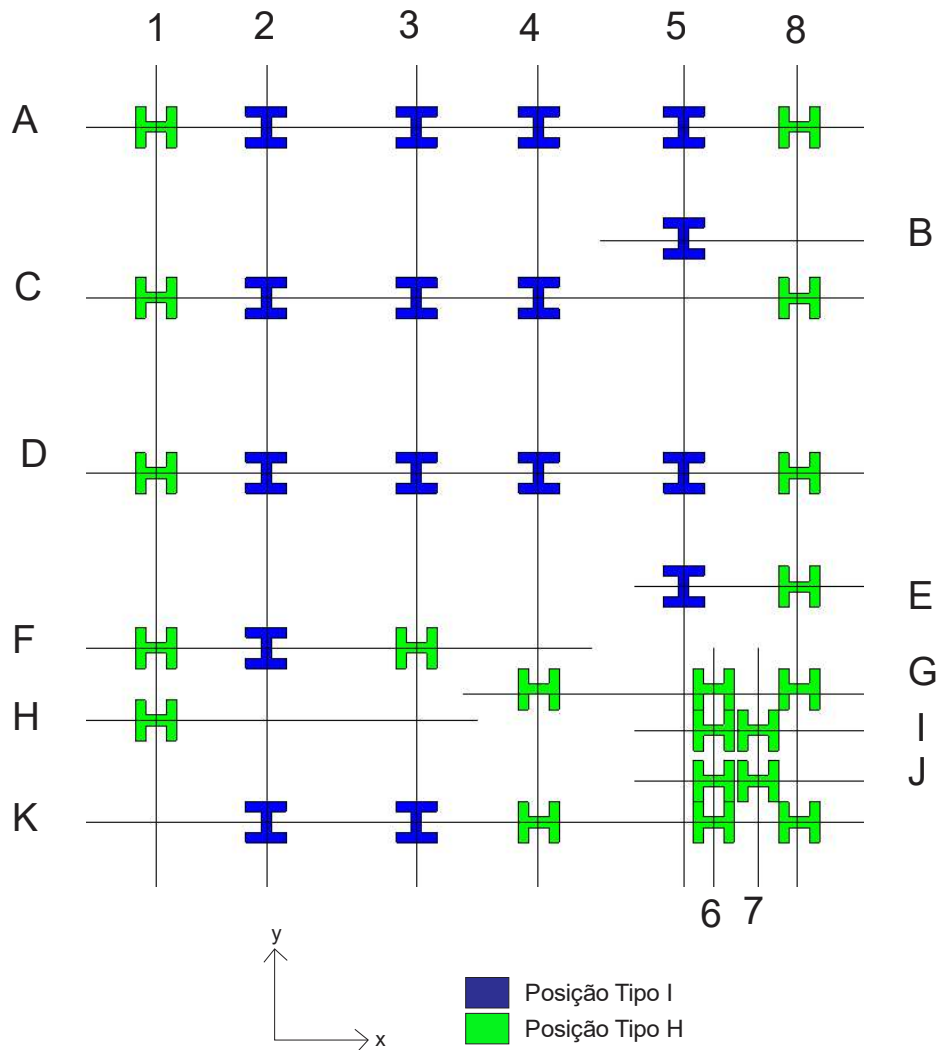


Figura 60: Posição dos pilares no pavimento tipo do edifício SICOOB..
Fonte: AUTOR (2016).

3.1.3.1. Pilares do subsolo até a cobertura

Os pilares que nascem no subsolo e vão até a cobertura, possuem altura de 14,76 m e estão localizados nas extremidades do edifício. Tem a função de receber o carregamento proveniente das lajes dos três pavimentos, da cobertura e das platibandas (figura 61 e 62).

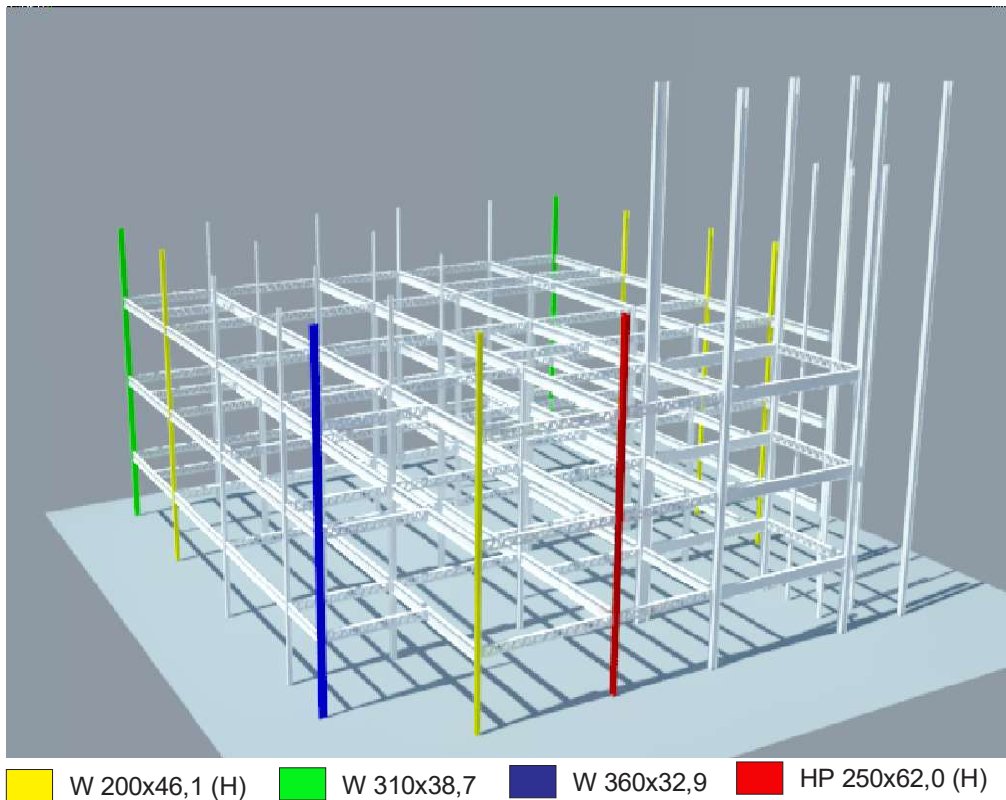


Figura 61: Posição dos pilares que vão do subsolo até a cobertura do edifício SICOOB.

Fonte: AUTOR (2016).

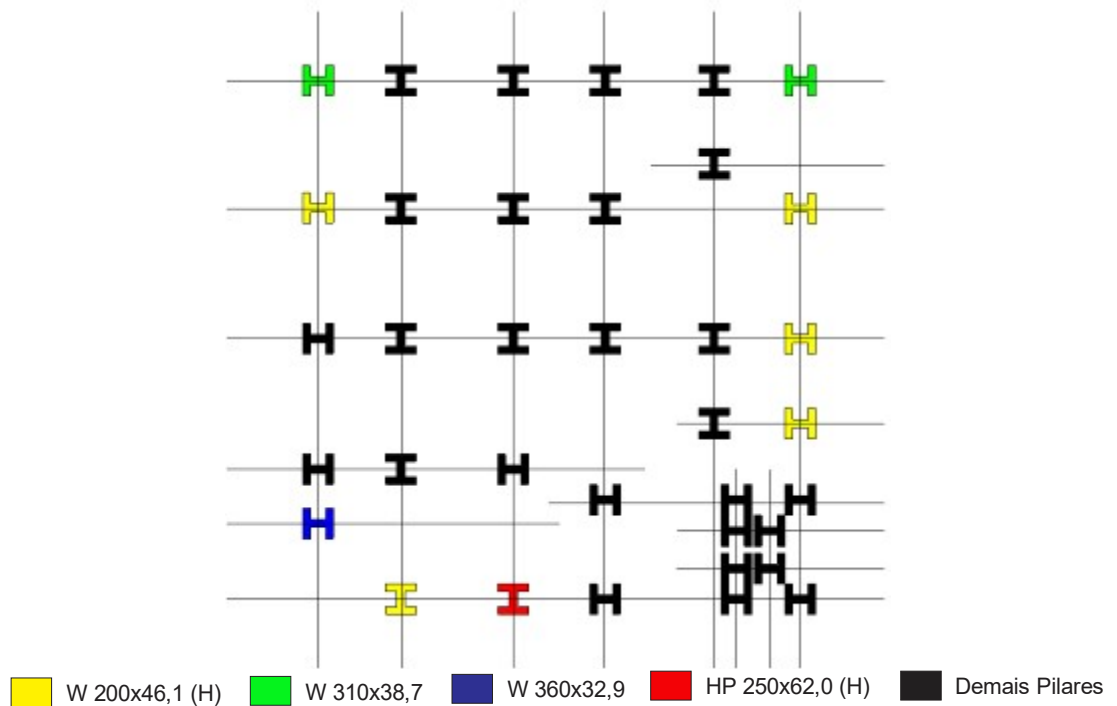
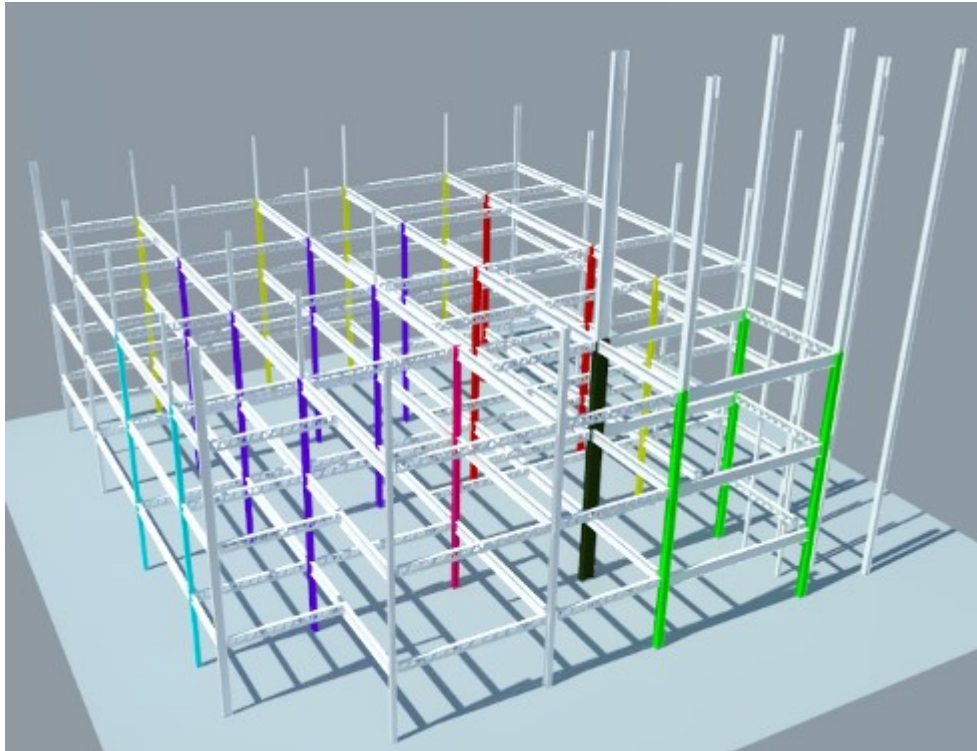


