

Tema: Estruturas de Aço e Mistras de Aço e Concreto

INTERVENÇÃO EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS COM A UTILIZAÇÃO DE ESTRUTURA METÁLICA: ESTUDO DE CASO ARMAZÉM 09 – RECIFE/PE

Bianca Mendes Carneiro Viniski¹

José Wanderley Pinto²

Sérgio José Priori Jovino Marques Filho³

Resumo

Apesar da necessidade de intervenções em edificações antigas sempre ter existido, somente nos últimos anos tem surgido a preocupação com a preservação do patrimônio histórico. O estudo de caso realizado em edificação histórica localizada no Bairro do Recife, na cidade de Recife/PE, apresenta as características necessárias para que seja realizada uma intervenção estrutural ao mesmo tempo em que são mantidas as características históricas do edifício. Durante o estudo foi realizado o dimensionamento estrutural através de softwares computacionais e considerando os aspectos históricos da edificação. Também foi levando em consideração a utilização de estrutura mista para otimização do conjunto estrutural. Este trabalho tem como função principal expor as diversas vantagens e opções para restauração em edificações históricas, serão apresentados os conceitos e critérios para recuperação estrutural em edificações históricas, bem como o detalhamento do dimensionamento das peças no estudo de caso mencionado, podendo ser feita uma validação entre os softwares utilizados.

Palavras-chave: Recuperação estrutural; Viga mista; Estrutura metálica; Edifícios históricos.

INTERVENTION IN HISTORICAL BUILDINGS USING STEEL STRUCTURES: CASE STUDY ARMAZÉM 09 – RECIFE/PE

Abstract

Despite the need for interventions in old buildings always have existed, only in recent years has arisen concern for the preservation of historical heritage. The case study in the historic building located in Bairro do Recife, in Recife/PE, presents the characteristics necessary for a structural intervention at the same time that the historic features of the building are kept. During the study case the structural design was done taking into consideration the historical aspects of the building and making use of computer software, the use of steel-concrete composite beam was considered to optimize the structural assembly. This work has as main objective to expose the many advantages and options for restoration of historical buildings, the concepts and criteria for structural repair in historic buildings will be presented as well as the detailed calculus of the parts mentioned in the case study, a validation can be done between the software used.

Keywords: Structural Rehabilitation; Steel-Concrete Composite Beam; Steel Structures; Historical Buildings.

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Sulamericano de Estruturas Metálicas – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



¹ Estudante de Engenharia de Produção Civil, Instituto Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

² Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Professo do Instituto Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil

³ Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Professor da Faculdade Damas da Instrução Cristã, Recife, Pernambuco, Brasil



1 INTRODUÇÃO

Apesar de a necessidade de intervenções em edificações antigas sempre ter existido, somente nos últimos anos tem surgido a preocupação com a preservação do patrimônio histórico. As intervenções eram realizadas sem adoção de critérios, gerando incompatibilidade de técnicas construtivas e estilos, às vezes, danos estruturais irreparáveis.

Segundo JESUS [1] o processo de esvaziamento e deterioração de inúmeras construções datadas da década de 1930 tem feito com que o volume de recursos disponibilizado pelos governos federal, estadual e municipal tenha aumentado nos últimos anos, gerando um maior interesse por parte do setor da construção civil pela área reabilitação de edificações históricas, que pode ser explicado pela potencialidade econômica que se vislumbra em função do considerável parque edificado nas áreas centrais urbanas do país.

O objetivo deste trabalho é identificar, por meio da Avaliação Pós-Ocupação, os principais questionamentos que envolvem edificações de relevante caráter histórico, reabilitadas a partir da intervenção dos elementos metálicos, utilizando como objeto de análise o Armazém 09, Recife – Pernambuco, Brasil.

O trabalho parte da revisão de literatura sobre intervenções em aço, buscando compreender as qualidades físicas do material, técnica construtiva, desenvolvimento no contexto brasileiro e adequação do material ao projeto de intervenção em edificações antigas. O desenvolvimento do projeto de restauração do edifício considerado como estudo de caso neste trabalho será realizado com a ajuda de dois softwares de dimensionamento de estruturas para que seja possível a comparação entre a eficiência de cada um deles.

Segundo KUHL [2] os primeiros preceitos genéricos ao tema de restauração apareceram na França no final do século XVII, já que até então a restauração era encarada como uma ação voltada ao reestabelecimento do estado original, e ao rejuvenescimento de obras alteradas no decorrer do tempo. A restauração da Sainte Chapelle, em Paris, foi um fato de grande relevância, sendo um verdadeiro laboratório experimental.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O primeiro software que será utilizado será o Metálicas3D (licença nº 92427) que, de acordo com o manual de utilização do programa, é um software para cálculo de estruturas metálicas e também de estruturas de madeira. Possui uma entrada de dados fácil, onde o usuário pode desenhar a estrutura e com um prático comando de cotas, informa as dimensões do projeto ou, também, pode-se importar um desenho feito em qualquer programa CAD (dwg ou dxf) e as linhas deste desenho são transformadas em barras, sem a necessidade de redesenhar toda a estrutura. O Software METÁLICAS 3D - Cálculo realiza o dimensionamento de acordo com as seguintes normas:

- Madeira - NBR 7190
- Chapa Dobrada - NBR 14762
- Laminados e Soldados - NBR 8800
- Ações e Combinações - NBR 8681
- Carregamentos - NBR 6120
- Vento - NBR 6123

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Sulamericano de Estruturas Metálicas – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Através do cálculo automático dos coeficientes de flambagem o software determina automaticamente, em função dos nós da estrutura, os valores mais apropriados, inclusive para estruturas complexas, permitindo ao engenheiro adotar o coeficiente que achar mais adequado.

O segundo software utilizado é o Bridge Advanced 3D V.15 é um programa de análise tridimensional de estruturas, que permite a utilização de análises lineares e não-lineares estáticas e dinâmica, efetuada com base EM um modelo de cálculo 3D constituído por elementos de barra a simular as vigas e pilares e elementos de casca para simular lajes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo KUHL [2] As noções relativas à intervenções em obras do passado, surgidas desde o Renascimento, começaram a se afirmar a partir da segunda metade do século XVIII, para depois serem conjugadas nos conceitos relativos ao restauro. A restauração começou a assumir uma conotação cultural, se afastando das ações ditadas por motivos práticos, passando a se basear em conhecimento histórico e análises formais, com mais rigor e método nos procedimentos.

A partir do Século XX a abordagem do Patrimônio Histórico, definido até então como conjunto de edificações, objetos e documentos de valor histórico ou artístico, passou a ser analisado considerando-se a integração em seu entorno. De acordo com GRAMMONT [3] nesse contexto o conceito de monumento se estende para algumas cidades e conjuntos urbanos, passando a ser percebidos com um papel memorial de monumentos.

