

ANÁLISE DA PATOLOGIA MECÂNICA DA PLATAFORMA DA ESTAÇÃO CENTRAL NO RECIFE ATRAVÉS DE ELEMENTOS FINITOS

*Paulo Martin Souto Maior
Silvio Ricardo de Sampaio Ribeiro*

RESUMO

Esta pesquisa, financiada pelo CNPQ, analisou a plataforma da Estação Central no Recife, construída em 1888. Essa estrutura foi a primeira treliça Polonceau Composta montada no país e, das três treliças importadas à capital da antiga Província de Pernambuco até aquela época, é a única que apresenta uma patologia estrutural visível, inclusive, a olho nu. O estudo reside no fato de que em todas as treliças se observa flambagem em um tirante, portanto, uma barra submetida à tração e que não poderia apresentar esse tipo de deformação. Além do mais a análise considerou que a estrutura possui vários tipos de seções, compostas por elementos laminados, fundidos e forjados, e pontos nodais articulados. Com essas variáveis e levando em consideração a complexidade do sistema identificou-se a patologia da deformação através do método de elementos finitos em conjunto com consultas aos manuais de construção do século XIX. Para isso foi necessário estudar isoladamente como cada elemento absorve os esforços normais, como funciona todo o sistema e quais as solicitações que geraram a patologia da estrutura.

PALAVRAS CHAVES: Análise estrutural; Elementos finitos; Edificação de valor histórico/cultural

ABSTRACT

The present research work was financed by CNPQ and analyzes the platform of the Recife Central Station built in 1888. Its structure was the first compound Polonceau truss framework assembled in the country and of the three truss frameworks imported to the capital of the former Province of Pernambuco, it was the only one presenting a structural pathology visible to the naked eye. The investigation resides in the fact that a tug buckling is found in every truss framework, thus a bar enduring traction and which could not present this kind of deformation. Moreover, the present analysis assumed the structure to have different section types formed by forged, molten and laminated elements as well as nodal articulated points. From these variables, and taking into consideration the system complexity, the deformation pathology was identified through the finite elements method along with consulting building handbooks from the 19th century. Hence, it was needed to separately study the way each element absorbs normal forces, how the total system works and what applications cause the structural pathology.

KEY WORDS: Structural Analysis; Finite Elements; Building with cultural/historical value

Construção e o impacto estético da Estação Central no Recife

Um dos maiores problemas para a construção da Estação Central era a localização do terreno em área de mangue. Tanto que, mesmo depois da estação iniciar suas atividades, os alagamentos ao redor do prédio fizeram, por um bom tempo, parte da rotina dos passageiros toda vez que chovia ou quando a maré subia demais. Não é a toa que mesmo antes de iniciar as fundações houve a preocupação de se concluir, “(...) *o cais de leste e a rampa ao norte do mesmo* (...)”¹ pois a estação encontrava-se na margem do rio. Esse parecia, a princípio, o indício de uma possível patologia para a deformação da estrutura, ou seja, um recalque diferencial entre as colunas.

Durante a construção, assim como aconteceu com outros prédios com estrutura metálica importada, caso do teatro Santa Isabel (1877) e do o mercado de São José (1875), a estação também foi alvo de críticas. A principal delas diz respeito ao autor do projeto, pois em artigo que saiu na seção “*publicações a pedido*” do *Diário de Pernambuco*, perguntava-se agressivamente “*Quem fez o projeto da Estação? Quem autorizou a construção de semelhante edifício, e como se estraga os dinheiros do Estado em disparates de tal ordem?(...)*”² E a crítica não parava por aí. Indagava também “(...) *como concede que se faça de um edifício grande um montão de contra-senso e se exponha ao ridículo as obras do governo!! (...)*”³

Mas não era só em relação aos aspectos estéticos que o prédio da estação causava certo descontentamento em algumas pessoas. Isto porque, ainda no mesmo artigo, alertava-se que pedras de “(...) *cantaria em cima de arco de ferro é o erro mais atrevido que até hoje ninguém conhecia! São esses os clamores que por toda a parte ouvimos dos críticos abalizados, dos zeladores dos créditos do país, e dos conhecedores e aprofundados da arte.*(...)”⁴ Na verdade trata-se do arco de cantaria que tem a função de livrar o vitral da fachada frontal da carga da parede. E vale acrescentar que pedra e chapas metálicas não entram em contato, pois existe uma camada de argamassa entre os dois materiais. Portanto, o problema foi tecnicamente bem resolvido mas, mesmo assim, repercutiu negativamente na imprensa. A crítica era, inclusive, embasada através dos conceitos do racionalismo estruturalista e dissecado em citações á Viollet-le-Duc que celebravam a utilização e exposição dos materiais construtivos conforme suas propriedades mecânicas e modelos estruturais:



“(...) Nossa arquitetura,(da França) propriamente dita monumental, é uma mentira perpétua. Habitualmente, nos edifícios toda a forma aparente é inútil e serve apenas de ornamento.