Figura 62: direção dos pilares que vão do subsolo até a cobertura do edifício SICOOB. Fonte: AUTOR (2016).

Os perfis W 200x46,1 (H) e HP 250x62,0 (H), são perfis H e recebem o carregamento de três vigas em cada pavimento. Os perfis W 310x38,7 e W 360x32,9 são perfis I, estão localizados nos cantos da edificação e recebem o carregamento provenientes de duas vigas.

3.1.3.2. Pilares do subsolo até o segundo pavimento

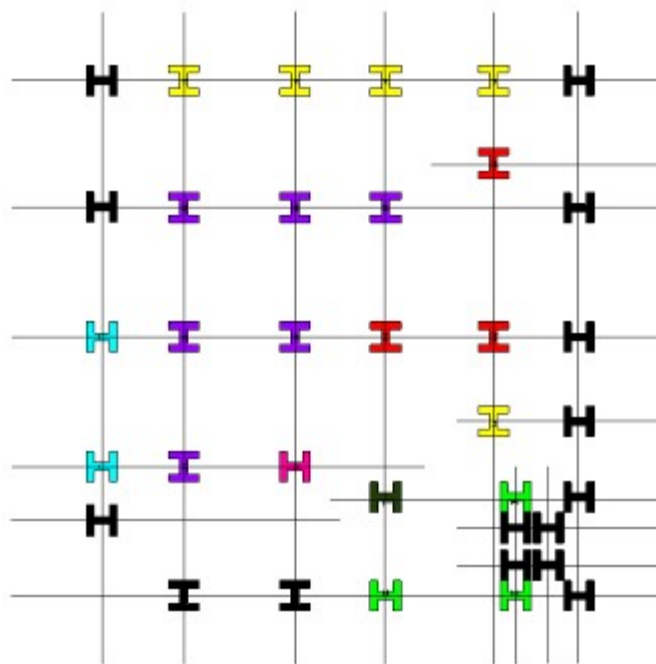
Os perfis que nascem no subsolo e morrem no terceiro pavimento, figura 63 e 64, possuem altura de 11,31 m, e estão localizados em sua grande maioria no interior do edifício. Estes pilares tem a função de receber o carregamento proveniente dos três pavimentos do edifício.



- | | | | |
|--|---|---|--|
| ■ W 200x46,1 (H) | ■ W 250x73,0 (H) | ■ W 250x80,0 (H) | ■ W 610x155,0 |
| ■ HP 310x93,0 (H) | ■ HP 250x62,0 (H) | ■ HP 310x110,0 (H) | |

Figura 63: posição dos pilares que vão do subsolo até o segundo pavimento do edifício SICOOB.

Fonte: AUTOR (2016).



- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ W 200x46,1 (H) | ■ W 250x73,0 (H) | ■ W 250x80,0 (H) | ■ W 610x155,0 |
| ■ HP 310x93,0 (H) | ■ HP 250x62,0 (H) | ■ HP 310x110,0 (H) | ■ Demais Pilares |

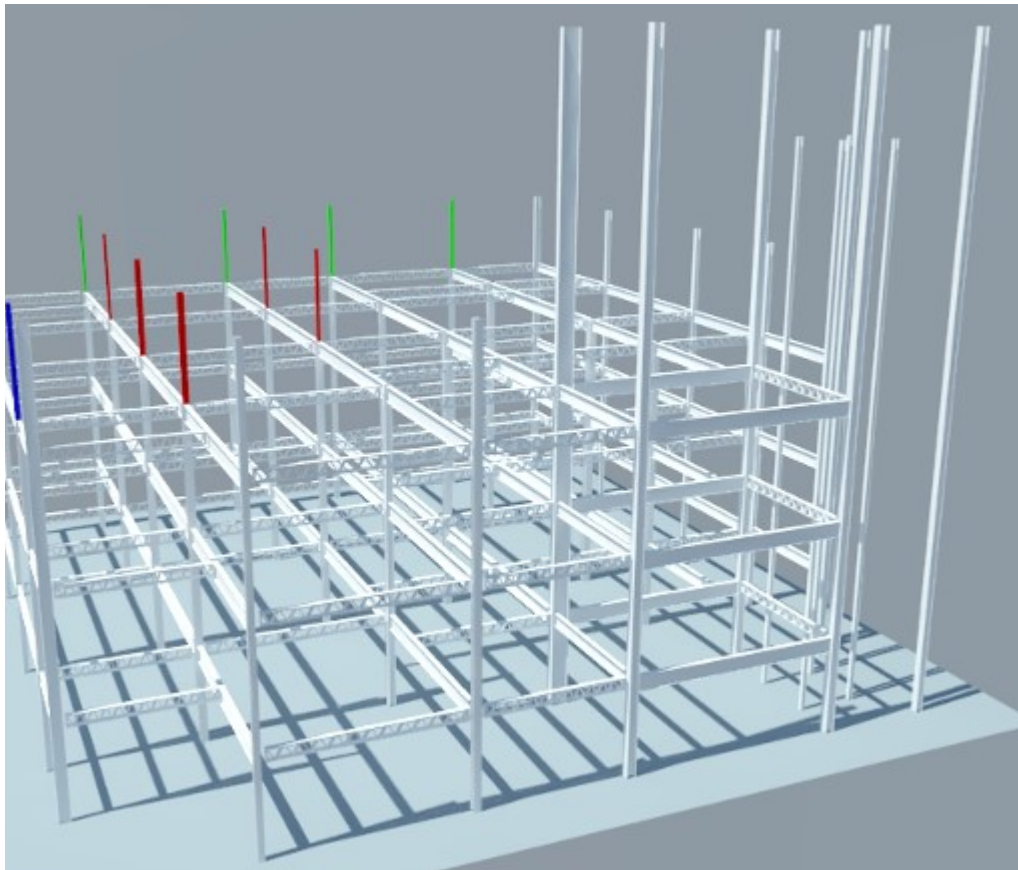
Figura 64: Direção dos pilares que vão do subsolo até o segundo pavimento do edifício SICOOB.

Fonte: AUTOR (2016).

Os perfis nesta tipologia, são perfis do tipo H, com exceção do perfil W 610x155,0 que é um perfil tipo I com altura da seção elevada.

3.1.3.3. Pilares terceiro pavimento

Os pilares do terceiro pavimento, tem altura de 3,45 m e tem a função de apoiar as treliças e a platibanda da cobertura do edifício, figura 65 e 66.



