

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ - UNITAU

Departamento de Engenharia Civil

Engenharia Civil

Lucas Chagas Vieira

RA: 10026616

A UTILIZAÇÃO DE TRELIÇAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Taubaté, SP

2020

Lucas Chagas Vieira

RA: 10026616

A UTILIZAÇÃO DE TRELIÇAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Taubaté, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. Jairo Cabral Júnior

Taubaté, SP

2020

Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI
Sistema Integrado de Bibliotecas -SIBi
Universidade de Taubaté - UNITAU

V658u Vieira, Lucas Chagas
A utilização de treliças na construção civil / Lucas Chagas
Vieira. -- Taubaté : 2020.
28 f. : il.

Trabalho (graduação) - Universidade de Taubaté,
Departamento de Gestão e Negócios / Eng. Civil e Ambiental,
2020.

Orientação: Prof. Me. Jairo Cabral Junior, Departamento de
Engenharia Civil.

1. Treliças (construção civil). 2. Estabilidade estrutural. 3.
Estádios. 4. Futebol. I. Título.

CDD – 624.182

RESUMO

Um dos principais elementos estruturais existentes na construção civil é a treliça. Essa estrutura triangular começou a ser utilizada na construção civil no final do século XVIII e desde então vêm ocupando cada vez mais espaço nas edificações ao redor do mundo. Por existirem em diversos formatos, além de poderem representar custos financeiros e temporais menores em uma obra, as treliças são empregadas em diversos ramos da construção civil, desde estrutura de telhados (na forma de tesouras), suporte pavimentos (como suporte de mezaninos) em pequenas construções residenciais, até utilização em grandes obras de engenharia, como construção de pontes, viadutos e estádios de futebol. Analisou-se o emprego de treliças na execução da cobertura da arena Allianz Parque, notando-se sua função estrutural e estética.

Palavras-chave: Estruturas isostáticas, Treliças, Estádio de futebol.

ABSTRACT

One of the main structural elements in civil construction is the truss. This triangular structure started to be used in civil construction at the end of the 18th century and since then it has been occupying more and more space in buildings around the world. Because they exist in different formats, in addition to representing lower financial and time costs in a work, trusses are used in several branches of civil construction, from roof structure (in the form of scissors), support floors (as support for mezzanines) in small residential constructions, until use in major engineering works, such as the construction of bridges, viaducts and football stadiums. The use of trusses in the execution of the coverage of the Allianz Parque arena was analyzed, noting its structural and aesthetic function.

Keywords: Isostatic structures, trusses, soccer stadium.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplificação de treliça.	9
Figura 2 – Bell e sua treliça	10
Figura 3 – Vista da treliça em alumínio	11
Figura 4 – Parte da estrutura de cobertura da cervejaria Brahma	12
Figura 5 – Exemplos de tipos de treliça	13
Figura 6 – Vista do Estádio Olímpico de Fisht (Sóchi). Na imagem pode-se observar o uso de treliças como cobertura das arquibancadas.	14
Figura 7 – Detalhe da Torre Eiffel. É possível verificar que toda a torre foi montada utilizando treliças	16
Figura 8 – Montanha russa construída empregando-se treliça ao longo de toda sua estrutura	16
Figura 9 – Treliça lançadeira. Essa estrutura é empregada na construção de grandes pontes e viadutos.	17
Figura 10 – Detalhe de uma laje treliçada	17
Figura 11 – Detalhe da estrutura de sustentação de mezanino. Mais uma possível utilização de treliças empregada de forma estrutural e também como elemento arquitetônico.	18
Figura 12 – Palestra Itália antes da reforma	19
Figura 13 – Projeto de reforma do Palestra Itália	19
Figura 14 – Concepção estrutural da cobertura da arena Allianz Parque	21
Figura 15 – Seção típica de uma treliça principal da arena Allianz Parque	22
Figura 16 – Detalhamento das treliças secundárias de cobertura da arena Allianz Parque	22
Figura 17 – Foto aérea da obra de reforma da arena Allianz Parque. Nessa imagem é possível observar duas das cinco treliças principais empregadas na cobertura	24
Figura 18 – Foto aérea da arena Allianz Parque.	25