Estes pilares, que julgas feitos de alvenaria mássica, são caixas de tijolos revestidas de estuque enleando colunas de ferro fundido. Esta abobada, cuja estrutura apresenta uma obra de pedra, é uma carcaça de ferragens, coberta de argamassa de gesso. Estas ordens de colunas monumentais, nada sustentam, é atrás delas que estão estabelecidos os verdadeiros pontos de apoio.”⁵

Mas, ao observar a edificação como um todo, pode-se afirmar que os elementos metálicos foram empregados conforme as solicitações estruturais. Ainda assim, o prédio é fruto de seu tempo. Capitéis de inspiração clássica e mãos francesas decoradas com temas florais expõem o tratamento eclético em alguns de seus elementos metálicos.

Meses depois, como consequência de tamanha agressividade e como não podia deixar de ser, a comissão, encarregada da elaboração do projeto, também recorreu aos jornais. A resposta às críticas veio recheada de insinuações e ironias e, entre elas, a última frase do artigo deu o tom da vingança: *“(...) Deixemos estas questões pesadas; diz-nos a consciência que a fachada da Estação Central é melhor do que a Escola Modelo, é melhor do que o Canal de Goyanna.”*⁶ A comissão devia saber quem fez as críticas nos jornais e resolveu pagar na mesma moeda. Primeiro, criticando os projetos do suposto autor do artigo e, segundo, assinando, da mesma forma como ele havia feito, sob o pseudônimo *“Um Pedreiro da Obra”*.

Seja como for e sem que se saiba se, na verdade, eram motivos técnicos e estéticos ou até pessoais que levaram ao embate nos jornais, os comentários, tanto de um como do outro, revelam o impacto da introdução de novos modelos arquitetônicos e estruturais. Isto devido também ao fato da Estação Central representar, na época, uma nova referência na arquitetura da cidade. O contraste com as outras estações se observa, especialmente, no tamanho, bem maior, e no estilo eclético do prédio. Assim, continuaram publicando nos periódicos comentários depreciativos sobre a *“(...) vastidão do edificio e sua distribuição pareceria, talvez, maior do que era preciso (...)”*⁷, (figuras 1, 2 e 3).

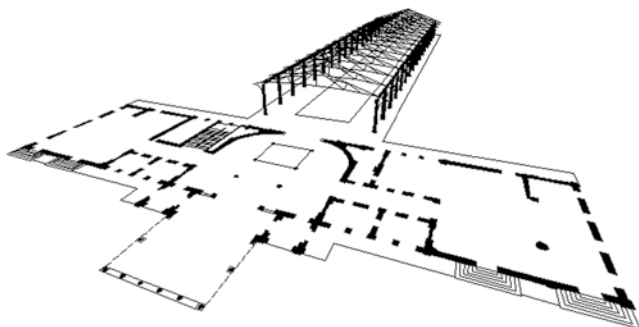


Figura 1: Planta baixa do pavimento térreo e estrutura da plataforma da Estação Central.



Figura 2: Vitral da Estação Central no Recife.



Figura 3: Fachada frontal da Estação Central no Recife.



Mesmo com tamanha representatividade para a cidade e para a região a inauguração, em 1º de novembro de 1888, ocorreu “(...) *sem a mínima solenidade, porque há falta de verba destinada para esse fim* (...)”⁸ Mas, como não podia ser diferente em um prédio daquela natureza, naquela época e devido a influência e ao capital inglês empregado na obra foi oferecido um *lunch* aos convidados⁹.

O impacto daquele prédio deve ter sido grande e, como tudo que representava o civilizado e europeu, após um período de desconfiança e talvez até inveja – na verdade um período de adaptação ao novo – os comentários nos jornais mudaram de tom e teciam apenas elogios a sua

*“(...) arquitetura procurando seguir todos os modernos conselhos da arte necessários a tais construções e assim é que na nova estação se encontram os cômodos necessários não somente para o publico como para os empregados, sendo de tal modo feita a distribuição dos lugares que facilita consideravelmente o trabalho, de saída e chegada dos trens e todos os mais serviços. A fachada é de muito bom efeito não só pela disposição do peristilo como pela ornamentação, havendo no grande arco um terraço em cujas extremidades sobressaem dos torreões encimados por oito grandes aves de rapina, em bronze. No andar superior do edifício e sua distribuição pareceria talvez maior do que era preciso, mais, se atendermos a que é esta estrada uma das que maior desenvolvimento promete e principalmente se atender-se que os poderes públicos cogitam de dar-lhe a maior extensão, levando-a além de Caruaru, ver se há que não foi de mais o que está feito e que ao contrario foi uma providencia acertada (...)”*¹⁰

Intervenções

A Estação Central sofreu basicamente três grandes intervenções. Na primeira, entre 1930 e 1945 se deu a maior agressão ao prédio, pois se retirou a escada do salão central. A intenção foi liberar espaço no vão central que dava acesso à plataforma, mas terminou por descaracterizar o seu interior.