■ W 150x22,5 (H) ■ W 200x22,5 ■ W 250x28,4

**Figura 65: Posição dos pilares do terceiro pavimento do edifício SICOOB..
Fonte: AUTOR (2016).**

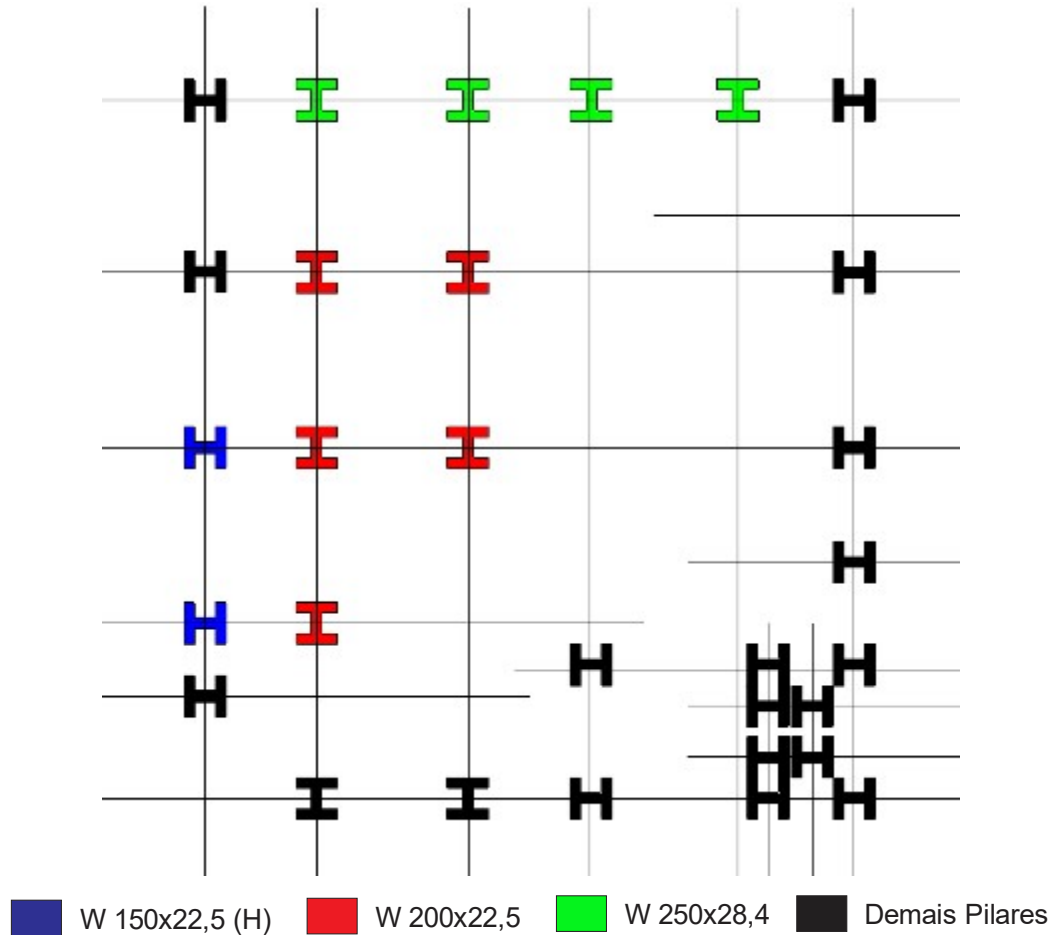
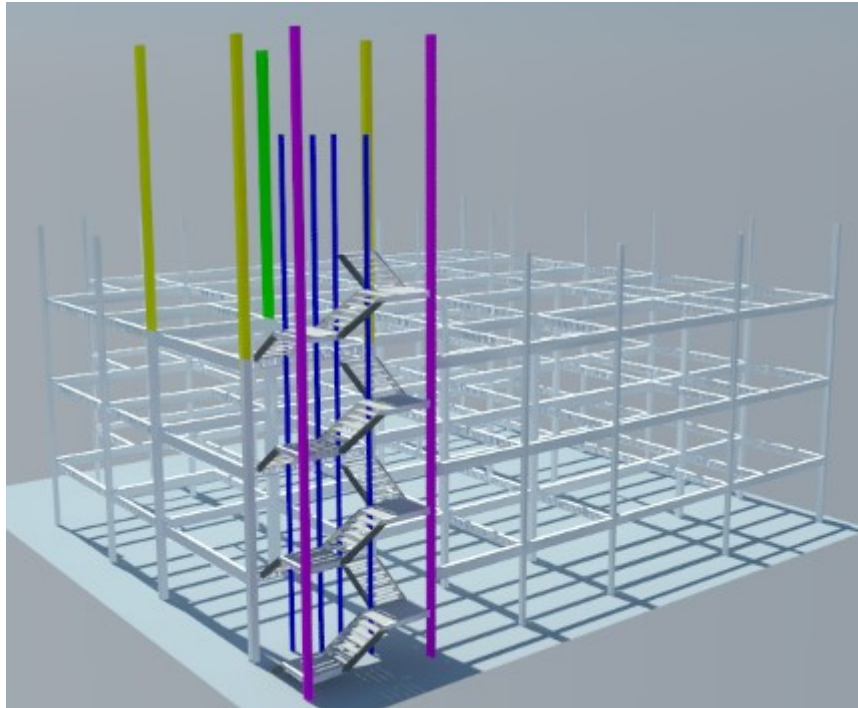


Figura 66: Direção dos pilares do terceiro pavimento do edifício SICOOB.
 Fonte: AUTOR (2016).

Estes pilares possuem seções I e H com dimensões pequenas, por não receberem grande carregamento. Percebe-se que no terceiro pavimento existem menos pilares que nos demais, isto ocorre, pois, o auditório estar localizado neste pavimento e precisa de um amplo espaço sem pilares.

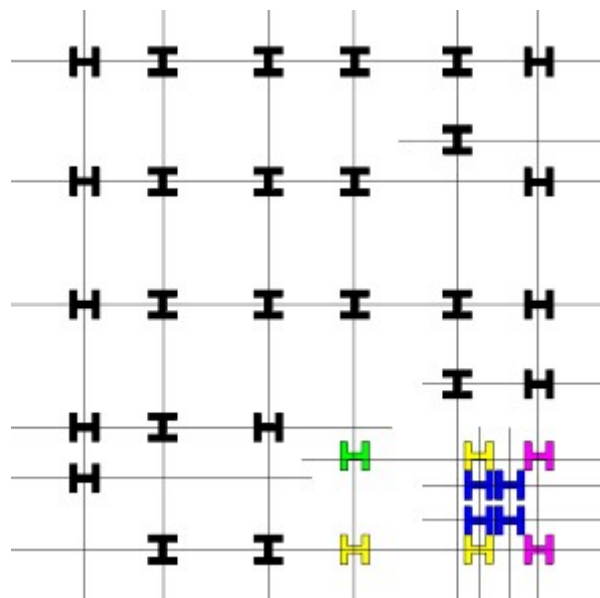
3.1.3.4. Pilares escadas e elevador

Estes pilares têm a função de receber os carregamentos do reservatório da casa de máquinas, e apoiar o elevador e as escadas do edifício. Como pode ser visto na figura 67 e 68, esses pilares possuem diferença de altura e seção em função da sua função.



HP 310x93,0 (H)
 W 610x113,0
 W 150x22,5 (H)
 W 250x80,0 (H)

Figura 67: Quantitativo dos Pilares do núcleo de escadas e elevador do edifício SICOOB..
 Fonte: AUTOR (2016).



HP 310x93,0 (H)
 W 610x113,0
 W 150x22,5 (H)
 W 250x80,0 (H)
 Demais Pilares

Figura 68: Direção dos Pilares do núcleo de escadas e elevador do edifício SICOOB..
 Fonte: AUTOR (2016).

O perfil HP 310x 93,0 (H) é um perfil tipo I e o perfil W 610x113,0 é um perfil tipo I possuem de 11,07 m e tem a função de suportar os carregamentos do

reservatório e da casa de maquinas. O perfil W 150x22,5 (H) é um perfil tipo H com altura de 19,07 m e tem a função de sustentar o peso do elevador e da casa de máquinas. Já o perfil W 250x80,0 (H), tipo H tem altura de 22,38 m e tem a função de suportar a estrutura das escadas, do reservatório e da casa de maquinas.

3.1.4. Ligações

Na execução do edifício do SICOOB Noroeste, fez-se uso de ligações parafusadas, e esta foram utilizadas para diversas funções, sendo elas ligações viga com viga, viga com pilar, emendas de pilares e ligação pilar com fundação.

3.1.4.1. Ligações viga com viga

As ligações viga com viga, foram adotadas para conectar as vigas treliçadas, com as vigas de perfil da alma cheia (figura 69).



Figura 69: Ligação Viga com Viga.
Fonte: AUTOR (2015).

Para a execução destas ligações, as vigas treliçadas foram fabricadas com o acréscimo de placas de extremidade flexível soldadas em suas extremidades para que fossem fixadas nas vigas de alma cheia com o auxílio de parafusos (figura 70).



Figura 70: Detalhe da ligação Viga com Viga.
Fonte: AUTOR (2015).

3.1.4.2. Ligações viga com pilar

As ligações entre vigas e pilares se deram de diversas formas, sendo estas em função da tipologia da viga, e da posição do pilar no projeto.

As emendas entre as vigas treliçadas e os pilares foram feitas com o auxílio de cantoneiras soldadas nas vigas e nos pilares (figura 71). Essa tipologia foi adotada em todos os pilares onde são conectadas esse tipo de viga, e as chapas foram soldadas na fase de fabricação das peças.



Figura 71: Ligação entre vigas treliçadas e os pilares.
Fonte: AUTOR (2015).

De forma similar a anterior, as ligações entre os pilares e as vigas de alma cheia são feitas com o auxílio de placas soldadas nas vigas e nos pilares, porém, para as vigas de alma cheia, a ligação varia em função da posição do pilar.

Para as vigas que estão conectadas as mesas dos pilares, foram usadas duas placas de extremidade flexíveis, que foram soldadas na fabricação das vigas (figura 72), estas placas são posicionadas à mesa dos pilares e conectadas com o auxílio de 12 parafusos nos furos já criados na fabricação das peças como pode ser visto na figura 73. Esta ligação apesar de apresentar baixo custo de execução, possui a desvantagem de não possuir margem de erros na fabricação e execução das peças.



Figura 72: Vigas de alma cheia.
Fonte: AUTOR (2015).



Figura 73: Ligação entre viga de alma cheia e mesa do pilar.
Fonte: AUTOR (2015).