GIRIBOLA [4] comenta que o PAC Cidades Históricas é uma ação intergovernamental articulada com a sociedade para preservar o patrimônio brasileiro, valorizar nossa cultura e promover o desenvolvimento econômico e social com sustentabilidade e qualidade de vida para os cidadãos e suas ações serão executadas em três frentes diferentes, sendo uma delas por meio de licitação e contratação direta da obra pelo IPHAN através de licitações. A segunda frente, que será a mais comum, será aquela onde o IPHAN apenas supervisionará as obras, cabendo aos municípios a execução das obras, o projeto será elaborado pela própria prefeitura e apenas aprovado pelo IPHAN, uma vez que o projeto esteja aprovado as prefeituras poderão dar início ao processo de licitação e execução da obra. A terceira e última frente de execução dos projetos será aquela em que se tratam de espaços públicos, onde a CEF será responsável por fazer as análises posteriores à aprovação do IPHAN.

Ainda segundo GIRIBOLA [4] no estado de pernambuco as cidades de Recife e Olinda já tem ações em andamento, entre eles o Cine Teatro Duarte Coelho, localizado no bairro do Varadouro, em Olinda (PE), que já está em desuso desde 1980, que em 2005 já havia passado por obras de requalificação mas teve suas obras interrompidas. O projeto de recuperação do cinema foi desenvolvido pela Prefeitura de Olinda juntamente com a SEPRAC do município.



3.1 Conceitos

Segundo JESUS [1] em diversos países, inclusive no Brasil, os temas que envolvem as áreas urbanas centrais têm sido discutidos nas últimas décadas em fóruns que enfocam o desenvolvimento urbano, fazendo com que crescesse consideravelmente o número de trabalhos acadêmicos sobre as intervenções em edifícios inseridos nas áreas centrais, tornando necessária a criação de uma base conceitual única permitindo o completo entendimento sobre o tema.

A partir das considerações de JESUS [1] sentiu-se a necessidade de neste trabalho fazer a definição dos conceitos mais importantes no âmbito de recuperação de edificações históricas, sendo eles:

- Gutting: de acordo com CAMPOS, VELLASCO, LIMA, ANDRADE, & SILVA [5] gutting pode ser definido com sendo o tipo de intervenção através do qual as áreas internas adquirem novas características através da demolição das estruturas internas da edificação e sua parcial ou total substituição por um tipo diferente. O arranjo mais racional dos novos elementos estruturais, necessários devido à modificação de uso da estrutura, dota a edificação de novos valores estilísticos;
- Retrofit: JESUS [5] define retrofit como sendo *“a troca ou substituição de componentes ou subsistemas específicos de um edifício que se tornaram inadequados ou obsoletos, seja pelo passar do tempo, ou em função da evolução tecnológica ou de novas necessidades do usuário”*;
- Conservação: Segundo JESUS [1], o termo “conservação” está diretamente ligado com a preservação da edificação no que se refere à sua importância para a sociedade quanto aos aspectos culturais e históricos, envolvendo um conjunto de processos de maior ou menor complexidade técnica;
- Reparação: Segundo o IPHAN [6] entende-se como reparação o conjunto de operações para corrigir danos incipientes e de pequena repercussão. São exemplos: troca ou recuperação de ferragens, metais e acessórios das instalações, reposição de elementos de coberturas, recomposições de pequenas partes de pisos e pavimentações e outras;
- Restauração e Restauo: De acordo com MORAES & QUELHAS [7] a expressão restauração tem sua utilização quando se trata de intervenções em obras de arte, correspondendo a um conjunto de ações executado para que seja possível recuperar a concepção original ou momento áureo da história da edificação restaurada;
- Revitalização: A revitalização, segundo o IPHAN [6], consiste em “conjunto de operações desenvolvidas em áreas urbanas degradadas ou conjuntos de edificações de valor histórico de apoio à “reabilitação” das estruturas sociais, econômicas e culturais locais, procurando a consequente melhoria da qualidade geral dessas áreas ou conjuntos urbanos”.

3.2 O Aço na Construção Civil

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Sulamericano de Estruturas Metálicas – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

De acordo com CHAMBERLAIN, FICANHA, & FABEANE [8] o ferro começou a ser utilizado, 8.000 anos atrás, somente como adorno nas construções ou com fins militares em civilizações como o Egito, a Babilônia e a Índia, sendo que somente em meados do século XIX, como consequência da Revolução Industrial, o uso do ferro atingiu a escala industrial. A primeira grande obra construída em ferro foi a ponte do rio Severn, em Coalbrookdale, na Inglaterra, em 1779 (Figura 1), e a aplicação desse material em edifício teve como marco a construção do Palácio de Cristal em Londres, em 1851 (Figura 2).

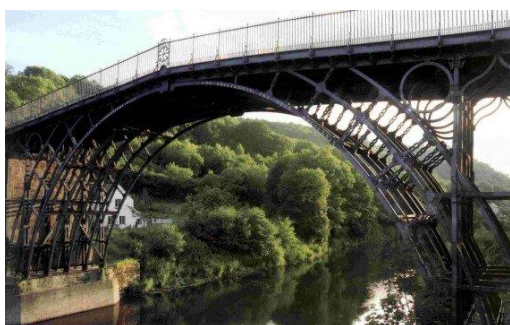


Figura 1 – Ponte de Coalbrookdale
(Fonte: (Site do Laboratório de Mecânica Computacional [9])

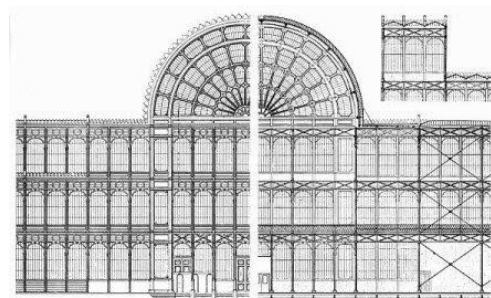


Figura 2 – Estrutura do Palácio de Cristal de Londres (Fonte: (GARONE, MARCATO, PINHEIRO, NASCIMENTO, & SILVA [10])

De acordo com BELLEI, PINHO, & PINHO [11] A utilização da estrutura metálica vem ganhando cada mais espaço na construção civil brasileira, como consequência desse cenário em 1953 a FEM, desativada em 1998., iniciou a formação de mão-de-obra especializada, bem como o ciclo completo de produção das Estruturas Metálicas. No Brasil podem ser encontrados diversos bons exemplos de construção em Estrutura Metálica como o Edifício Garagem América, construído em 1957, o Edifício Avenida Central, construído em 1961, o Edifício Escritório Central da CSN, construído em 1966 e o Edifício Casa do Comércio da Bahia.