A segunda, em 1985, ocorreu durante a construção de uma estação do metrô, anexa ao antigo edifício, e pode-se dizer que foi uma intervenção preventiva, pois se preocupou apenas com a pintura e com a recuperação de alguns elementos descaracterizados nas fachadas.

A mais importante intervenção foi iniciada em 1991. Esteve a cargo do Instituto Joaquim Nabuco a contribuição museológica e, da FUNDARPE, a prospecção arqueológica e histórica. Durante os seis anos de obras recuperaram-se importantes elementos construtivos do edifício como, por exemplo, o velho relógio London e o vitral em meia circunferência na fachada frontal¹¹.

A edificação

O edifício apresenta um bloco administrativo e outro onde se encontra a gare. Os dois são estruturalmente e arquitetonicamente diferentes. A planta simétrica e retangular mede 16.60 m por 65.10 m e se desenvolve a partir de um vão central com salas laterais. No térreo, a área central, além de dividir em dois blocos o espaço interior do edifício, serve de circulação para passageiros. No primeiro pavimento, que segue o modelo do térreo, a área central compõe-se por um mezanino e salas. A gare, com duas plataformas e duas vias, é um ambiente aberto e composto exclusivamente por uma nave em estrutura metálica, (figuras 4a, 4b, 4c, 5, 6a, 6b).



Figuras 4a, 4b e 4c: Colunas que vão do térreo ao primeiro pavimento e estrutura da coberta e da lanterna da Estação Central.



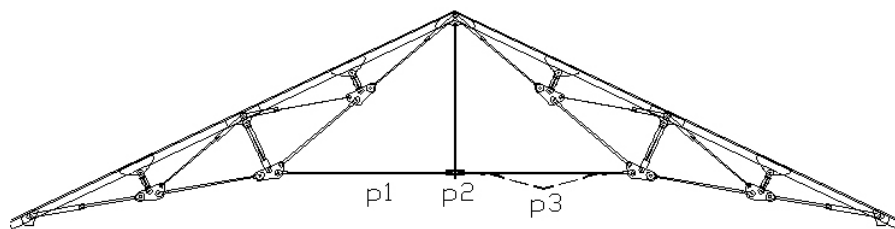
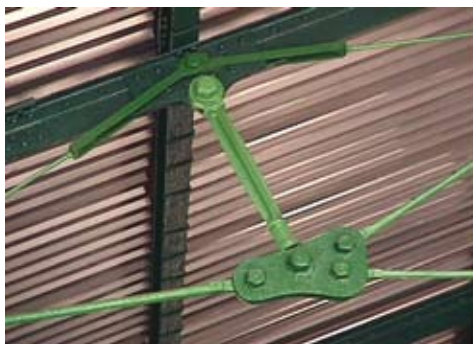


Figura 5: Treliça Poloceau com seis bielas do volume central e da plataforma da Estação Central. Nas treliças da plataforma é visível a deformação no tirante direito do banzo inferior. Os pontos p1, p2 e p3 (flecha máxima de 4,1 cm) indicam os pontos principais da análise



Figuras 6a e 6b: Detalhes das conexões entre bielas e tirantes na treliça da plataforma na Estação Central.

A fachada frontal esta composta por cinco volumes. O central, mais alto, tem como elemento de destaque um vitral de meia circunferência coroada por um frontão, aliás aquele que serviu de pano de fundo para a discórdia nos jornais. Nos extremos existem duas torres que marcam a divisão entre os volumes central e os laterais. A fachada posterior mantém disposição semelhante a frontal mas, no volume central, em vez do vitral, há uma grande janela da qual se observa a coberta da gare, (figuras 7 e 8).



Figura 7: Fachada frontal da Gare de l'Est.



Figura 8: Fachada frontal da Estação Central.

A estrutura metálica do edifício administrativo começa no salão central, com seis colunas de seção circular no térreo e que medem 4.80 m. Essas colunas suportam parte da malha de vigas do primeiro pavimento que está engastada nas paredes. O perfil dessas vigas compõe-se por sete chapas laminadas. São quatro cantoneiras que fazem a união das mesas com a alma através de rebites.

Nas fachadas os únicos elementos metálicos que sobressaem são a marquise da entrada principal, composta por colunas de fundidas e chapas dobradas, e o lanternim na coberta, sustentado por vigas laminadas. Este último é um cilindro de 3 m de diâmetro com uma altura de 8,4 m e uma pequena cúpula de 3,5 m sustentada por um tetraedro.