A ligação entre as vigas de alma cheia e a alma dos pilares, se dá por meio de placas de Gousset, que são um conjunto formado por placas previamente furadas, soldadas na alma do pilar (figura 74), durante a fabricação do mesmo, e por uma placa independente que é a responsável pela transmissão de esforços entre a

viga, também previamente furada na sua extremidade e o pilar, (figura 75). A quantidade de parafusos varia conforme a quantidade de carga que a viga deve suportar.



Figura 74: Pilar com placa de gousset.
Fonte: AUTOR (2015).



Figura 75: Ligação entre viga de alma cheia e alma do pilar.
Fonte: AUTOR (2015).

As placas de Goussset foram utilizadas também nas mesas das vigas (figura 76) proporcionando maior rigidez (engastamento) nas ligações entre os pilares e as vigas.



Figura 76: Ligação entre viga de alma cheia e alma do pilar
Fonte: AUTOR (2015).

3.1.4.3. Emendas de pilares

Em toda a obra, buscou-se utilizar pilares que fossem de uma única peça para evitar emendas. Porém, houve necessidade de execução de emendas de pilares em algumas situações.

A primeira situação se deu devido à necessidade de emenda nos pilares do núcleo de escadas e elevadores, que têm altura total de 22,40 m. Essa emenda ocorreu, pois, o comprimento do pilar excedia o tamanho de fabricação dos perfis, que normalmente é da ordem 12 m de comprimento. Assim, nas figuras 77 e 78 podem-se ver emendas nos pilares com auxílio de parafusos.



Figura 77: Emenda de pilares.
Fonte: AUTOR (2015).



Figura 78: Emenda de pilares – SICOOB.
Fonte: AUTOR (2016).

A segunda situação ocorre devida a necessidade de emenda de perfis na transição entre o segundo para o terceiro pavimento, pois, esses perfis têm altura de 14,75 m, e não saem inteiros das máquinas. Assim, estas ligações foram

executadas durante a fabricação dos elementos das estruturas, onde ocorre à soldagem dos diferentes perfis que compõem cada pilar. Essa emenda ocorre com perfis de diferentes tamanhos como visto na figura 79, ou perfis iguais como na figura 80.



Figura 79: Emenda de pilar com perfis diferentes.
Fonte: AUTOR (2015).



Figura 80: emenda de pilar com perfis diferentes.
Fonte: AUTOR (2016).

3.1.4.4. Ligações pilar com fundação

Os pilares foram fixados às fundações com o auxílio de chumbadores que têm a função de engastar os pilares ao solo (figura 81 (a)), inseridos nos blocos de fundação (figura 81 (b)). Os pilares são conectados a estes por meio de dez pinos

(figura 81 (c)). É importante ressaltar que a ligação do pilar se dá por meio de chapa de extremidade, soldada previamente ao perfil, além de enrijecedores (figura 81 (d)). A solução busca posicionar os parafusos afastados do centro de gravidade da seção do pilar, o que propicia um grau maior de resistência ao livre giro da seção, ou seja, fornece um grau elevado de engastamento do pilar às fundações. Assim sendo, a estrutura apresenta maior rigidez global e comportamento superior quanto à estabilidade global da mesma.



Figura 81: (a)Chumbador de ligação pilar com fundação, (b)Chumbador fixado no bloco de fundação, (c)Placa de ligação entre pilar e fundação, (d)Ligação pilar com fundação. Fonte: AUTOR (2015).

3.1.5. Cobertura

A figura 82 apresenta a cobertura do edifício SICOOB já executada e com a instalação dos painéis solares e platibandas.



Figura 82: Cobertura do Edifício SICOOB.
Fonte: METALCON (2016).

A figura 83 apresenta a planta de cobertura do edifício do SICOOB. Nela é possível perceber que o edifício faz uso de telha de aluzinco, com inclinação de 10%, para o fechamento da cobertura, com caimento em duas direções e de uma cobertura secundária com caimento de 7% em uma direção. O fechamento lateral da cobertura é feito por uma platibanda metálica que mantém a inclinação da cobertura oculta. A instalação pluvial conta com a utilização de calhas metálicas no encontro do caimento da cobertura com a platibanda.

Figura 83: Planta de Cobertura.
Fonte: PROJETO ARQUITETÔNICO – BRAGALIA.

Na figura 84 (a) é possível perceber a estrutura da cobertura em fase de conclusão. Nota-se a utilização de tesouras "Pratt" simétricas, Figura 84 (b), que segundo Fruchtengarten (1994), apresentam grande economia nos montantes e diagonais, em relação a outras tesouras.

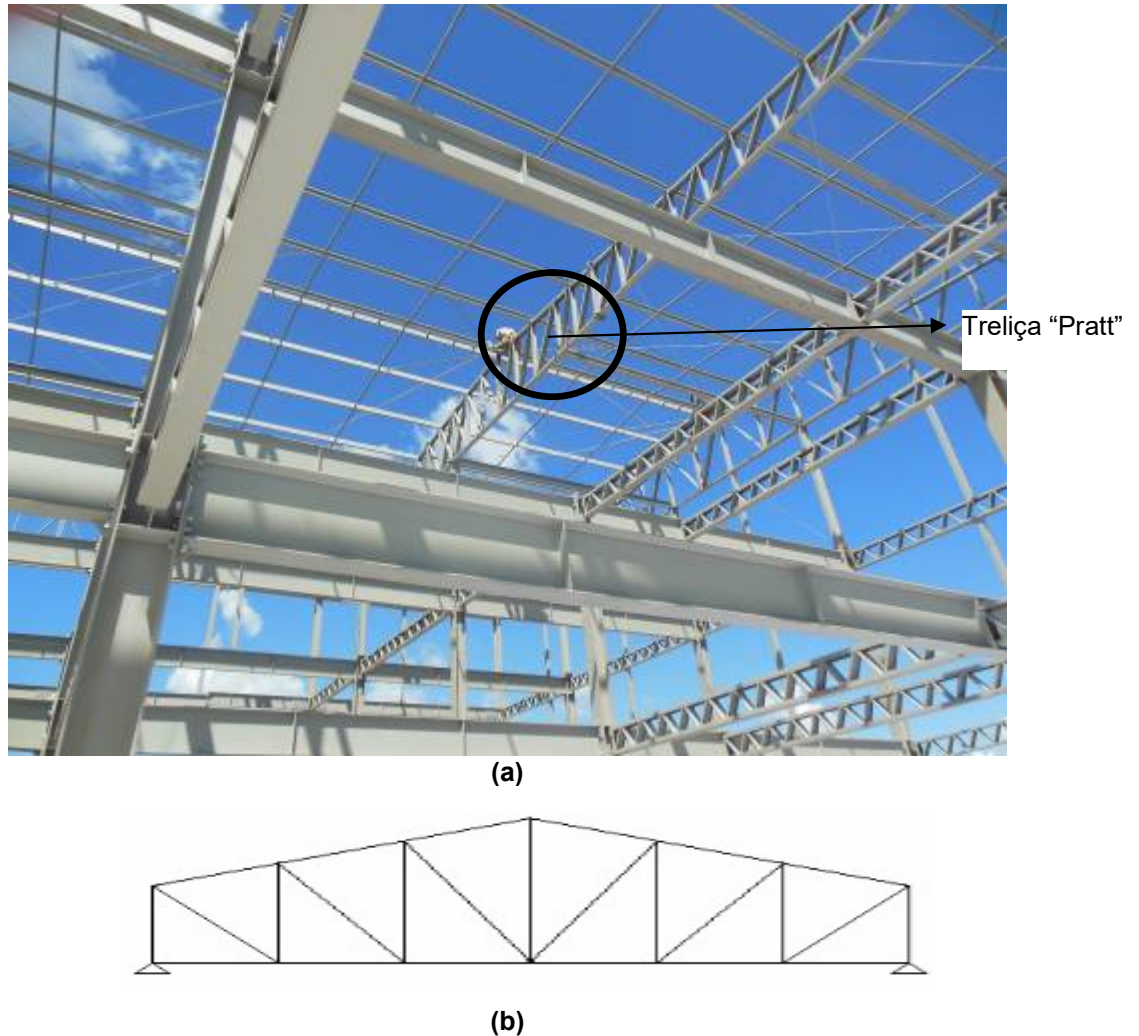


Figura 84: (a) Estrutura da cobertura SICOOB, (b) Modelo da treliça utilizada na estrutura.
Fonte: AUTOR (2015).

Para facilitar o transporte e a montagem das mesmas no local, estas foram confeccionadas em três partes que são unidas por oito parafusos, sendo quatro no banzo superior e quatro no inferior, como mostra as figuras 85 e 86.



Figura 85: Emenda de Tesoura
Fonte: AUTOR (2016).



Figura 86: Detalhe construtivo tesoura.
Fonte: AUTOR (2016).

Para as terças, foram usados perfis U enrijecidos laminados como pode ser visto na figura 87. Foram usadas nove terças, posicionadas com espaçamento de 1,64 m entre elas.



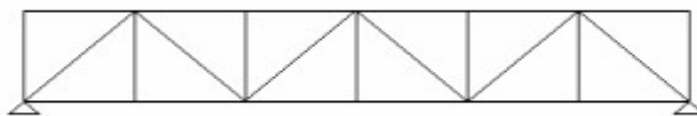
Figura 87: Terças.
Fonte: AUTOR (2016).

Para a fixação das terças, foram instaladas cantoneiras na parte superior das treliças, de modo que a alma das terças fosse parafusada nas cantoneiras mantendo-se assim na posição necessária.

Para a platibanda utilizaram-se tesouras "Waren", como pode ser visto na figura 88. Este modelo foi escolhido devido as diagonais sofrerem esforços de tração e compressão, e os montantes serem elementos de travamento dos banzos da tesoura (FRUCHTENGARTEN,1994).