Sumário

1	Introdução	7
2	Objetivos	8
2.1	Objetivo Geral	8
2.2	Objetivos específicos	8
3	Revisão Bibliográfica	9
3.1	Conceito de Treliça	9
3.2	Histórico das Treliças	10
3.3	Tipos de treliça	12
3.3.1	Treliça plana	12
3.3.2	Treliça espacial	14
3.3.3	Treliça Composta	14
3.4	Utilização de treliças no processo construtivo: características e importância	14
3.5	Utilização de treliças no processo construtivo de campos de futebol no Brasil	18
3.5.1	Utilização de treliças no processo construtivo do Allianz Parque	18
3.5.2	Projeto da cobertura da arena Allianz Parque	20
3.5.3	Elementos da cobertura	20
4	Conclusão	26
5	Referências	27

1 Introdução

Em uma construção as estruturas se caracterizam por serem as partes mais resistentes e fundamentais do processo construtivo. As estruturas são responsáveis pelas absorções e transmissões dos esforços e solicitações as quais a construção é solicitada, devendo garantir a solidez e segurança da edificação. Dentre os elementos estruturais que podem compor uma edificação, as treliças se mostram bastante vantajosas. Esses elementos constituem de barras metálicas unidas por meio de nós e são excelentes para receber e transmitir os esforços de tração e compressão (NIRSCHI, 2019). As treliças têm empregos diversos na arquitetura e na engenharia civil, uma vez que são estruturas relativamente simples e financieramente mais vantajosas que outras. Além disso, as treliças permitem uma variedade de formas e materiais, o que contribui para sua larga utilização, podendo ser percebida em construções de pontes e viadutos, coberturas de prédios, galpões e an-gares (MAGALHÃES, 1996).

Neste trabalho é proposto uma revisão teórica sobre o emprego das treliças na construção civil. Para tanto, realizou-se uma análise da literatura existente sobre o assunto. É importante salientar que o objetivo desta pesquisa não consiste em demonstrar a parte matemática das treliças e sim a parte prática de seu emprego na construção civil, culminando com o estudo do uso das treliças na Arena Allianz Parque.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Apresentar estudo sobre o uso de treliças na construção civil, suas classificações e utilização.

2.2 Objetivos específicos

- Definir, com base em normas técnicas e trabalhos disponíveis na literatura, o que são treliças;
- Classificar treliças de acordo com as suas características estruturais;
- Analisar como se dá o emprego das treliças na construção civil,
- Analisar como se dá o emprego das treliças na construção de estádios de futebol (arenas).

3 Revisão Bibliográfica

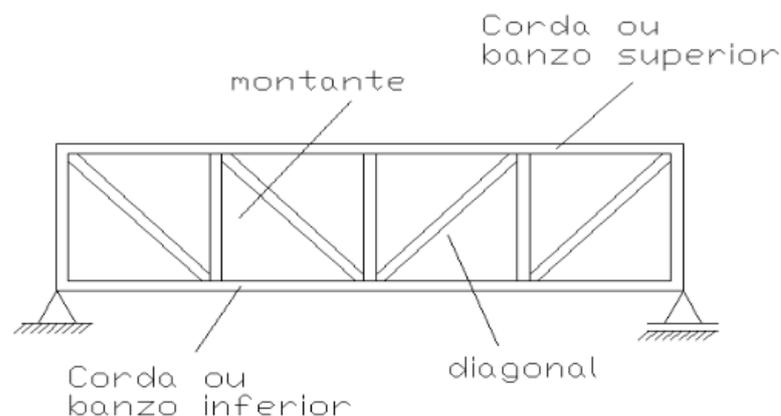
3.1 Conceito de Treliça

De acordo com Souza e Rodrigues (2008) as treliças são estruturas lineares formadas por barras retas que unidas formam painéis triangulares, cuja solicitação se dá basicamente por tração e/ou compressão. Os elementos que constituem uma treliça são:

- Corda: também chamado de banzo, esse elemento é o conjunto de barras que limitam a treliça, superior e inferiormente;
- Montante: barra vertical em uma treliça;
- Diagonal: barra com o eixo coincidente com a diagonal de um painel;
- Painel: trecho entre dois alinhamentos consecutivos de montantes,
- Nó: ponto de união entre extremidades das barras.