Na plataforma as colunas repetem o modelo do salão central e, da mesma forma, ocorre com a coberta, composta por treliças Polonceau. Neste caso trata-se de um ambiente aberto composto exclusivamente por elementos metálicos. São dezesseis pares de colunas espaçadas de cinco em cinco metros e com um vão de quatorze metros.

Ainda que construída com capital inglês, a Estação Central possui fortes referências francesas. Ao se comparar, por exemplo, com a *Gare de l'Est*, projetada por François-Alexandre Duquesney entre 1847 e 1850, pode-se constatar mais que simples semelhanças. O que mais chama a atenção nos dois edifícios é a composição da fachada frontal dividida em três volumes. Mas, os detalhes que mais aproximam esteticamente o edifício



no Recife ao de Paris são, primeiro, os vitrais em meia circunferência, onde até o desenho geométrico do interior segue o modelo francês, e, em segundo lugar, a ornamentação que acompanha o frontão composto por dentículos. Embora externamente as semelhanças sejam evidentes, não se pode dizer o mesmo em relação a proporção das duas edificações. Isto por que a estação do Recife é bem menor que o exemplo francês, (figuras 9a e 9b).



Figuras 9a e 9b: Interior da Gare de L'Est em Paris e plataforma da Estação Central no Recife.

Assim, percebe-se também que houve na Estação Central uma assimilação de estilos europeus acompanhada de referências à arquitetura colonial, ou seja, um misto de ecletismo – inclusive com brasões na entrada principal em homenagem a W. Young, F. Schmidt, Polonceau e Viollet-Le-Duc – e elementos regionais. Este aspecto se observa através de vários elementos estéticos e construtivos como, por exemplo, o frontão com dentículos, o lanternim metálico, o vitral de meia circunferência, as duas torres frontais, os grifos¹², os motivos florais metálicos na estrutura da plataforma e, em contrapartida, na composição das janelas semelhante às fachadas de alguns sobrados na cidade.

Treliça Polonceau

Foram necessários dois conceitos inovadores para que surgisse o tipo de treliça que ficou conhecida pelo nome Polonceau. Um é a deformação elástica da estrutura e, o outro, a triangulação, (figura 10).

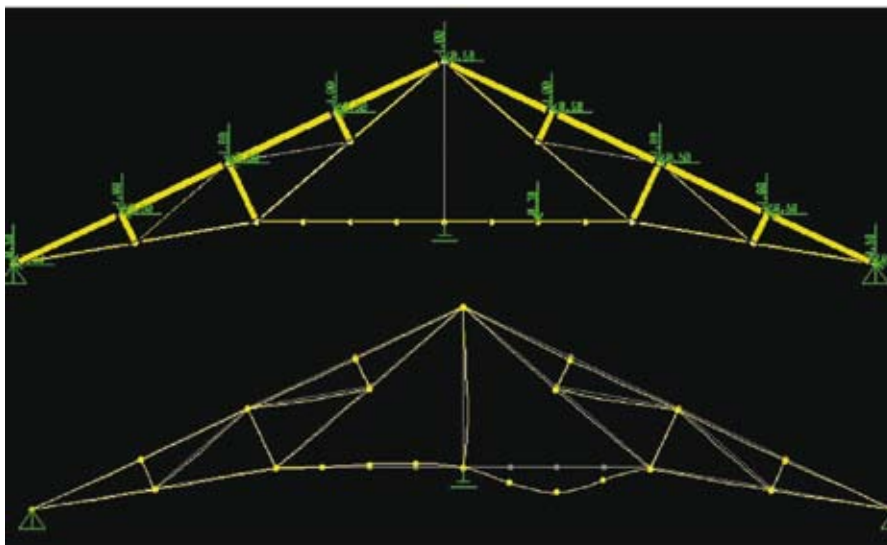


Figura 10: Hipótese de carga (G) e deformação (x 10) da treliça Polonceau. Consideraram-se, na avaliação de cargas atuantes, os elementos que compõem a cobertura, entre os quais as telhas, as terças, vento e a sobre carga normativa, totalizando 100 kg/m².

Essa evolução nasceu através de publicações e pesquisas desenvolvidas em instituições como a École des Ponts et Chaussées e a École Polytechnique. São expressivos os trabalhos Navier¹³, publicado pela primeira vez em 1826 e o de Polonceau em 1839¹⁴. O primeiro expôs a resolução das vigas com treliças através de vetores baseando-se em triângulos. Lançou assim as bases do estudo teórico que possibilitaria a transposição dos elementos de madeira para sistemas metálicos mais complexos. O Segundo introduziu uma nova solução, aplicada empiricamente apenas em pontes pênses, como as que se construíram antes sobre o rio Teen, em 1830 na Inglaterra, e a Bry-Sur-Marne, em 1833 na França. O conceito baseava-se em diminuir as seções das barras, principalmente dos elementos submetidos a tração, e introduzir conexões articuladas. O sistema possibilitaria, através de sua deformação controlada, combater, com elementos mais esbeltos e, portanto, mais leves e de menor custo, os esforços e solicitações. Em outras palavras, um sistema elástico e oposto aos de estruturas rígidas e sem graus de liberdade, aliás, como eram construídas as pontes de pedra e de madeira.