(a)



(b)

Figura 88: (a) Detalhe da Platibanda e instalação de calhas, (b) Modelo da treliça utilizada nas platibandas.

Fonte: AUTOR (2015).

3.1.6. Fechamento

Para o fechamento no edifício foram usadas três diferentes tipologias: fechamento em vidro, alvenaria e painéis metálicos termo isolantes, como pode ser observado na figura 89.



Figura 89: Tipos de fechamento edifício SICOOB.
Fonte: AUTOR (2015).

Os painéis metálicos (figura 90) foram instalados por meio de guias e montantes metálicos posicionados junto à estrutura do edifício e fixados pelo lado de fora da estrutura, como pode ser visto na figura 91. A utilização destes painéis tem função de, além de fechamento, servir como contraventamento da estrutura.



(a)

(b)

Figura 90: Painéis metálicos do edifício SICOOB. (a) Vista Externa (b) Vista Interna.
Fonte: AUTOR (2015).

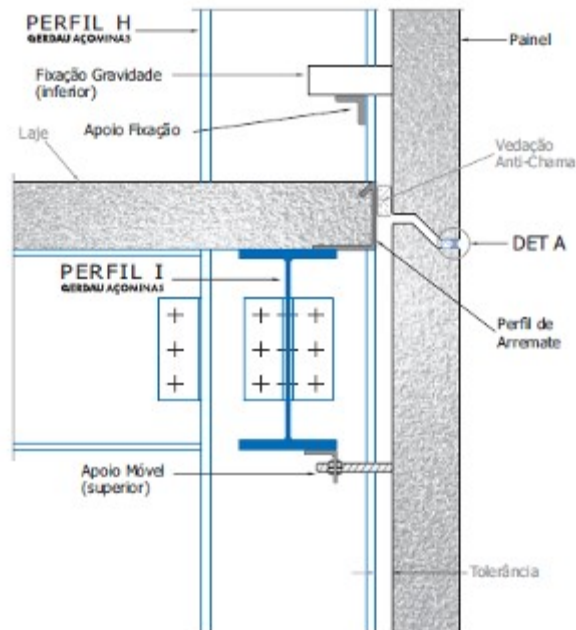


Figura 91: Sistema de instalação dos painéis metálicos.
Fonte: GERDAU (2007).

As alvenarias foram utilizadas nas áreas molhadas como banheiros e cozinha, e na área das escadas, para facilitar as instalações dos sistemas hidro sanitários e por questões de segurança em caso de incêndio e pânico. A instalação da alvenaria é feita com o auxílio de perfis U, como visto na figura 92, colocados junto à estrutura e que permitem a movimentação da mesma.

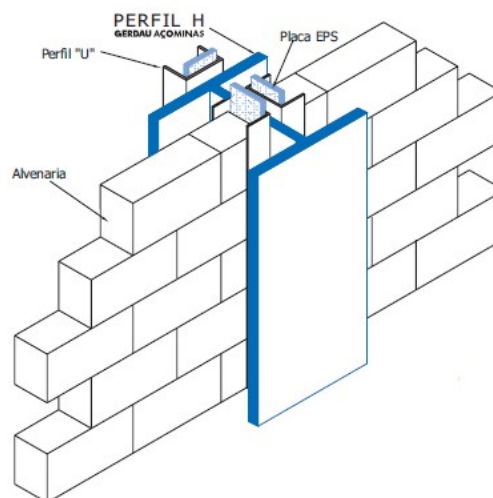


Figura 92: Instalação de alvenarias
Fonte: GERDAU (2007).

A cortina de vidro foi utilizada na fachada frontal do edifício, como visto na figura 93 (a). Sua instalação foi feita com a utilização de montantes de alumínio que são posicionados por fora da estrutura metálica, como na figura 93 (b).



Figura 93: Cortina de vidro do edifício SICOOB (a) Detalhe da fachada. (b) Detalhe da instalação.

Fonte: AUTOR (2015).

3.1.7. Contraventamento

O contraventamento dos pavimentos do 1º, 2º e 3º andar foram dispensados pois o fechamento em painéis metálicos foi usado para cumprir esta função. Porém, teve que ser mantido no subsolo e na cobertura.

No subsolo foram instalados nos quatro cantos do edifício, figura 94, utilizando-se cantoneiras laminadas de abas iguais, fixadas à estrutura por meio de placas soldadas aos pilares, como visto na figura 95, e formando um X para dar maior estabilidade a estrutura. Na cobertura o contraventamento foi feito com cabos de aço, também em X.

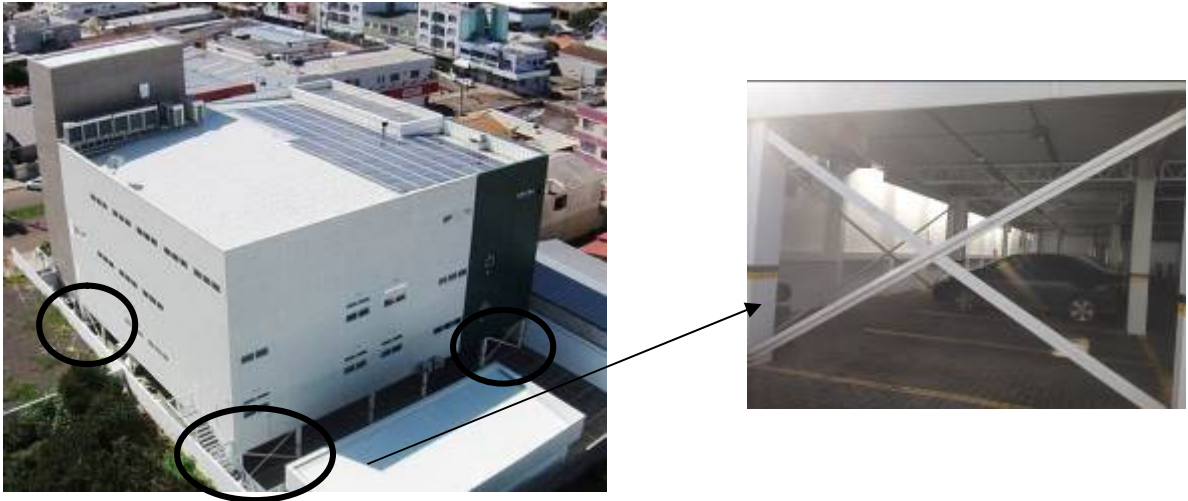


Figura 94: Contraventamento do edifício SICOOB.
Fonte: METALCON (2016), AUTOR (2016).



Figura 95: Fixação do contraventamento.
Fonte: AUTOR (2016).

3.2. MONTAGEM DA ESTRUTURA

Após a execução das fundações, neste caso em estacas de concreto, inicia-se a montagem da estrutura metálica com a fixação dos pilares nos blocos de fundação. Para o posicionamento correto destas peças, estas foram numeradas conforme projeto logo após sua fabricação. Após verificação em projeto da disposição e posição do pilar, estes são içados com o auxílio do caminhão muck, e parafusados às respectivas fundações (figura 96). Nesta etapa da obra, deve-se prestar bastante atenção para que os encaixes dos pilares, executados durante a

fabricação das peças, sejam posicionados corretamente sobre os chumbadores fixados nos blocos de fundação. Em caso de os chumbadores terem sido posicionados de forma invertida, os pilares também serão não serão encaixados como projetado, alterando, assim, a direção do momento de inércia do pilar e interferindo em toda a estrutura.



Figura 96: Içamento dos perfis I dos pilares.
Fonte: AUTOR (2015).

A colocação dos pilares se deu concomitantemente ao posicionamento de algumas das vigas (figura 97), para que a estrutura não ficasse em nenhum momento sem sustentação, correndo o risco de algum elemento “tombar”, por esforços decorrentes do vento.



Figura 97: Fases de Montagem da estrutura metálica.
Fonte: AUTOR (2015).

Assim como os pilares, as vigas também foram içadas com o auxílio do caminhão muck, figura 98 (a), e então posicionadas, pelos funcionários da obra, de forma que os furos deixados nos pilares corresponderem aos furos feitos nas placas soldadas nas vigas, figura 98 (b). Por fim, parafusam-se as peças com o auxílio de uma máquina parafusadeira, para garantir o torque e fixação adequados, figura 98 (c).