A Figura 1 ilustra os elementos descritos acima em uma exemplificação de treliça.

Figura 1 – Exemplificação de treliça.



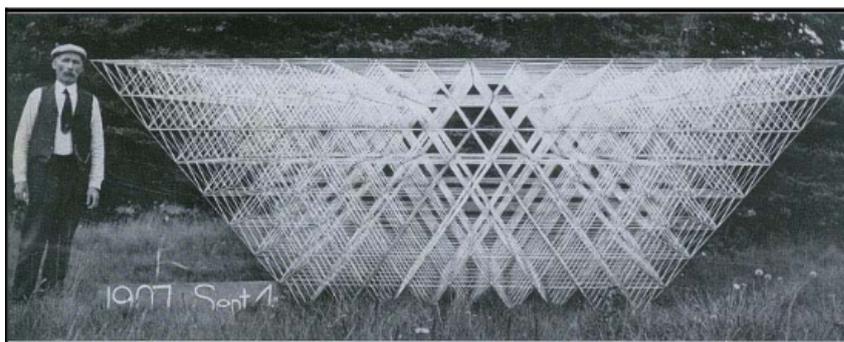
Fonte: Souza e Rodrigues (2008)

De acordo com a função de equilíbrio, as treliças recebem uma determinada classificação. A treliça pode ser totalmente isostática ou estaticamente determinada em relação ao equilíbrio mecânico aplicado à forma externa da estrutura, dessa forma podendo ser classificada em: isostático e hiperstática. Entre as principais vantagens do uso das treliças pode-se destacar a sua praticidade, uma vez que agilizam a execução da obra, são leves e fáceis de montar/usar (MAGALHÃES; MALITE, 1998; AMORIM, 2018). Além disso, a segurança é fator relevante em seu uso, uma vez que possuem forte aderência ao concreto, absorvem com facilidade o peso e o impacto do material.

3.2 Histórico das Treliças

As primeiras treliças estruturais reticuladas começaram a ser utilizadas no final do século XVIII, coincidindo com o início do emprego de ferro fundido como material estrutural. A Figura 2 ilustra foto de Bell e sua treliça espacial.

Figura 2 – Bell e sua treliça



Fonte: Souza (2003)

Segundo Souza (2003) entre os anos de 1942 e 1943 surge na Alemanha o primeiro sistema industrializado de ligação para treliças espaciais, o sistema MERO. Esse sistema é formado por uma esfera de aço onde, empegrando-se parafusos, são conectados as barras de seção tubular circular. Esse sistema foi amplamente difundido pelo mundo, impulsionando o emprego das treliças em obras de construção civil.

De acordo com Souza (2002) as primeiras aplicações de treliças espaciais foram realizadas por Graham Bell em 1907, quando desenvolveu sistemas estruturais articulados formados por barras de aço pré-fabricados.

No Brasil, a aceleração no emprego das treliças se deu em São Paulo, no final da década de 1960. Foi nessa época que foi construído o Centro de Exposições Anhembi e, para sua construção foi empregado uma treliça espacial, projetada por Cedric Marsh (engenheiro canadense), composta por 48.000 barras tubulares de alumínio, cobrindo uma

área de 62.500 m². Até os dias atuais é uma das maiores estruturas em alumínio do mundo (SOUZA, 2002). A Figura 3 ilustra a treliça.

Figura 3 – Vista da treliça em alumínio



Fonte: Alumínio (2017)

Após essa construção, inúmeras outras surgiram no país, inclusive com repercussão internacional, como foi o caso da treliça espacial empregada na cobertura da cervejaria Brahma, na cidade do Rio de Janeiro. Essa é a maior treliça espacial do mundo, cobrindo uma área de cerca de 132.000 m² com vãos livres de 30m e 60m. Outra construção de destaque foi a cobertura do Pavilhão de Feiras e Exposição de Brasília, com cobertura de aproximadamente 57.000m² construídos em apenas 100 dias (SOUZA, 2003).