Polonceau partiu do princípio que desassociava resistência da rigidez e provou sua teoria com a construção da ponte Carrousel em 1834. Um de seus maiores méritos foi considerar que as vibrações, quando a estrutura estivesse solicitada às cargas dinâmicas e,



“(…) sous le rapport de la vibration, cette même âme en bois remplissant exactement le vide de chaque cylindre, il s’ensuit que les diverses sommes de pression produites par l’action d’un corps mobile quelconque à la surface du pont, et qui veinnet successivement s’arrêter sur les arcs, bases d’établissement de tout le système, perdent essentiellement de leur effect d’extensibilité, en s’amortissant périodiquement sur un corps dur; il est vrai, mais assez poreux pour les absorber.” Devese frisar que o novo conceito também se preocupava com a elasticidade dos materiais, pois *“(…) les fréquents effects de vibration auxquels ce pont se trouve assujetti par le fait de son ncessant service, combinaison qui justifie aussi le raisonnement que nous avons précédemment tenu sur ce principe fondamentl de l’art de bâtir (...)”*¹⁵

O conceito inovador, aquele de uma estrutura deformável, influenciou a criação do modelo de treliça com cabos metálicos tracionados e que ficou conhecida pelo nome Poloceau. A ponte foi projetada pelo pai e o filho, Camille Polonceau, aplicou o conceito às cobertas de edifícios¹⁶.

O primeiro exemplo de treliça com cabos metálicos foi empregado em um hangar na estação de Versailles em Paris em 1839.¹⁷ O inovador sistema vencia um vão de 8,40 m e representou, inicialmente, apenas mais uma alternativa às treliças de madeira que, na época, alcançavam facilmente 10 m e até 15 m. Um ano depois publicou-se, na *Revue Générale de Architecture*, aquele modelo de treliça tracionado propondo-se, então, estruturas para vãos com dimensões semelhantes as de madeira¹⁸. A partir de então se construíram modelos de até seis bielas e que possuíam vãos de mais de 50 m. Exemplo do êxito desse tipo de estrutura verifica-se através da construção de treliças Polonceau nas mais distintas regiões. Caso da América do Sul, África e Rússia.

Análise e patologia da gare

Na **primeira etapa** pesquisaram-se, em manuais de engenharia e construção do século XIX, informações sobre o comportamento estrutural das treliças Polonceau. Especificamente, o valor do módulo de elasticidade (E) do ferro fundido, idéias de concepção do modelo físico e estrutural e indícios de processos de montagem da estrutura. Entre os tratados pesquisados foram considerados, para o ensaio através de elementos finitos, o módulo de elasticidade $E = 20.000,00 \text{ Kgf/cm}^2$ ¹⁹ ou $E = 18 * 10^9 \text{ T/mm}^2$ para o ferro fundido²⁰. Vale ressaltar que, para os elementos laminados, considerou-se $21.389,00 \text{ Kgf/mm}^2$.

Na **segunda etapa** executou-se o levantamento milimétrico da estrutura. Com as dimensões das barras e o tipo de material foi possível elaborar uma pré-análise através de processo matricial de discretização por elementos de barras. Esse método considera apenas a rigidez axial das barras, ou seja, esforços normais de compressão e tração. Na concepção geométrica do sistema levaram-se em consideração apenas cargas externas aplicadas nos nós como, aliás, se observa na estrutura real, (figura 10).

Esta pré-análise de comportamento serviu para se quantificar os esforços e deslocamentos nodais. Com os dados obtidos descobriram-se quais são os limites aceitáveis para o comportamento elástico de treliças Plonceau e elaborou-se a hipótese final de carga para ensaio através de elementos finitos. Esta última etapa levou em consideração a combinação de três situações de carregamento:

1. Recalque diferencial em uma das colunas (intervalo entre 2 cm e 10 cm).
2. Tração diferencial nos tirantes do banzo inferior (no pendural e no banzo horizontal),
3. Carga no meio do vão no tirante que sofreu flambagem (intervalo entre 100 Kg e 300 Kg).



Quadro 1. Comparação dos deslocamentos dos pontos p1, p2 e p3 segundo as hipóteses de cálculo. Note-se que a hipótese de carga que mais se aproxima da deformação real da estrutura, H, é a combinação entre a sobrecarga do telhado (A), o recalque diferencial entre colunas (C), a tração diferencial no montante central (D) e a sobrecarga pontual no meio do vão do tirante (G).