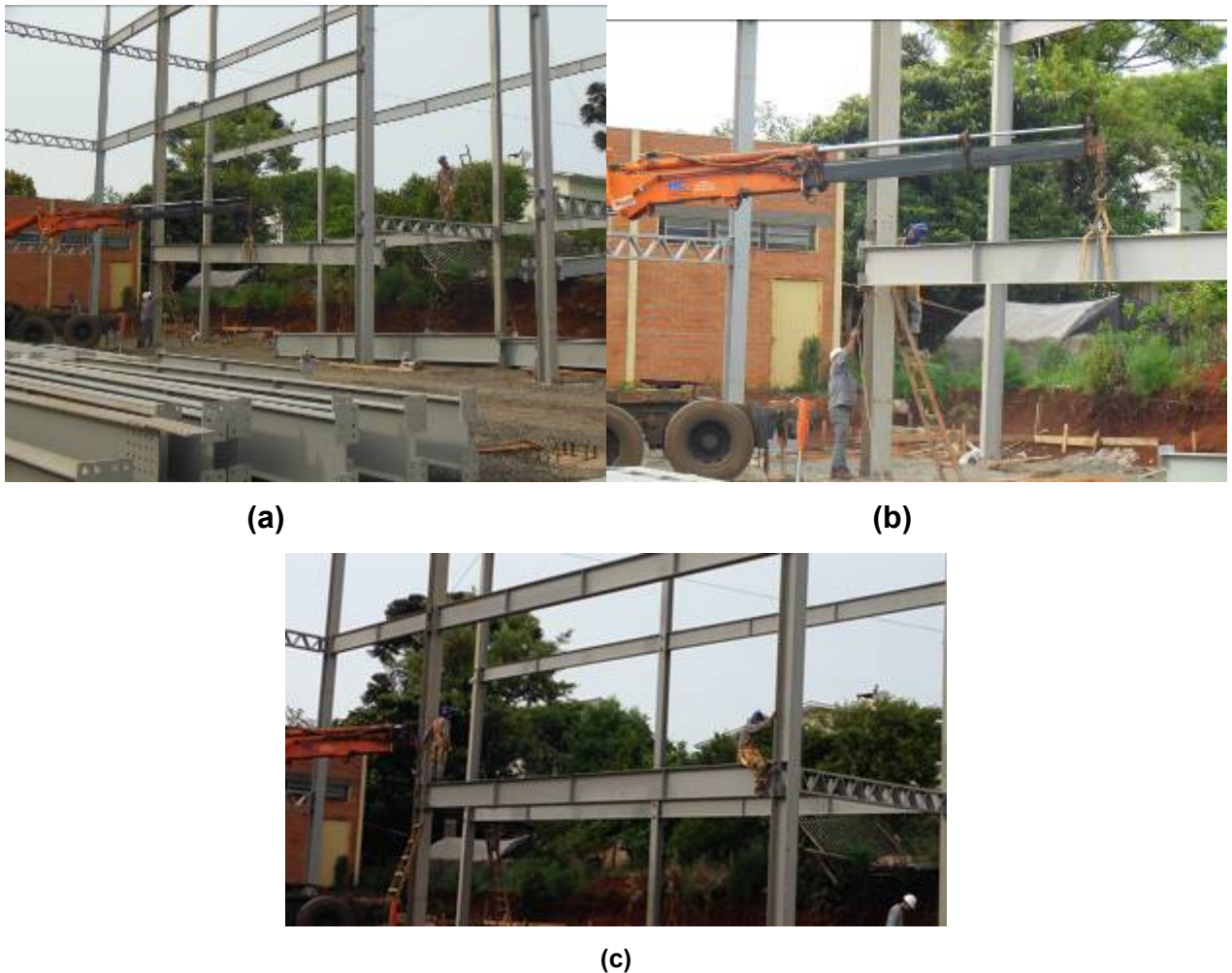


Figura 98: Fases de Montagem da estrutura metálica.
Fonte: AUTOR (2015).

Após a montagem dos pilares e vigas, são instalados os elementos da cobertura. E, após a cobertura as lajes pré-montadas dos três pavimentos são montadas, colocando-se as treliças na direção indicada no projeto e preenchendo com os blocos de EPS, para posterior concretagem (figura 99).

Para finalizar, instalam-se os fechamentos do edifício.



Figura 99: Instalação das lajes.
Fonte: AUTOR (2015).

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho possibilitou, a partir de uma análise da construção do edifício SICOOB Noroeste em São Lourenço do Oeste-SC, um maior entendimento das possíveis soluções a serem adotadas em estruturas metálicas para edifícios comerciais de múltiplos andares.

Ao realizar a pesquisa bibliográfica, verificou-se que os tipos de construção metálica existente são as estruturas: de edifícios de múltiplos andares, de galpões, de obras de arte, reticuladas, tubulares, espaciais, de armazenagem e as estaiadas ou tencionadas; sendo as mais utilizadas no Brasil as de galpões e de armazenagem.

O SICOOB é um edifício de quadro pavimentos que foi construído inteiramente em estrutura metálica. As motivações para a escolha desta solução construtiva foram a sustentabilidade durante a execução da obra, devido ao baixo consumo de água e energia, baixo consumo de materiais de construção, a rapidez na execução e por ser uma solução inovadora na região onde estava sendo executada.

As soluções para os elementos estruturais adotadas no edifício SICOOB foram:

- Laje treliçada, posicionada unidirecionalmente no sentido do menor vão, com altura total de 16 cm, capa de concreto de 4 cm e preenchimento em EPS com 12 cm de altura.

- Vigas de duas tipologias: treliçadas, para as vigas secundárias, e de alma cheia, para as vigas primárias. As vigas treliçadas, formadas por perfil laminado U 150x50, foram usadas onde as lajes não são descarregadas e para reduzir o peso próprio da estrutura, apresentando vãos variando de 4,65 a 6,34 m. Nas vigas de alma cheia utilizaram-se perfis laminados W 360x32,9; W 410x38,8; W 460x52,0; W 530x66,0 e W 530x82,0, com vãos variando de 3,2 a 9,7m, sendo os menores perfis posicionados nas extremidades do projeto, onde recebem carregamento de apenas uma laje. Para as vigas da casa de máquina e reservatório, foram usados os perfis laminados W 200x26,6; W 360x32,9; W 410x38,8; W 530x66,0 e W 610x101, com vãos variando de 3,4 a 7,5 m.

- Pilares em perfis laminados HP 250x62,0 (H), HP 310x110,0 (H), HP 310x93,0 (H), W 150x22,5 (H), W 200x22,5, W 200x46,1 (H), W 250x28,4, W 250x73,0 (H), W 250x80,0 (H), W 310x38,7, W 360x32,9, W 610x113,0 e W 610x155,0, com alturas variando de 3,45 a 22,38, posicionados de forma a aumentar a rigidez global da estrutura. Os pilares das laterais e do núcleo de elevadores e escadas estão posicionados no sentido oposto aos demais, com a maior inércia restringindo a movimentação do edifício na direção da sua menor dimensão, garantindo a estabilidade do conjunto.

- Ligações parafusadas, com diferentes funções e ligações soldadas de fábrica para emenda. As ligações parafusadas incluem ligação viga com viga, para conectar as vigas treliçadas com as vigas de alma cheia, com placas nas extremidades das vigas treliçadas; ligações viga com pilar de três formas, uma sendo a ligação entre as vigas treliçadas e os pilares com o auxílio de cantoneiras soldadas nas vigas e nos pilares, outra entre as vigas e as mesas dos pilares, onde foram usadas duas placas de extremidade flexíveis parafusadas aos pilares, e as ligações entre as vigas de alma cheia e as almas dos pilares, que são conectadas por meio de placas de Gousset. As emendas de pilares ocorreram devido a fabricação das peças ser limitada a 12 m de comprimento, assim, foram usadas ligações soldadas direto na fabricação, em todas as peças entre o segundo e o terceiro pavimento, mesmo onde ocorreu mudança no tamanho do perfil e ligações parafusadas na emenda dos perfis das escadas e elevadores, onde ambas as peças possuem comprimento elevado. E, por último, as ligações pilar com fundação que ocorreram com o auxílio de chumbadores fixado aos blocos de fundação.

- Cobertura de telhas de aluzinco com caimento de 10% em duas águas, executada com tesouras do tipo "Pratt" simétricas, compostas por perfis U laminados e terças em perfis laminados U enrijecidos. Uso de platibandas em toda a extensão do edifício em tesouras do tipo "Waren", feitas em perfi U.

- Fechamento em placas metálicas termoisolantes para fechamento lateral e dos fundos, cortina de vidro na fachada frontal e parede de alvenaria nas áreas molhadas e no núcleo de elevador e escadas.

A montagem da estrutura, após execução das fundações, necessita da utilização de caminhão muck e poucos funcionários para encaixe e fixação das peças. Para que se tenha um bom andamento da obra e a desejada economia de tempo de execução, deve-se compreender exatamente o projeto previamente e as

peças já devem vir numeradas para sua correta disposição na obra, uma vez que se faz necessário o perfeito encaixe do conjunto. Os pilares e vigas são colocados concomitantemente, de forma que a estrutura fique travada e se sustente. Após são executadas a cobertura e a laje. E em seguida o fechamento.

Nota-se que a solução estrutural adotada no edifício está condizente com o recomendado na bibliografia e atendeu as expectativas dos proprietários do imóvel. O tempo de execução da estrutura foi 120 dias, da obra toda 10 meses, e o produto final foi inovador e arrojado para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS. **Copel aciona linha que conecta sistema de Itaipu ao da Região Sul**, 2016. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=160828&evento=31355#menu-galeria>>. Acesso em: 19 set. 2015.

ALUFER. **Principais obras**. 2015. Disponível em: <<http://www.alufer.com.br/obras.htm>>. Acesso em: 01 out. 2015..

ARQUITETANDO NA NET. **Palácio de cristal - Londres (Inglaterra)**. 2015. Disponível em: <<http://arquitetandonanet.blogspot.com.br/2010/09/palacio-de-cristal-londres-inglaterra.html>>. Acesso em: 01 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA – ABCI – **A história dos pré-fabricados e sua evolução no Brasil**. São Paulo, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (2014). **NBR-6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro. ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (2014). **NBR-8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro. ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (2001). **NBR-9062**: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro. ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (2010). **NBR-14762**: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro. ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (2016). **NBR-14859-1**: Lajes pré-fabricadas de concreto. Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis - Requisitos. Rio de Janeiro. ABNT.