Na Figura 4 é ilustrada parte da cobertura da cervejaria Brahma, no Rio de Janeiro.

Figura 4 – Parte da estrutura de cobertura da cervejaria Brahma



Fonte: Souza (2002)

A popularidade desse elemento estrutural é crescente nos dias de hoje, sendo cada vez mais utilizados em construções de pequeno e grande porte.

3.3 Tipos de treliça

As treliças, de acordo com a distribuição de seus elementos constituintes, são classificadas em planas e espaciais.

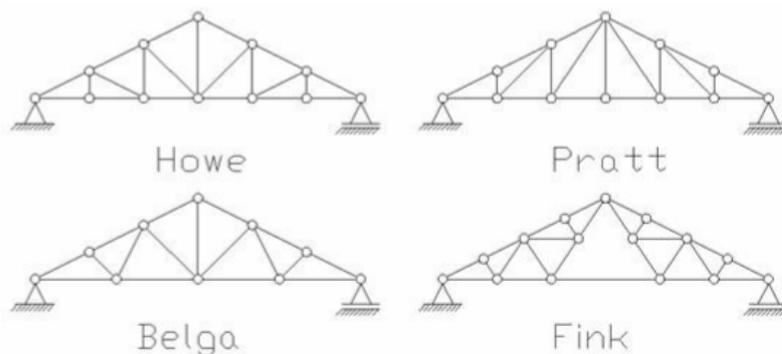
3.3.1 Treliça plana

Denomina-se treliça plana aquela cujo conjunto de elementos interligados entre si, com forma geométrica triangular, através de de pinos, soldas e parafusos e que visam estabelecer uma estrutura rígida, com intuito de resistir à esforços normais. Su principal característica consiste no fato de que todos os elementos que constituem esse tipo de treliça pertencem a um mesmo plano. A principal utilização dessas estruturas se dá em construção de pontes e coberturas (SOUZA, 2003; AMORIM, 2018).

Em se tratando das treliças utilizadas em coberturas, existem denominações especiais para estas, a depender das características empregadas na construção dessas estruturas. Em caso de telhados com baixa inclinação, onde não é possível construir uma treliça usual, com dois banzos paralelos, a disposição dos montantes pode variar de forma tal a conferir estaticidade à treliça. Esse elemento estrutural recebe o nome de tesoura (SOUZA; RODRIGUES, 2008).

A Figura 5 ilustra as principais formas de tesouras encontradas na construção civil. As definições de tipos de treliças descritos a seguir se baseiam nas definições de (SOUZA; RODRIGUES, 2008; MOREIRA, ; JUNIOR; GESUALDO; RIBEIRO, 2010)

Figura 5 – Exemplos de tipos de treliça



Fonte: Souza e Rodrigues (2008)

- Fardo longo: as treliças fardo longo apareceram em 1835 e foram desenhadas inicialmente por Stephen Long, daí a origem do nome. Nessas treliças os cabos horizontais de cima e de baixo são interligados por colunas verticais, se assemelhando a um "X" delimitado por quadrados;
- Treliça Howe: foi patenteada em 1840 por Willian Howe, apesar de não ter sido criada por ele, tendo inclusive, sido utilizada antes dessa data. Esse modelo usa verticais entre a corda superior e a inferior. É o modelo mais utilizado com madeira;
- Fardo de Pratt: esse modelo foi criado por Caleb e Thomas Pratt em 1844, sendo uma variação das treliças Howe, sendo a principal diferença o material empregado: no lugar da madeira era utilizado o aço. Outra diferença entre as duas formas de treliça fica por conta do sentido das barras, que formam "V";
- Fardo de Warren: tipo de treliça patenteado em 1848 por Willboughy Monzoni e James Warren. Essa treliça se caracteriza pela formação de triângulos isoscéles e equiláteros, isto é, as diagonais da treliça têm mesma medida,
- Fardo de Baltimore: modelo empregado comumente na construção de pontes em algumas cidades, incorpora mais suporte na parte inferior da estrutura, evitando o colapso por compressão enquanto controla também a tensão.