A utilização das estruturas de aço na construção civil apresenta inúmeras vantagens em relação ao sistema convencional de concreto armado, dentre elas estão, principalmente, a elevada resistência tanto à tração como à compressão do aço e o caráter de produção industrial das peças, fazendo com que haja uma maior precisão e garantindo a homogeneidade do material.

estrutura metálica apresenta também pontos de desvantagem em relação ao sistema usual de concreto armado, sendo eles (CHAMBERLAIN, FICANHA, & FABEANE, 2013):

- Possibilidade de um custo mais elevado da obra a depender do planejamento que foi realizado;
- Alta especialização da mão-de-obra;
- Dificuldade de encontrar determinados aços e perfis em algumas regiões do Brasil;
- Tradição cultural por parte da população de determinadas regiões;
- Necessidade de mercado de componentes desenvolvidos (fachada pré-moldada, dry-wall etc.);



- Viabiliza somente elementos lineares, para lajes ainda é necessária a associação com concreto.

3.2.1 Principais normas para projetos e obras em estruturas metálicas:

“As normas são o resumo do resultado da experiência acumulada em cada área de conhecimento e devem estar em contínuo aperfeiçoamento, com base nas últimas pesquisas e testes. O seu emprego garante ao projetista um projeto seguro e econômico. Podemos empregar normas nacionais e estrangeiras, devendo-se, entretanto, tomar muito cuidado ao se misturar recomendações de diferentes normas” BELLEI, PINHO, & PINHO [11].

As principais normas ABNT aplicáveis para a construção com estruturas metálicas são:

- NBR 5884 - Perfil estrutural soldado por arco elétrico;
- NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edifícios;
- NBR 6123 - Forças devidas aos ventos em edificações;
- NBR 6648 - Chapas grossas de aço carbono para uso estrutural;
- NBR 6650 - Chapas finas à quente de aço carbono para uso estrutural;
- NBR 7007 - Aços-carbono e microligados para uso estrutural geral;
- NBR 8800 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- NBR 14323 - Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio;
- NBR 14432 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações;
- NBR 15279 - Perfil estrutural de aço soldado por eletrofusão.

3.3 Etapas para a Recuperação Estrutural

Para que seja possível a intervenção estrutural em uma edificação histórica é necessário que se obtenha a maior quantidade de informações possíveis sobre o sistema estrutural existente, de forma que seja possível a estimativa da sua capacidade de carga, bem como é necessário o desenho do reforço e os detalhes de recuperação.

O processo ideal de recuperação estrutural é único para cada edificação, tendo em vista a singularidade do sistema estrutural bem como do tipo de material e técnica utilizada durante a construção original. As etapas básicas da avaliação estrutural de uma edificação histórica devem conter uma avaliação detalhada da degradação sofrida pela construção, de forma a dimensionar os danos estruturais.

Assim como para uma nova obra em estrutura metálica as obras de intervenção em estruturas de edificações históricas devem passar por diversas fases, abrangendo desde o levantamento arquitetônico até a proteção da estrutura contra o fogo.

Durante a execução do levantamento arquitetônico deve-se coletar a maior quantidade de informações possível sobre a estrutura existente, para que seja possível a execução de um projeto compatível com a edificação já construída. Após o levantamento da arquitetura existente deverá ser executado um projeto de compatibilização da arquitetura para a nova finalidade da edificação, a partir do qual será desenvolvido o projeto de estrutura.

O projeto de intervenção na estrutura da edificação será realizado de forma a tornar possível a funcionalidade do novo projeto de arquitetura, sempre respeitando a estrutura existente da edificação. A partir do projeto de estrutura, já aprovado pelos órgãos responsáveis, será feito todo o

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Sulamericano de Estruturas Metálicas – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



detalhamento das peças que serão utilizadas na estrutura, indicando todas as ligações que deverão ser executadas.

Segundo CAVALERA apud BORGES & SÁLES [12] normalmente o processo de recuperação de um edifício engloba o processo de substituição de componentes ou inserção de outros de modo a possibilitar o completo funcionamento da estrutura. O projeto de intervenção estrutural em uma edificação é realizado após análise minuciosa que atente para as seguintes características:

- a) Segurança – É possível prever se a ruína da edificação se apresentará em curto ou médio prazo através da apresentação de sintomas como movimentação e fissuras em alguns elementos estruturais;
- b) Adequação – As atuais exigências da sociedade podem não estar de acordo com as características estéticas e funcionais existentes da edificação;
- c) Conforto – O projeto de intervenção deve conter elementos de proteção e acabamento bem como instalações que funcionem.

CAVALERA apud BORGES & SÁLES [12] observam ainda que o plano de atuação detalhado só será possível mediante inspeção preliminar da estrutura, e tal plano deve definir a estrutura ou parte dela que será estudada e seu estado de conservação. Podem ser definidos os seguintes tipos de atuação:

- a) Inspeção visual detalhada, visando o estabelecimento de procedimentos adequados:
 - Esquema estrutural: Seções, tipologias dos elementos estruturais, sistemas de apoio.
 - Sistemas de união: geometria e disposição e controle dimensional de alguns elementos.
 - Possíveis defeitos: Deformações nos elementos estruturais, inspeção de ligações soldadas e parafusadas, corrosão, deterioração, fissuras, entre outros.
- b) Tomada de amostras e ensaios destrutivos: ensaios mecânicos de qualificação do material, ensaios químicos.
- c) Ensaios não destrutivos: ensaios de soldas (radiografias, líquidos penetrantes, ultrassom), comprovação de perda de espessura, ensaios de carga.

São três as principais características que devem ser asseguradas no que diz respeito ao tipo de material utilizado nas intervenções em edificações históricas sendo elas:

- Compatibilidade: As alterações das características de rigidez da construção devem ser minimizadas, de forma que aja compatibilidade mecânico-estrutural entre a estrutura original e aquela que será introduzida.
- Durabilidade: Os materiais utilizados na recuperação estrutural devem ter longos períodos de vida, de forma que atenda à necessidade de preservação da estrutura antiga no decorrer do tempo.
- Reversibilidade: É necessário que se mantenha a possibilidade de reversão da intervenção estrutural sem que sejam provocados danos na estrutura original caso revelem sinais de incompatibilidade ou cheguem ao fim de sua vida útil.

3.4 Estudo de Caso

A edificação objeto deste estudo é o Armazém 09, localizado no Bairro do Recife, na cidade de Recife/PE. O prédio será revitalizado para que possa assumir características de edifício comercial, com escritórios e lojas, fazendo parte do conjunto de edifícios revitalizados chamado Porto Novo do Recife.

O edifício existente, com estrutura original em estrutura metálica, está localizado no entorno da área tombada pelo IPHAN para o Bairro do Recife, que se encontra inserida no setor de intervenção controlado pelo Lei Urbanística Municipal. O Armazém 9 é testemunho de valor documental,

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Sulamericano de Estruturas Metálicas – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



memorial e simbólico da arquitetura portuária que resultou da reforma do Bairro do Recife no início do século XX.