BANDEIRA, Adriana Almeida de Castro. **Análise do Uso de Estruturas de Aço em Edificações Habitacionais de Interesse Social**. 2008. 109 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Ufmg, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <[http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia Adriana Almeida de Castro.pdf](http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia%20Adriana%20Almeida%20de%20Castro.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2015.

BATISTA, Eduardo de Miranda; GHAVAMI, Khosrow. **Development of Brazilian steel construction. Journal of Constructional Steel Research**, v. 61, n. 8, p. 1.009- 1.024, ago. 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143974X05000362>>. Acesso em: 15 set. 2015.

BELLEI, Humberto N. **Edifícios de pequeno porte estruturados em aço**. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2011.

BELLEI, Ildoney H.; PINHO, Fernando O.; PINHO, Mauro, O.; **Edifícios de múltiplos andares em aço**. São Paulo: Pini, 2008.

BELLEI, Ildoney H; **Edifícios industriais em aço: projeto e cálculo**. São Paulo: Pini, 1998.

BENEVOLO, Leonardo. **História da arquitetura moderna**. Editora Perspectiva. São Paulo, 1998

BRITTO, Carla. **A Ponte de Coalbrookdale**. 2015. Disponível em: <<http://estoriasdahistoria12.blogspot.com.br/2013/11/a-ponte-de-coalbrookdale.html>>. Acesso em: 19 set. 2013.

CBCA, ABCEM. **Perfil dos fabricantes de estrutura de aço**. 2016. Disponível em: <<http://www.abcem.org.br/upfiles/arquivos/publicacoes/CBCA-ABCEM-ResumoExecutivo-final-alta.pdf>> Acesso em: 15 out 2014.

CHICAGO ARCHITECTURE INFO. **The home insurance building**. 2015. Disponível em: <<http://www.chicagoarchitecture.info/Building/3168/The-Home-Insurance-Building.php>>. Acesso em: 01 out. 2015.

CLARO, Cristina Teixeira. **Metodologia de Fiscalização de Obras: Plano de Controlo de Conformidade de Estruturas Metálicas**. Porto, Portugal Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

DIAS, Luis Andrade de Mattos. **Estruturas de Aço - Conceitos, Técnicas e Linguagem**. São Paulo: Editora Zigurate, 1998.

DIAS, Luis Andrade de Mattos. **Edificações de Aço no Brasil**. São Paulo: Editora Zigurate, 2002.

DUTRA, Katia. **Estação da Luz: 145 anos de beleza**. 2015. Disponível em: <<http://pnld.moderna.com.br/2012/02/16/estacao-da-luz-145-anos-de-beleza/>>. Acesso em: 01 out. 2015.

FARIA, R. **Industrialização econômica**. Revista TÉCNICA 136 Julho de 2008. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/136/artigo286523-1.aspx>>. Acesso em: 01 out. 2015.

FRANCA, MARCELO. Pessoa de Aquino. **Estudo da eficiência dos contraventamentos treliçados em edifícios com estrutura de aço**. Disponível em: <<http://www.liber.ufpe.br/teses/arquivo/20040609135156.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2015.

FREITAS, João António Teixeira de. TIAGO, Carlos. **Análise Elástica de Estruturas Reticuladas**. Lisboa: Universidade de Lisboa Instituto Superior Técnico, 2015. Disponível em: <<http://www.civil.ist.utl.pt/~ctf/AEI/AEER.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

FRUCHTENGARTEN, Júlio. **Sistemas estruturais de edifícios**. Universidade de São Paulo, 1994. Disponível em: <http://download14.docslide.com.br/uploads/check_up14/332015/557213f8497959fc0b937049.pdf>. Acesso em: 06 set 2015.

GASPAR, Ricardo. **Estruturas metálicas**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/estruturas-metalicas-apostila-5634fb44e0ef1.html>>. Acesso em: 19 set. 2015.

GERKEN, Fernanda de Sousa **Perfis tubulares: aspectos arquitetônicos e estruturais**. Ouro Preto, UFOP, 2003. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp102279.pdf>> Acesso em: 19 set. 2015.

GIGLIO, Thalita Gorban Ferreira. **Avaliação do desempenho térmico de painéis de vedação em madeira para o clima de Londrina – PR**. Disponível em: <<http://www.uel.br/pos/enges/dissertacoes/17.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRUPO METÁLICA. Estruturas Metálicas: Publica. 2016. Disponível em: <<http://grupo2metalica.no.comunidades.net/4-publica>>. Acesso em: 19 set. 2015.

HISTORY. **Home insurance building**. Disponível em: <<http://www.history.com/topics/home-insurance-building>>. Acesso em: 01 out. 2015.

KIRCHHOF, Larissa Degliuomini. **Uma contribuição ao estudo de vigas mistas aço-concreto simplesmente apoiadas em temperatura ambiente e em situação de incêndio**. São Carlos, v. 7, n. 25, p. 1-31, 2005. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/cadernos/nova_versao/pdf/cee25_01.pdf> Acesso em: 19 set. 2015.

KRUGER, Paulo Gustavo Von. **Análise de painéis de vedação nas edificações em estrutura metálica**. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp104004.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2015.

MADEIRA, Alisson Ramos. **Estrutura em aço para pavilhão industrial: comparação entre soluções com elementos treliçados e de alma cheia**. Porto Alegre, UFRGS, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24079/000741555.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2015.

MARCON, Emmyl; CHAMBERLAIN, Zacarias M. **Cálculo de ligações em estrutura metálica**. São Paulo, ABCEM, 2012. Disponível em: <<http://www.abcem.org.br/construmetal/2012/arquivos/Cont-tecnicas/17-Construmetal2012-calculo-de-ligacoes-em-estrutura-metalica.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2015.

MASON, Jayme. GHAVAMI, Khosrow. **Development in Brazilian steel bridge construction. Journal of Constructional Steel Research**. Disponível em: <<http://anothersample.net/development-in-brazilian-steel-bridge-construction>>. Acesso em: 17 out 2014.

METALCON ESTRUTURAS METÁLIACAS. **Segmento Industrial – Chapecó**. Disponível em: <http://www.metalcon.ind.br/obras_mostra.php?idcliente=37>. Acesso em: 01 out. 2015.

METALFERRO. **Estruturas metálicas - Espacial**. Disponível em: <<http://www.metalferro.ind.br/ebox>>. Acesso em: 01 out. 2015.

METALICA. **Viabilidade dos Perfis**. 2016. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/images/stories/ld2829/viabilidades-perfis.jpg>>. Acesso em: 19 set. 2015.

MIGUEL, Leandro F. Fadel. CARQUEJA, Moacir H. Andrade. **Apostila da Disciplina: ESTRUTURAS METÁLICAS I**. Florianópolis: UFSC. 2016. Disponível em: <<http://pet.ecv.ufsc.br/wordpress/wp-content/uploads/2016/08/apostila-ecv5255-estruturas-metalicas-i.pdf>> Acesso em: 10 out. 2016.

MOURA, A.P. **Racionalização e tecnologia com o emprego de painéis pré-fabricados em fachadas de edifícios**. São Paulo, UAM, 2006. Disponível em: <<http://engenharia.anhembibr/tcc-06/civil-05.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2014.

MOURA, Paulo. **13 estações de metrô de encher os olhos**. Disponível em: <<http://blogmoscabranca.com.br/13-estacoes-de-metro-de-encher-os-olhos/>>. Acesso em: 01 out. 2015.

MY WORLD AT YOUR FINGERTIPS. **Throwback: landmarks of Sydney**. Disponível em: <<https://myworldatyourfingertips.files.wordpress.com/2013/02/imgp6328.jpg>>. Acesso em: 01 out. 2015.

OLIVEIRA, Ana Beatriz de Figueiredo; BIELER, Helena Esteves; SOUZA; Henor Artur de. **Inserção de sistemas de construção industrializados de ciclo aberto estruturados em aço no mercado da construção civil residencial brasileira**. São Paulo, 2012. ANAIS ELETROTNICOS. Disponível em: <<http://www.abcem.org.br/construmetal/2012/contribuicoes-tecnicas.php>> Acesso em: 15 out 2014.

PFEIL, Walter. **Estruturas de Aço: dimensionamento prático**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1995

PIGOZZO, Bruno Nogueira; SERRA, Sheyla Mara Baptista; FERREIRA, Marcelo de Araujo. **A industrialização na construção e o estudo de uma rede de empresas em obra de pré-fabricados em concreto armado**. In: Simpósio De Engenharia De Produção, 12, 2005, Bauru, SP. ANAIS ELETROTNICOS. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_12/copiar.php?arquivo=Pigozzo_BN_A%20Industrializacao.pdf>. Acesso em: 15 out. 2014.

PINHO, Fernando Ottoboni. **Artigo Galpões em pórticos de Aço**. Gerdau, 2014. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/201555299/Artigo-Galpoes-em-porticos-de-Aco>>. Acesso em: 08 set. 2015.

PINHO, Fernando Ottoboni. BELLEI, Ildoney Hélio. **Pontes e Viadutos em Vigas Mistas**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2007.

PINHO, Fernando Ottoboni. **Manual de Construção em Aço**: Viabilidade Econômica. Rio de Janeiro, 2008, p.12,

PINHO, Mauro Ottoboni. **Transporte e montagem**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2005. Disponível em: <http://www.skylightestruturas.com.br/downloads/CBCA_transporte_montagem.pdf>. Acesso em: 19 set. 2015.

PORTAL METÁLICA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Estruturas Tubulares de Aço**. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/images/stories/artigos-tecnicos/estruturas_metalicas_tubulares_aco/maior/01tubulares.jpg>. Acesso em: 01 out. 2015.