Hipóteses de cargas		Deslocamentos dos nós em cm		
		P1	P2	P3
A	Sobre carga do telhado e ação do vento (deformação ideal).	-0,42	-0,168	-0,487
B	A + Recalque diferencial de 10 cm.	-4,60	-5,168	-6,30
B	A + Recalque diferencial de 5 cm.	-2,51	-2,66	-3,39
C	A + Recalque diferencial de 2 cm.	-1,46	-1,41	-1,94
D	A + Tração diferencial no pendural central e no banzo inferior direito. (tendência de giro do montante central no sentido horário 0,02 t/cm).	0,48	-0,168	-1,394
E	A + Carga pontual no meio do vão do tirante do banzo inferior (100 Kg).	0,47	-0,175	-2,58
F	A + Carga pontual no meio do vão do tirante do banzo inferior (200 Kg).	0,47	-0,182	-3,77
G	A + Carga pontual no meio do vão do tirante do banzo inferior (300 Kg).	0,47	-0,189	-4,95
H	A + C + D + G (Análise por elementos finitos)	0,02	-1,044	-3,96

Observando o quadro 1 verifica-se, primeiro, que um recalque diferencial, mesmo considerando deslocamentos da ordem de 10 cm em uma das colunas, é insuficiente para gerar a deformação do banzo inferior tal como se observa na estrutura real. Segundo que, a ação em conjunto da tração diferencial entre tirantes (banzo inferior e pendural central), tende a rotacionar o montante central e que, por sua vez, gera uma deformação do banzo inferior semelhante a que se verifica na realidade.

A **terceira etapa** concentrou-se na confecção da malha em três dimensões e na sua análise através de elementos finitos. A principal questão em relação a esse método diz respeito à articulação e rotação das barras. Isto por que o SAP 2000, software empregado, não considera articulação nem atrito entre as malhas 3D. Assim, a fim de simular as articulações e graus de liberdades que ocorrem na estrutura real da Estação Central, adotou-se, para que as deformações fossem absorvidas nos parafusos, uma distância de 1,5 mm entre cada elemento e permitir assim articular as barras. Em outras palavras, as barras en-



tram em contato apenas através dos parafusos. Exemplo do êxito desta simulação pode-se verificar na figura 11 onde se demonstra uma rotação da biela sem deformação da barra, (figura 11).

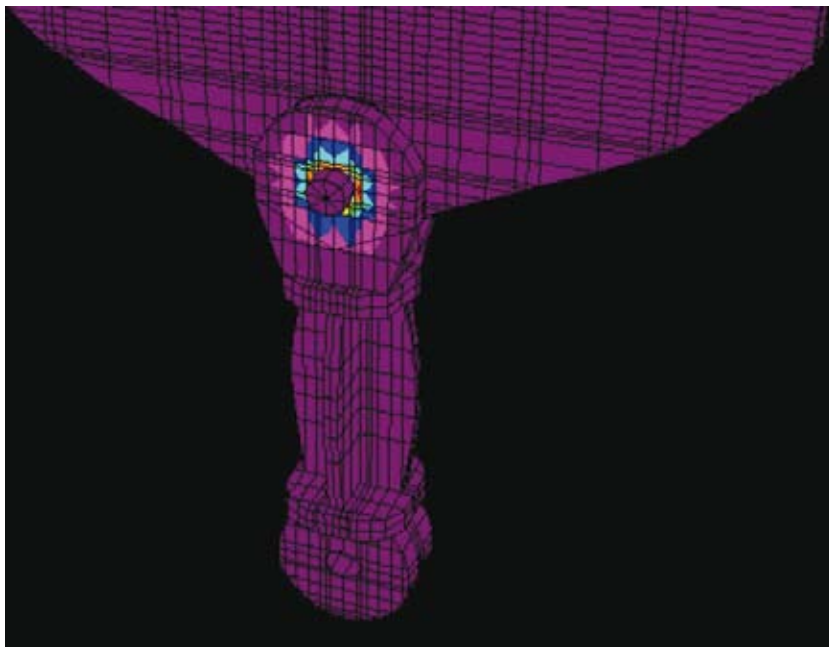


Figura 11: Biela menor da treliça Polonceau, na qual se observa rotação da barra em relação à chapa de contato com a linha da cobertura, reconstituindo assim uma articulação nodal.

Vale ressaltar que, a exceção da base do pendural, todos os nós são articulados. Esse nó específico é o único que possui movimento de corpo rígido e ligação aparafusada impedindo articulação. Essa restrição, como demonstrou o modelo por elementos finitos, contribuiu para a flambagem mais acentuada e visível a olho nu no tirante do banzo inferior da treliça, (figura 14).