Durante estudo de viabilidade do empreendimento foram constatadas algumas características da estrutura da edificação existente que se tornaram determinantes quanto ao tipo de recuperação estrutural a ser executada. Foi observado que o grau de corrosão nas peças estruturais do armazém estava bastante elevado (Figuras 3 a 5) fazendo com que fosse descartada a possibilidade de utilização dessas peças com fins estruturais na nova estrutura, no entanto, as peças que formam a treliça da coberta se encontravam em perfeito estado (Figura 6 e 7) e foram utilizadas na nova cobertura, sendo necessária apenas a troca dos seus apoios (Figura 8 e 9).



Figura 3 – Corrosão nas estrutura existente da edificação



Figura 4– Corrosão nas estrutura existente da edificação



Figura 5– Corrosão nas estrutura existente da edificação



Figura 6 – Estrutura da coberta existente que será reutilizada

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Sulamericano de Estruturas Metálicas – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Figura 7 – Apoio existente da treliça da cobertura



Figura 8 – Apoio existente e novos apoios da treliça da cobertura



Figura 9 – Novos apoios das treliças da cobertura

A partir das informações coletadas em campo, e tomando como base o tipo de utilização que será destinada a edificação, decidiu-se pela utilização de estrutura metálica com viga mista de laje steel deck para otimização do conjunto estrutural. Com a utilização de viga mista com laje steel deck foi possível se obter uma estrutura mais leve e que não se distancie, visualmente falando, da estrutura original. Outro motivo que foi determinante na utilização da estrutura metálica foi a dificuldade de execução de estruturas em concreto armado dentro do armazém tendo a vista que não seria possível a desmontagem das treliças das coberta para a execução da nova estrutura.

3.4.1 Parâmetros de projeto para dimensionamento

Considerando que a nova estrutura do Armazém 09 será destinada para uso de fins comerciais, foram consideradas as seguintes cargas de projeto para dimensionamento da estrutura:

- Peso próprio do revestimento da laje: $0,10\text{tf/m}^2 = 0,98\text{KN/m}^2$;
- Peso próprio da alvenaria de vedação: $0,80\text{tf/m} = 7,84\text{KN/m}$

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Sulamericano de Estruturas Metálicas – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



- Sobrecarga de Utilização: $0,25\text{tf/m}^2=2,74\text{KN/m}^2$
- Peso próprio das telhas de fibrocimento: $0,01\text{Kg/m}^2=0,098\text{KN/m}^2$
- Carga de vento: as cargas de vento sobre a estrutura foram determinadas de acordo com a norma NBR 6123, considerando uma força global de $50\text{Kg/m}^2=0,49\text{KN/m}^2$

A partir das cargas de utilização estabelecidas para o dimensionamento da estrutura serão apresentadas as memórias de cálculo para os três tipos de peças utilizadas: vigas metálicas, vigas mistas aço-concreto e pilares metálicos. As peças da treliça da cobertura foram verificadas quanto ao enquadramento nas normas vigentes de dimensionamento uma vez que serão utilizadas as peças originais do armazém.

Como a quantidade de peças da estrutura é bastante elevada, será apresentado o memorial descritivo de cálculo apenas para um elemento, juntamente com um quadro resumo de todas as peças da estrutura. Para objetivo de validação dos métodos serão apresentados os esforços obtidos pelo Metálicas 3D e pelo Bridge Advanced 3D V.15, bem como o percentual de utilização de cada perfil e seus deslocamentos.