PRAVIA, Zacarias M. Chamberlain. **Galpões para usos gerais**. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2010.

PRÉ-MOLDE. Manual de Instruções. 2016. Disponível em: <<http://www.pelotascenter.com.br/premolde/arquivos/pre-molde.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.

QUINONES, Boris José Cabrera. **Execução de coberturas com estrutura metálica**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2006. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-06/civil-40.pdf>> Acesso em: 08 set, 2015.

REBELLO, Yopanan C.P. Bases para Projeto Estrutural na Arquitetura. São Paulo: Zigurate, 2007.

RESENDE, Anne Danielle Ferraz Lopes. Diagnóstico numérico de vigas vierendeel formadas por perfis tubulares metálicos de seção circular. Uberlândia, UFU, 2008. Disponível em: <http://www.webposgrad.propp.ufu.br/ppg/producao_anexos/009_AnneDanielleFerrazLopesResende.pdf>. Acesso em: 19 set. 2015.

REVEL, M. **La prefabricacion en la construccion**. 1.ed. Bilbao: Urmo, 1973. 457 p.

SABBATINI, F.H. **A industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial** In: Seminário tecnologia e gestão da produção de edifícios: vedações verticais. São Paulo. Anais. São Paulo, EPUSP, 1998.

SCALABRIN, Luciano Argenta. **Dimensionamento de silos metálicos para armazenagem de grãos**. Porto Alegre, UFRGS, 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15834/000691236.pdf?...1>>. Acesso em: 19 set. 2015.

SILVA, Maristela Gomes da. **Painéis de vedação**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2003.

SILVA, Mauro César de Brito e. **Edifícios de Andares Múltiplos em aço**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2015. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/38463800/Edificios-de-Andares-Multiplos>>. Acesso em: 08 set. 2015.

SILVEIRA, Eliana Gomes da. **Avaliação do comportamento de vigas alveolares de aço com ênfase nos modos de colapso por plastificação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. Disponível em: <http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_arquivos/42/TDE-2012-03-26T095142Z-3652/Publico/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 19 set. 2015.

SIQUEIRA, Bárbara; FIORITI, Cesar Fabiano. **Modelos intuitivos de vigas vierendeel para o estudo do desempenho estrutural quando sujeitas a aplicação de carregamentos**. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista, 2012. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/18956470-Modelos-intuitivos-de-vigas-vierendeel-para-o-estudo-do-desempenho-estrutural-quando-sujeitas-a-aplicacao-de-carregamentos.html>> Acesso em: 19 set. 2015.

SOUZA, Arnaldo Nascimento de; MALITE, Maximiliano **Análise do projeto de estruturas metálicas espaciais: ênfase em coberturas**. São Carlos, v. 7, n. 27, p. 27-58, 2005. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/cadernos/nova_ versao/pdf/cee27_27.pdf> Acesso em: 19 set. 2015.

STEUERNAGEL, Cristiane. **A industrialização da construção civil através da utilização de painéis pré-fabricados**. Joinville, UDESC, 2008. Disponível em: <[https://www.yumpu.com/pt/document/view/50435759/cristiane-steuernagel-a-industrializaaao-da-construacao-civil-atravacs->](https://www.yumpu.com/pt/document/view/50435759/cristiane-steuernagel-a-industrializaaao-da-construacao-civil-atravacs-) Acesso em: 19 set. 2015.

TEMOTECNICA. **Laje Peças Recortadas**. Disponível Em:
<http://www.termotecnica.ind.br/wp-content/uploads/2012/08/laje_pecas_recortadas1.pdf >. Acesso Em: 13 Set. 2016.

APENDICE 1 - QUESTIONÁRIO

Questionário para a empresa SICOOB sobre a construção da sede em São Lourenço do Oeste – Respondido por: **Gilmar Aristeu Bazzo** - Diretor Executivo do SICOOB NOROESTE.

1. Quem foram os responsáveis pelo projeto e execução da obra?

- Projetos e Arquitetura: BRAGAGLIA ARQUITETOS PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA
- Estrutura Metálica e Cobertura: MTL ESTRUTURAS METALICAS LTDA (METALCON)
- Civil: AILTON PANDINI ME
- Fachada e Vidros: VIDRAÇARIA SÃO LOURENÇO

2. Quais foram as motivações para a escolha da estrutura metálica para a obra?

- Apresentação da Proposta pela empresa Metalcon.
- Redução de risco de acidente de trabalho na obra.
- Baixo consumo de energia e água.
- Baixo consumo de materiais de construção, evitando desperdício e roubo de material, com redução de custo.
- Sustentabilidade.
- Rapidez.
- Inovadora, pois prédio de Multi-andares na região não há.
- Baixo custo de manutenção do prédio relativo à metálica com a alvenaria. Só analisar a pintura da alvenaria em comparação aos painéis de fechamento que tem vida útil de 50 anos sem pintar.

3. Qual foi o motivo para a escolha da empresa que executou e projetou a obra?

Foram três empresas que apresentaram orçamento, duas da região e uma que atua na América latina. Uma foi descartada pois não passou na análise de capacidade de execução da obra. As outras duas se igualaram nos quesitos capacidade, qualidade e execução da obra, bem como, nos orçamentos apresentados. Com opiniões dos demais envolvidos na obra, inclusive de empresa de climatização, por ser uma obra nova para todos, não saberiam se haveria necessidade de alteração no projeto para adaptar a instalação das demais estruturas que de fato ocorreu. Assim, sugeriram escolher a empresa que adaptaria a execução estrutural com os demais, alterações durante a execução, sendo que a empresa Metalcon se dispôs a realizar as adaptações necessárias e acompanhamento da obra até a finalização. Na outra é uma grande empresa que executa o projeto e se retira da obra, não dando assessoria presencial, pois o escritório fica longe da região, o que inviabilizou. E a escolha foi a correta, pois necessitou constantemente contato com a empresa executora, pois não é alvenaria que possa furar a parede e colocar os suportes, tudo deve ser ajustado na estrutura de ferro.

4. Houveram problemas durante a execução da obra?

Adaptações normais que estavam previstas como adaptar para instalar o sistema de climatização, usina fotovoltaica, fachada e suportes.

5. Quantos funcionários trabalharam na execução da obra toda? Quantos funcionários presentes na obra ao mesmo tempo?

Várias empresas trabalharam. Metálica para erguer a estrutura e cobrir 4 funcionários. Fechar com painéis 3 funcionários. Fachada de 2 e certo momento 3 funcionários. Alvenaria um pedreiro e mais dois funcionários e raramente tinha mais alguns serventes. Colocação do piso 2 funcionários.

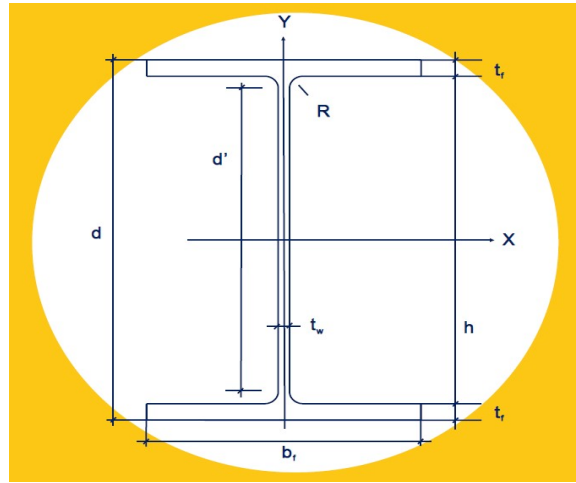
6. Quanto tempo durou a execução da estrutura metálica? Quanto tempo durou a execução da obra inteira?

Em torno de 120 dias. A obra 10 meses contando com os acabamentos.

7. Qual foi o custo da estrutura da obra? Qual o custo total da obra?

Estrutura de aço, cobertura e fechamento dos painéis R\$ 1,8 milhões para área construída de 3.452m². Estamos fechando, mas ficará em torno de R\$ 4,5 milhões, aproximadamente R\$ 1.300,00 o metro construído.

ANEXO 1 – TABELA DE PERFIS LAMINADOS



Perfis usados nas vigas

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear Kg/m	d mm	b _f mm	Espessura		h mm	d' mm	Área cm ²
				t _w mm	t _f mm			
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2
W 360 x 32,9	32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	42,1
W 410 x 38,8	38,8	399	140	6,4	8,8	381	357	50,3
W 460 x 52,0	52	450	152	7,6	10,8	428	404	66,6
W 530 x 66,0	66	525	165	8,9	11,4	502	478	83,6
W 530 x 82,0	82	528	209	9,5	13,3	501	477	104,5
W 610 x 101,0	101	603	228	10,5	14,9	573	541	130,3

Perfis usados nos pilares

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear Kg/m	d mm	b _f mm	Espessura		h mm	d' mm	Área cm ²
				t _w mm	t _f mm			
HP 250 x 62,0 (H)	62	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6
HP 310 x 93,0 (H)	93	303	308	13,1	13,1	277	245	119,2
HP 310 x 110,0 (H)	110	308	310	15,4	15,5	277	245	141
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8	190	170	29
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11	181	161	58,6
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10	240	220	36,6
W 250 x 73,0 (H)	73	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7
W 250 x 80,0 (H)	80	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7
W 360 x 32,9	32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	42,1
W 610 x 113,0	113	608	228	11,2	17,3	573	541	145,3
W 610 x 155,0	155	611	324	12,7	19	573	541	198,1