Figura 14: Elemento central e no qual, possivelmente, aplicou-se, durante a construção, uma carga diferencial de tração. Isto implica, portanto, em uma flambagem residual, conforme demonstrou-se no ensaio por elementos finitos. Trata-se do único nó com restrição de movimentação (rotação no plano da treliça em X e Y) e que, conforme a hipótese de cálculo e devido a tração diferencial causou a flambagem visível.

Após verificarmos como a estrutura se deforma e quais são as cargas atuantes, a questão volta-se para a patologia da deformação. E neste ponto ganham força os dados historiográficos coletados em pesquisa aos jornais da época. O principal deles é o fato da plataforma ter sido construída sobre área alagadiça e de mangue e que, durante várias décadas, sofreu com inundações²¹. Isto indica um possível recalque em um dos lados da plataforma, (figuras 10 e 5).

Da mesma forma, os manuais do século XIX, também contribuíram para a determinação da patologia, especialmente, as informações sobre os processos construtivos. Embora não se tenha encontrado registro dos processos de montagem há, por outro lado, detalhes dos elementos desse tipo de treliça que indicam, no banzo inferior, onde se aplicava o torque para travamento e rigidez da estrutura. Assim, ao considerarmos, naquela época, que não havia instrumentos de precisão para aplicação do torque é razoável imaginarmos que se aplicaram trações diferenciadas nos banzos inferiores e no pendural como, aliás, provou o modelo por elementos finitos.

Mas, mesmo essas hipóteses de cálculo, ainda não permitem simular um comportamento semelhante ao que se verifica nas treliças da plataforma da Estação Central. No quadro de deslocamentos, o item E (A + Carga pontual no meio do vão do tirante do banzo inferior, 300 Kg) põem em evidência que, talvez em um determinado período, suspendeu-se um sistema de iluminação nos tirantes.

Essa hipótese ganha força ao se constatar que a deformação resultante é semelhante a que se verifica na estrutura real. Outras hipóteses poderiam supor um comportamento estrutural distinto para esse tipo de treliça caso houvesse oxidação ou intervenções posteriores à inauguração do prédio e que interferissem nas barras. Mas, as treliças da gare, apresentam-se originais e em bom estado de conservação.

Embora os itens A, C e D interfiram na deformação da estrutura, ao aplicarmos uma carga de 300 Kg (item G), relativa às supostas luminárias de ferro fundido, verifica-se que todo o banzo inferior da treliça assume uma configuração semelhante as da plataforma da Estação Central. Três aspectos corroboram esta hipótese, (figuras 15, 13 e 12):



Figura 15: Deformação do tirante do banzo inferior, conforme a hipótese de cálculo H, (intervalo entre -10 e $+10$ Kgf/cm, deformação x 20).

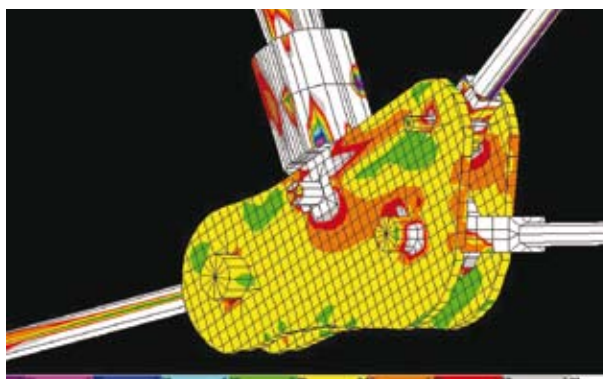


Figura 13: Detalhe da distribuição do momento máximo nas chapas de contato (intervalo entre -2 e $+2$ Kgf/cm, deformação x 20).



Figura 12: Deformação semelhante a que se observa nas treliças da plataforma da Estação Central, onde os tirantes do banzo inferior apresentam flambagem. (intervalo entre -2 e $+2$ Kgf/cm, deformação x 20).

1. Ocorre o mesmo tipo de deformação em todas as treliças da gare. Assim um sistema de iluminação suspenso nos tirantes e ao longo da plataforma geraria, invariavelmente, uma deformação semelhante em cada treliça.

2. Não seria possível, ou pelo menos pouco provável, aplicar a mesma tração diferenciada entre tirantes do banzo inferior e provocar, em todas as treliças, uma deformação semelhante.

3. Ao somarmos às condições de carregamento **A + C + D** uma carga pontual de **300 Kg** no meio do tirante (G), o banzo inferior, deforma-se **-3,96** cm contra **-4,1** cm da treliça aferida. Portanto, valor que pode ser considerado real.

Por último, vale ressaltar que a conclusão do trabalho foi possível através da compreensão do processo construtivo (montagem, fixação e empirismo na aplicação de torques nos nós articulados) e da pesquisa histórica da construção do prédio. Mesmo utilizando métodos extremamente complexos, (elementos finitos), ao final da pesquisa, o elemento que permitiu chegarmos a uma compreensão da deformação e do comportamento estrutural desse tipo de treliça foi o estudo histórico e tecnológico. Ou seja, sem o estudo do processo de montagem e da situação do terreno na época da construção do prédio não teria sido possível uma abordagem que retratasse a realidade.