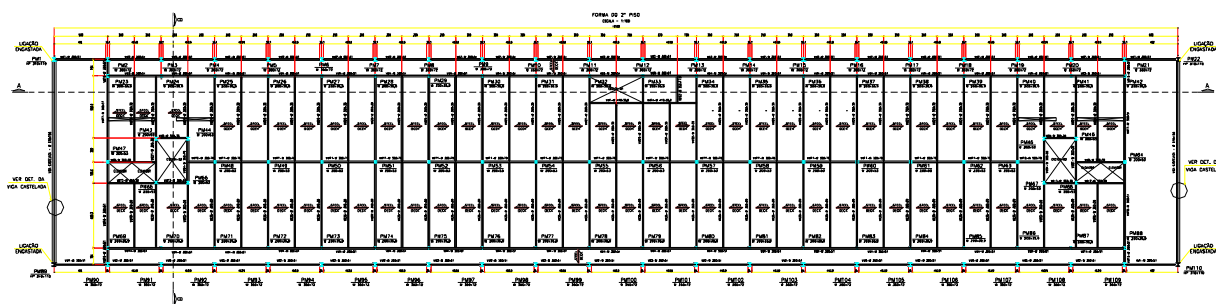


Figura 10 – Forma do pavimento tipo

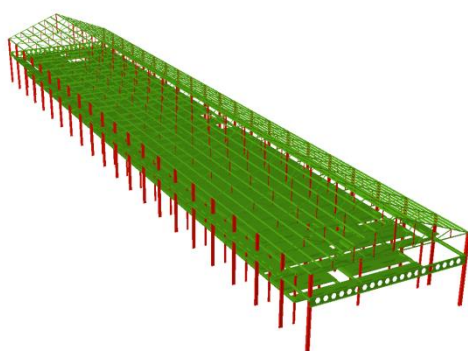


Figura 11 - Imagem 3D da estrutura dimensionada pelo Metálicas 3D

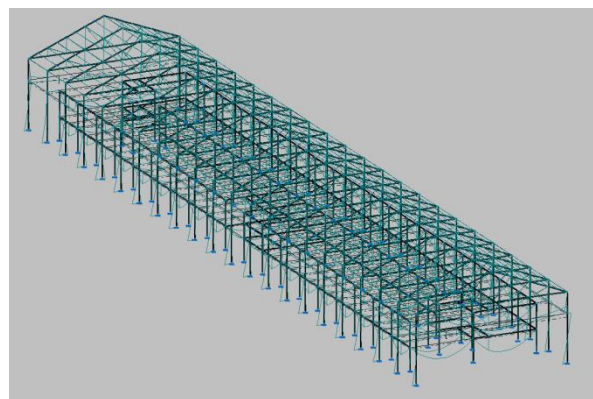


Figura 12 – Momento Y obtido pelo dimensionamento no Metálicas 3D

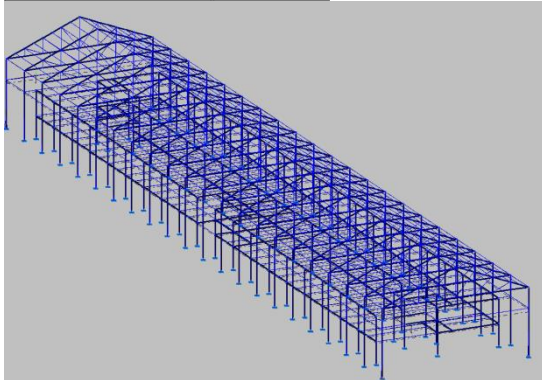


Figura 13 – Momento Z obtido pelo dimensionamento no Metálicas 3D

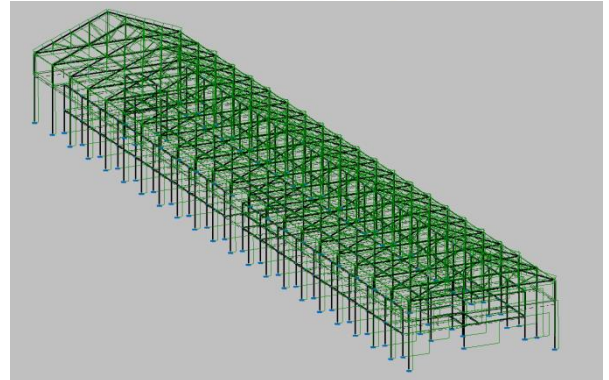


Figura 14 – Força Axial obtida pelo dimensionamento no Metálicas 3D

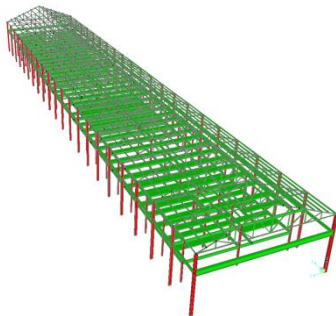


Figura 15 – Imagem 3D da estrutura dimensionada pelo Bridge Advanced 3D V.15

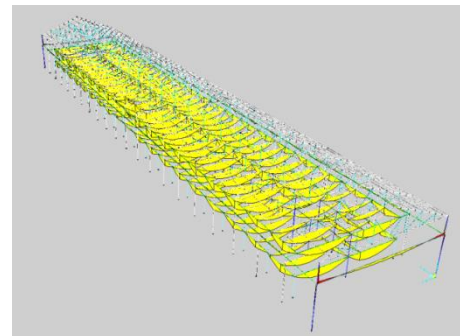


Figura 16 – Momento Y obtido pelo dimensionamento no Bridge Advanced 3D V.15

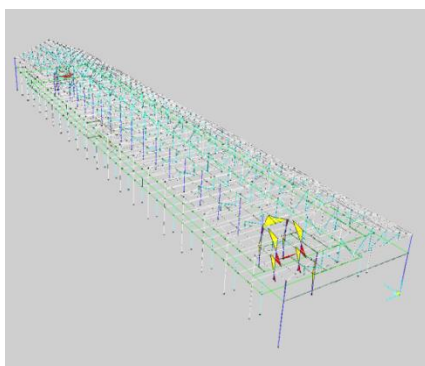


Figura 17 – Momento Z obtido pelo dimensionamento no Bridge Advanced 3D V.15

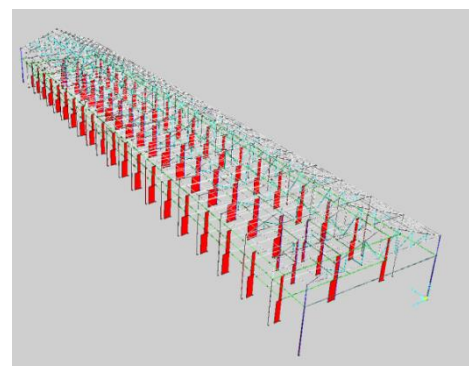


Figura 18 – Força Axial obtido pelo dimensionamento no Bridge Advanced 3D V.15



VIGA	PERFIL	TIPO	COMP. (cm)	METÁLICAS 3D				BRIDGE ADVANCED 3D				RELAÇÃO (BRIDGE/METÁLICAS 3D)			
				MOMENTO (KNcm)	CORTANTE (KN)	FLECHA (mm)	% UTIL.	MOMENTO (KNcm)	CORTANTE (KN)	FLECHA (mm)	% UTIL.	MOMENTO	CORTANTE	FLECHA	% UTIL.
VM 1	W 360x51	MET	500	218,54	1,74	0,15	3,75	214,05	1,71	0,21	0,76	98%	98%	71%	20%
VM 2	W 360x51	MET	500	2278,50	18,23	10,44	9,30	2166,18	17,33	2,14	7,68	95%	95%	21%	83%
VM 3	W 360x51	MET	500	16797,20	137,51	10,03	61,59	18124,00	152,44	15,88	64,24	108%	111%	158%	104%
VM 4	W 360x51	MET	500	15845,62	82,96	9,13	58,11	16995,00	90,77	14,66	60,24	107%	109%	161%	104%
VM 5	W 360x51	MET	500	4894,12	39,15	3,28	18,09	5598,51	44,78	5,53	19,85	114%	114%	169%	110%
VM 6	W 360x51	MET	500	4915,68	39,35	3,29	18,09	5562,43	44,97	5,55	19,72	113%	114%	169%	109%
VM 7	W 410x38,8	MET	500	7719,46	31,56	5,76	34,88	8048,00	33,97	5,90	34,87	104%	108%	102%	100%
VM7A	W 410x38,9	MET	500	7747,88	31,65	5,77	35,01	8099,00	33,25	5,93	35,10	105%	105%	103%	100%
VM 8	W 360x39	MET	297	60,76	0,81	0,00	0,30	58,55	0,79	0,00	0,28	96%	97%	0%	94%
VM 9	W 360x39	MET	445	9270,80	47,07	5,52	46,33	10379,58	41,73	9,29	49,56	112%	89%	168%	107%
VM 10	W 360x79	MET	225	85,26	1,36	0,00	0,24	80,01	1,33	0,00	0,18	94%	98%	0%	74%
VM 11	W 360x79	MET	500	22244,04	90,34	7,63	51,13	23105,66	93,70	11,79	51,27	104%	104%	154%	100%
VM 12	W 360x79	MET	435	7065,80	35,87	4,20	35,18	8520,00	28,77	7,08	18,90	121%	80%	169%	54%
VM 13	W 360x79	MET	297	60,76	0,81	0,00	0,30	58,55	0,79	0,00	0,13	96%	97%	0%	44%
VM 14	W 360x51	MET	500	14347,20	129,94	7,12	52,06	14693,00	140,29	13,85	52,08	102%	108%	194%	100%
VM 15	W 360x51	MET	130	21,56	0,55	1,48	0,77	20,31	0,53	0,03	0,07	94%	97%	2%	9%
VM 32	W 250x17,9	MET	237	19,60	0,31	0,00	0,31	17,82	0,30	0,00	0,27	91%	96%	0%	87%
MÉDIA												103%	101%	97%	82%