Paulo Martin Souto Maior

Arqueologia – UFPE

Silvio Ricardo de Sampaio Ribeiro

FAUPE

Referência bibliográfica e documental

¹ *Diario de Pernambuco*, 02 de abril de 1885.

² *Diario de Pernambuco*, 28 de maio de 1887.

³ Idem.

⁴ Idem.

⁵ Citação de *Entretiens sur l'architecture*, de Viollet-le-Duc, publicado por primeira vez em dois volumes entre 1858 e 1872 e transcrita em artigo no *Diario de Pernambuco*, 28 de maio de 1887.

⁶ *Diario de Pernambuco*, quinta-feira, 21 de julho de 1887.

⁷ *Diario de Pernambuco*, 3 de novembro de 1888.

⁸ *Diario de Pernambuco*, 31 de outubro de 1888.

⁹ *Diario de Pernambuco*, Sábado, 3 de novembro de 1888.

¹⁰ *Diario de Pernambuco*, Sábado, 3 de novembro de 1888.

¹¹ Em 2004, a FUNDARPE (Fundação do Patrimônio Histórico e Artístico de Pernambuco), aprovou um projeto de intervenção que altera drasticamente a fisionomia e o uso do edifício transformando-o em centro cultural. O projeto foi apresentado pelo Banco do Brasil e incorpora novos blocos anexos ao prédio da estação. Por exigência da FUNDARPE, a gare não sofreu intervenção e manteve-se como espaço aberto que serve, atualmente, de circulação entre a estação do metrô e acesso ao exterior.

¹² Existem, no prédio da Estação Central, oito esculturas de águias em ferro fundido que, mesmo não se encaixando literalmente na definição de um “*animal fabuloso genericamente representado com cabeça de águia e corpo de leão alado*” podem, ainda assim ser consideradas grifos”, RUNES, Dagobert D., SCHRI-CKEL G. Harry. *Enciclopedia de las Artes*. Éxito, Barcelona, 1956, p. 843.

¹³ NAVIER, C. L. M. H, *Resumé des Leçons Données à L'Ecole des Ponts et Chaussees sur L'Aplication de la Mécanique à L'Etablissement des Constructions et des Machines*, Paris, 1833, in: GASPARINE, D. A; PROVOST, Caterina, *Early nineteenth century developments in truss design in Britain, France and the United States*, p. 257-269, in: AA. VV. *Structural Iron, 1750-1850*.

¹⁴ POLONCEAU, A. R, *Notice sur le nouveau système de ponts en font suivi dans la construction du pont du carrousel*, par A. R. Polonceau, officier de la Légion d'Honneur, inspector-divisionnaire des ponts et chaussées, vol. 1, Ed. por Carilian-Goeury et V. Dalmont, 1839.

¹⁵ ECK, Ch. Ls. Gve. *Application Générale du Fer, de la Fonte, de la Tôle et des Poteries – Traité de L'Application du Fer, de la Fonte de la Tôle dans Toutes les Constructions*. Libraires des Corps Royaux des Ponts et Chaussées et des Mines, Paris, 1841, p. 86.

¹⁶ PERDONET, M. Auguste y POLONCEAU, M. Camile. *Portefeuil fr L'Ingenieur des Chemis de Fer*, Editorial E. La Croix, Paris, 1861.

¹⁷ EMY, Amand Rose. *Traite de L'Art de la Charpenterie*. Anselin Libraire, Paris 1841, p. 285.

¹⁸ Entre 1841 e 1842, portanto, apenas dois anos após a publicação de Polonceau, se construiu em St. Petersburgo, para a cobertura do hall do Palácio de Inverno de Jorge V, uma treliça tracionada que vencia um vão de 21 metros. O projeto, do inglês de família russa Mathew Clarkde, possuía dez bielas e expõe como o modelo criado por Polonceau permitiu o surgimento de novas propostas estruturais, in: Mathew Clark and the Orginis of Russian Structural Engineering 1810-40s: An introductory biography, p. 69, 1992, in: *Construccion History – Journal of the Construction History Society*, vol. 8, 1992.

¹⁹ GIORLI, ENZIO. *Il Mecánico*, Milano, Ed. Hoelpi, 1904, p. 137.

²⁰ M. PASCAL. *Traité Pratique des Pontes Métallique*, Paris, Ed. Béranger, 1891, p. 93.

AA. VV. *Structural Iron, 1750-1850 – Studies in The History of Civil Engineering*, vol. 9, Ed. R. J. M., Sutherland, 1997.

²¹ *Diario de Pernambuco*, 02 de abril de 1885.