Tabela 1 – Esforços Solicitantes de Cálculos Nas Vigas Metálicas

VIGA	PERFIL	TIPO	COMP. (cm)	METÁLICAS 3D				BRIDGE ADVANCED 3D				RELAÇÃO (BRIDGE/METÁLICAS 3D)			
				MOMENTO (KNcm)	CORTANTE (KN)	FLECHA (mm)	% UTIL.	MOMENTO (KNcm)	CORTANTE (KN)	FLECHA (mm)	% UTIL.	MOMENTO	CORTANTE	FLECHA	% UTIL.
VM 16	W 360x51	VM	805	20348,72	100,70	19,1	51,23	20542,00	109,91	21,0	59,84	101%	109%	110%	117%
VM 17	W 360x51	VM	805	18053,56	89,71	17,0	45,48	17720,00	88,36	18,3	51,62	98%	98%	108%	114%
VM 18	W 360x39	VM	593	9486,40	62,38	5,0	23,80	10462,95	69,07	5,8	37,86	110%	111%	116%	159%
VM 19	W 360x39	VM	790	16610,02	82,54	14,7	41,60	18296,61	91,23	17,1	66,22	110%	111%	117%	159%
VM 20	W 360x39	VM	593	10071,46	66,22	4,5	25,26	10462,95	69,07	5,8	37,86	104%	104%	129%	150%
VM 21	W 360x39	VM	390	7491,12	49,49	1,2	18,79	6400,00	34,96	0,6	23,16	85%	71%	49%	123%
VM 22	W 360x39	VM	567	9245,32	63,45	4,6	23,19	9762,49	66,52	4,9	35,33	106%	105%	106%	152%
VM 23	W 360x39	VM	593	10655,54	70,05	5,6	26,72	10462,95	69,07	5,8	37,86	98%	99%	103%	142%
VM 24	W 360x39	VM	390	1757,14	16,13	0,1	4,04	2203,00	20,90	0,9	7,97	125%	130%	733%	197%
VM 25	W 360x39	VM	567	9780,40	67,12	4,7	24,53	9762,49	66,52	5,0	35,33	100%	99%	105%	144%
VM 26	W 360x39	VM	805	17632,16	87,61	15,6	44,22	18296,61	90,95	16,9	66,21	104%	104%	109%	150%
VM 27	W 360x39	VM	805	20691,72	96,04	18,3	51,90	22700,00	158,70	21,1	82,15	110%	165%	115%	158%
VM 28	W 360x39	VM	535	8380,96	60,41	4,6	21,03	8727,00	62,90	4,0	31,58	104%	104%	88%	150%
VM 29	W 360x39	VM	805	24037,44	104,56	21,0	60,29	24294,87	62,90	22,0	87,92	101%	60%	105%	146%
VM 31	W 360x39	VM	535	8380,96	64,82	4,6	21,03	8727,00	62,90	4,0	31,58	104%	97%	88%	150%
VM 33	W 360x39	VM	805	20720,14	96,19	18,3	51,97	22727,00	158,83	21,2	82,25	110%	165%	116%	158%
MÉDIA												104%	108%	143%	148%

Tabela 2 – Esforços Solicitantes de Cálculos Nas Vigas Mistas Aço-Concreto



PILAR	PERFIL	COMP. TOTAL (cm)	METÁLICAS 3D		BRIDGE ADVANCED 3D		RELAÇÃO (BRIDGE/METÁLICAS 3D)	
			AXIAL (KN)	% UTIL.	AXIAL (KN)	% UTIL.	AXIAL	% UTIL.
PM24	W 200x35,9	6,04	403,50	44,20	433,85	46,85	108%	106%
PM25	W 200x35,9	6,04	469,61	51,44	490,10	52,92	104%	103%
PM26 A PM31	W 200x35,9	6,04	490,11	53,68	515,38	55,65	105%	104%
PM32	W 200x35,9	6,04	419,36	45,94	469,42	50,68	112%	110%
PM33	W 200x35,9	6,04	348,99	38,24	350,37	37,83	100%	99%
PM34	W 200x35,9	6,04	420,03	46,01	470,40	50,79	112%	110%
PM35 A PM39	W 200x35,9	6,04	490,11	53,68	515,38	55,65	105%	104%
PM40	W 200x35,9	6,04	431,52	47,27	490,11	52,92	114%	112%
PM41	W 200x35,9	6,04	403,50	44,20	433,16	46,77	107%	106%
PM49 A PM54 E PM 58 A PM61	W 200x53	6,04	716,24	49,54	743,47	46,80	104%	94%
PM55	W 200x53	6,04	703,74	48,68	735,10	46,32	104%	95%
PM56	W 200x53	6,04	691,30	47,82	713,93	44,98	103%	94%
PM57	W 200x53	6,04	703,86	48,69	735,20	46,32	104%	95%
PM62	W 200x53	6,04	703,54	48,66	742,84	46,80	106%	96%
PM63	W 200x53	6,04	500,20	34,60	558,31	35,18	112%	102%
PM70	W 200x35,9	6,04	384,75	42,87	411,70	44,38	107%	104%
PM71	W 200x35,9	6,04	472,55	51,76	492,06	53,13	104%	103%
PM72 A PM85	W 200x35,9	6,04	490,11	53,68	514,30	55,53	105%	103%
PM86	W 200x35,9	6,04	472,55	51,76	492,16	53,14	104%	103%
PM87	W 200x35,9	6,04	391,27	42,86	411,80	44,62	105%	104%
MÉDIA							106%	102%

Tabela 3 – Esforços Solicitantes de Cálculos nos Pilares sob compressão simples



PILAR	PERFIL	COMP.	METÁLICAS 3D				BRIDGE ADVANCED 3D						RELAÇÃO (BRIDGE/METÁLICAS 3D)			
			AXIAL (KN)	My (KN.cm)	Mz (KN.cm)	% UTIL.	AXIAL (KN)	ELU VENTO X		ELU VENTO Y		% UTIL.	AXIAL	My	Mz	% UTIL.
								My (KN.cm)	Mz (KN.cm)	My (KN.cm)	Mz (KN.cm)					
PM1	HP 310x110	8,66	52,31	5583,06	4633,44	23,77	40,08	1362,20	5262,60	6017,20	1577,80	35,83	77%	108%	114%	151%
PM2	W 360x72	8,66	49,38	6388,62	735,00	20,55	54,88	1342,60	813,40	6713,00	39,20	37,39	111%	105%	111%	182%
PM3	W 360x72	8,66	49,56	8194,76	684,04	25,97	54,88	2920,40	813,40	8036,00	39,20	37,39	111%	98%	119%	144%
PM4	W 360x72	8,66	85,81	8718,08	673,26	26,92	54,88	2930,20	813,40	8134,00	29,40	42,75	64%	93%	121%	159%
PM5	W 360x72	8,66	77,36	8838,62	670,32	27,26	54,88	1773,80	813,40	8183,00	29,40	42,93	71%	93%	121%	157%
PM6	W 360x72	8,66	79,18	8881,74	665,42	27,26	54,88	1773,80	803,60	8183,00	19,60	42,83	69%	92%	121%	157%
PM7	W 360x72	8,66	79,34	8894,48	848,68	28,17	54,88	1773,80	803,60	8183,00	19,60	42,83	69%	92%	95%	152%
PM8	W 360x72	8,66	80,29	8898,40	658,56	27,06	54,88	1773,80	803,60	8143,80	9,80	42,68	68%	92%	122%	158%
PM9	W 360x72	8,66	78,01	8899,38	656,60	27,05	54,88	1773,80	803,60	8192,80	9,80	42,87	70%	92%	122%	158%
PM10	W 360x72	8,66	79,20	8900,36	651,70	26,97	54,88	1773,80	803,60	8192,80	0,00	42,87	69%	92%	123%	159%
PM11	W 360x72	8,66	79,20	8900,36	648,76	27,04	54,88	1254,40	793,80	8183,00	0,00	42,76	69%	92%	122%	158%
PM12	W 360x72	8,66	79,20	8899,38	644,84	27,12	54,88	1254,40	793,80	8183,00	0,00	42,76	69%	92%	123%	158%
PM13	W 360x72	8,66	79,19	8899,38	641,90	27,20	54,88	1254,40	793,80	8183,00	0,00	42,76	69%	92%	124%	157%
PM14	W 360x72	8,66	79,19	8898,40	638,96	27,28	54,88	1254,40	793,80	8183,00	9,80	42,76	69%	92%	124%	157%
PM15	W 360x72	8,66	79,19	8896,44	637,00	27,36	54,88	1254,40	793,80	8183,00	9,80	42,76	69%	92%	125%	156%
PM16	W 360x72	8,66	79,19	8887,62	635,04	27,42	54,88	1254,40	784,00	8183,00	19,60	42,56	69%	92%	123%	155%
PM17	W 360x72	8,66	79,19	8859,20	633,08	27,43	54,88	1254,40	784,00	8183,00	19,60	42,46	69%	92%	124%	155%
PM18	W 360x72	8,66	79,24	8764,14	631,12	27,26	54,88	1254,40	784,00	8183,00	29,40	42,59	69%	93%	124%	156%
PM19	W 360x72	8,66	79,18	8467,20	627,20	26,53	54,88	1254,40	784,00	8173,20	29,40	42,59	69%	97%	125%	161%
PM20	W 360x72	8,66	77,46	7414,68	820,26	23,52	54,88	1244,60	774,20	8036,00	39,20	41,97	71%	108%	94%	178%
PM21	W 360x72	8,66	68,12	4836,30	610,54	15,65	47,04	686,00	774,20	6713,00	39,20	36,39	69%	139%	127%	233%
PM22	HP 310x110	8,66	52,33	4996,04	2919,42	22,90	44,49	735,00	3733,80	8339,80	1577,80	34,40	85%	167%	128%	150%
PM23	W 200x35,9	6,04	346,50	910,42	0,00	42,39	353,78	0,00	0,00	1078,00	0,00	32,39	102%	118%	0	76%
PM42	W 200x35,9	6,04	343,91	769,30	0,00	42,13	353,68	0,00	0,00	1078,00	0,00	32,39	103%	140%	0	77%
PM43	W 200x53,0	6,04	231,99	0,00	0,00	16,34	220,89	0,00	970,20	78,40	970,20	20,70	95%	0	0	127%
PM44	W 200x53,0	6,04	172,61	0,00	0,00	12,15	180,22	0,00	156,80	29,40	156,80	7,98	104%	0	0	66%
PM45	W 200x53,0	6,04	172,61	0,00	0,00	12,15	180,22	0,00	254,80	29,40	166,60	9,30	104%	0	0	77%
PM46	W 200x53,0	6,04	231,98	0,00	0,00	16,33	235,79	0,00	1019,20	78,40	1019,20	21,90	102%	0	0	134%
PM47	W 200x53,0	6,04	461,02	1328,88	0,00	36,71	483,83	0,00	137,20	1528,80	68,60	27,40	105%	115%	0	75%
PM64	W 200x53,0	6,04	461,02	1203,44	0,00	36,02	483,92	0,00	58,80	1528,80	68,60	26,21	105%	127%	0	73%
PM65	W 200x53,0	6,04	304,48	0,00	0,00	21,44	317,62	0,00	989,80	78,40	989,80	17,44	104%	0	0	81%
PM66	W 200x53,0	6,04	178,64	0,00	0,00	12,58	185,51	0,00	176,40	29,40	176,40	7,35	104%	0	0	58%
PM67	W 200x53,0	6,04	178,64	0,00	0,00	12,58	185,51	0,00	156,80	29,40	176,40	7,35	104%	0	0	58%
PM68	W 200x53,0	6,04	304,48	0,00	0,00	21,43	332,71	0,00	931,00	78,40	931,00	17,55	109%	0	0	82%
PM69	W 200x35,9	6,04	338,00	910,42	0,00	41,42	351,62	0,00	0,00	1078,00	0,00	32,26	104%	118%	0	78%
PM88	W 200x35,9	6,04	320,21	669,34	0,00	36,27	351,53	0,00	0,00	1078,00	0,00	32,26	110%	161%	0	89%
PM89	HP 310x110	8,66	52,31	5583,06	4634,42	23,77	40,08	1362,20	5262,60	4478,60	2851,80	62,57	77%	80%	114%	263%
PM90	W 360x72	8,66	49,38	6388,62	735,00	20,55	54,88	1342,60	813,40	6017,20	78,40	34,76	111%	94%	111%	169%
PM91	W 360x72	8,66	49,56	8194,76	675,22	25,97	54,88	2920,40	813,40	8731,80	68,60	45,00	111%	107%	120%	173%
PM92	W 360x72	8,66	85,81	8718,08	672,28	26,92	54,88	2930,20	813,40	8829,80	58,80	45,37	64%	101%	121%	169%
PM93	W 360x72	8,66	77,36	8838,62	669,34	27,24	54,88	1773,80	813,40	8878,80	49,00	45,55	71%	100%	122%	167%
PM94	W 360x72	8,66	79,18	8881,74	665,42	27,26	54,88	1773,80	803,60	8878,80	39,20	45,45	69%	100%	121%	167%
PM95	W 360x72	8,66	79,34	8894,48	848,68	28,17	54,88	1773,80	803,60	8878,80	39,20	45,45	69%	100%	95%	161%
PM96	W 360x72	8,66	80,29	8898,40	658,56	27,06	54,88	1773,80	803,60	8839,60	29,40	45,30	68%	99%	122%	167%
PM97	W 360x72	8,66	78,01	8899,38	655,62	27,05	54,88	1773,80	803,60	8878,80	19,60	45,45	70%	100%	123%	168%
PM98	W 360x72	8,66	79,20	8900,36	651,70	26,97	54,88	1773,80	803,60	8878,80	9,80	45,45	69%	100%	123%	169%
PM99	W 360x72	8,66	79,20	8900,36	647,78	27,04	54,88	1254,40	793,80	8878,80	0,00	45,35	69%	100%	123%	168%
PM100	W 360x72	8,66	79,20	8899,38	644,84	27,12	54,88	1254,40	793,80	8878,80	0,00	45,35	69%	100%	123%	167%
PM101	W 360x72	8,66	79,19	8899,38	651,70	27,20	54,88	1254,40	793,80	8878,80	9,80	45,35	69%	100%	122%	167%

Tabela 4 – Esforços Solicitantes de Cálculos nos Pilares sob flexocompressão

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Sulamericano de Estruturas Metálicas – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



PM101	W 360x72	8,66	79,19	8899,38	651,70	27,20	54,88	1254,40	793,80	8878,80	9,80	45,35	69%	100%	122%	167%
PM102	W 360x72	8,66	79,19	8898,40	638,96	27,28	54,88	1254,40	793,80	8878,80	19,60	45,35	69%	100%	124%	166%
PM103	W 360x72	8,66	79,19	8896,44	637,00	27,36	54,88	1254,40	793,80	8878,80	29,40	45,35	69%	100%	125%	166%
PM104	W 360x72	8,66	79,19	8887,62	635,04	27,42	54,88	1254,40	784,00	8878,80	39,20	45,25	69%	100%	123%	165%
PM105	W 360x72	8,66	79,19	8859,20	636,02	27,43	54,88	1254,40	784,00	8878,80	39,20	45,25	69%	100%	123%	165%
PM106	W 360x72	8,66	79,24	8764,14	628,18	27,26	54,88	1254,40	784,00	8878,80	49,00	45,25	69%	101%	125%	166%
PM107	W 360x72	8,66	79,18	8467,20	628,18	26,53	54,88	1254,40	784,00	8829,80	58,80	45,06	69%	104%	125%	170%
PM108	W 360x72	8,66	77,46	7414,68	624,26	23,52	54,88	1244,60	774,20	8731,80	68,60	44,59	71%	118%	124%	190%
PM109	W 360x72	8,66	68,12	4836,30	615,44	15,65	47,04	686,00	774,20	7144,20	78,40	38,01	69%	148%	126%	243%
PM110	HP 310x110	8,66	52,33	4996,04	2919,42	22,90	44,49	735,00	3733,80	4478,60	2851,80	25,61	85%	90%	128%	112%
													MÉDIA	81%	90%	147%

Tabela 5– Continuação dos Esforços Solicitantes de Cálculos nos Pilares sob flexocompressão

4 CONCLUSÃO

Como foi dito no início do trabalho a recuperação estrutural em edificações históricas é um setor em crescimento no Brasil gerando a necessidade de definições de conceitos que possam ser generalizados, bem como o desenvolvimento de trabalhos que aprofundem o estudo existente sobre o tema.

O método de intervenção em edificações históricas com estrutura metálica é uma solução que satisfaz as necessidades do armazém estudado, readequando sua estrutura para reutilização sem grandes modificações na estética do projeto original.

Através da análise dos resultados obtidos pode-se constatar que os softwares utilizados para o dimensionamento e verificação da estrutura fornecem resultados similares e garantem que o dimensionamento automático da estrutura executado através do Metálicas 3D cumpre os requisitos solicitados pelas normas em vigor durante o desenvolvimento deste estudo se tornando uma ferramenta de trabalho bastante eficaz.

Agradecimentos

À Prima Engenharia de Projetos pela disponibilização dos softwares utilizados nos dimensionamentos e verificações da estrutura e ao Consórcio Porto novo do Recife por possibilitar a realização deste estudo de caso bem como visitas ao canteiro de obra para que fossem obtidas as fotos expostas.

REFERÊNCIAS

- [1] JESUS CHRISTIANO ROMANHOLO MARQUES DE Análise de custos para reabilitação de edifícios para habitação. - São Paulo : [s.n.], 2008. - p. 178.
- [2] KUHL BEATRIZ MUGAYAR A restauração de monumentos históricos na França após a Revolução Francesa e durante o século XIX: um período crucial para o amadurecimento teórico // Revista CPC. - São Paulo : [s.n.], ABRIL de 2007. - p. 143.



- [3] GRAMMONT ANNA MARIA DE A Construção do Conceito de Patrimônio Histórico: Restauração e Cartas Patrimoniais [Periódico] // PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural. - 2006. - 3 : Vol. 4. - pp. 437-442.
- [4] GIRIBOLA MARYANA Patrimônio Recuperado [Periódico] // Infraestrutura Urbana. - 2013. - pp. 18-23.
- [5] CAMPOS LUIZ EDUARDO TEIXEIRA [et al.] Utilização de estruturas de aço na reabilitação do edifício do tribunal regional do trabalho // CONSTRUMETAL- Congresso Latino-Americano da Construção Metálica. - São Paulo : [s.n.], SETEMBRO de 2006. - p. 10.
- [6] IPHAN [Online] // SITE do IPHAN. - 30 de Janeiro de 2014. - <http://portal.iphan.gov.br/portal/montarPaginaInicial.do>.
- [7] MORAES VIRGÍNIA TAMBASCO FREIRA e QUELHAS OSVALDO LUIZ GONÇALVES O desenvolvimento da metodologia e os processos de um "retrofit" arquitetônico // Sistemas e Gestão. - Niterói : [s.n.], 2012. - p. 461.
- [8] CHAMBERLAIN ZACARIAS, FICANHA RICARDO e FABEANE RICARDO Projeto e Cálculo de Estruturas de Aço [Livro]. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2013.
- [9] Site do Laboratório de Mecânica computacional [Online] // Laboratório de Mecânica computacional. - 04 de Fevereiro de 2014. - http://www.lmc.ep.usp.br/people/hlinde/estruturas/images/Historia%20-%20rev_industrial/foto22g.jpg.
- [10] GARONE PRISCILLA MARIA CARDOSO [et al.] Joseph Paxton e o Palácio de Cristal - Um Marco do Design e da Arquitetura [Periódico] // Design, Arte e Tecnologia. - 2008. - p. 15.
- [11] BELLEI ILDONY H., PINHO FERNANDO O. e PINHO MAURO O. Edifícios de Múltiplos Andares em Aço [Livro]. - São Paulo : PINI, 2008.
- [12] BORGES MARCOS LEOPOLDO e SÁLES JOSÉ JAIRO DE Recuperação estrutural de edificações históricas utilizando perfis formados a frio [Periódico] // Cadernos de Engenharia de Estruturas. - 2007. - pp. 45-62.