3.3.2 Treliça espacial

A treliça espacial é projetada para responder tanto à ação localizada quanto para distribuir de forma eficaz os esforços entre seus elementos, isto é, exige a interconexão dos elementos constituintes da treliça. As cargas axiais são suportadas pelas barras e nós, sendo distribuídas no espaço. De acordo com Souza e Rodrigues (2008) esse sistema funciona de maneira integrada, isto é, quando um membro atinge sua capacidade máxima, os demais suportam as cargas adicionais. As principais vantagens do uso das treliças espaciais são: boa relação entre peso próprio e vão da estrutura, facilidade de construção e transporte, baixo custo em comparação aos demais elementos estruturais, além de sua estética. A Figura 6 ilustra uma treliça espacial.

Figura 6 – Vista do Estádio Olímpico de Fisht (Sóchi). Na imagem pode-se observar o uso de treliças como cobertura das arquibancadas.



Fonte: Costa (2018)

3.3.3 Treliça Composta

Treliça composta é aquela formada por duas treliças simples, ligadas por três barras não simultaneamente concorrentes ou paralelas ou ainda, formada por um nó e uma barra sendo que essa barra não concorre com o nó (SOUZA; RODRIGUES, 2008).

3.4 Utilização de treliças no processo construtivo: características e importância

As treliças são peças utilizadas em diversos segmentos da construção civil para dar sustentação às estruturas. Devido ao seu formato, oferece algumas vantagens na sua

utilização. Devido sua forma, evita-se rompimentos, trazendo maior segurança em casos de esforços solicitantes maiores que o previsto. As treliças podem absorver o peso e impactos das construções. Uma viga, por exemplo, concentra o peso da estrutura, além do seu próprio peso, em sua própria estrutura linear, enquanto as treliças dividem a carga (PLANO, 2018; CAROLINA et al., 2014). Devido sua forma também, as treliças conseguem suportar mesmo peso de uma viga, por exemplo, tendo um menor peso próprio, o que acarreta em economias para a construção. A depender do material com que é confeccionada, a treliça pode apresentar melhor aderência ao concreto. Outra vantagem do uso de treliças na construção civil é a agilidade por ela proporcionada. Na execução de uma laje, por exemplo, o emprego de treliças metálicas torna a obra mais rápida de ser executada, além de proporcionar uma agradável aparência estética (PLANO, 2018).

De acordo com Galvaminas (2020) dentre as principais vantagens no uso de treliça pode-se destacar: praticidade e produtividade.

Quanto a aplicabilidade das treliças, Gissa (2020) lista algumas formas em que pode-se observar o uso de treliças na construção civil:

- Suporte à pontes;
- Suporte à estrutura de telhados (tesouras);
- Suporte à estrutura de mezaninos;
- Pré-lajes;
- Vigotas;
- Arco de telhados ;
- Confecção de torres de energia e telecomunicação,
- Pode também ser empregada em diversas etapas de construção de qualquer edificação, essencialmente na composição estrutural.

As Figuras 7, 8, 9 10 e 11 ilustram algumas dessas aplicações de treliças na construção civil.

Figura 7 – Detalhe da Torre Eiffel. É possível verificar que toda a torre foi montada utilizando treliças



Fonte: Helena (2020)

Figura 8 – Montanha russa construída empregando-se treliça ao longo de toda sua estrutura



Fonte: Simbratec (2020)

Figura 9 – Treliça lançadeira. Essa estrutura é empregada na construção de grandes pontes e viadutos.



Fonte: Simbratec (2020)

Figura 10 – Detalhe de uma laje treliçada



Fonte: ECivil (2020)

Figura 11 – Detalhe da estrutura de sustentação de mezanino. Mais uma possível utilização de treliças empregada de forma estrutural e também como elemento arquitetônico.



Fonte: Jacob (2020)

3.5 Utilização de treliças no processo construtivo de campos de futebol no Brasil

Assim como já descrito, as treliças constituem importante elemento estrutural na construção civil e, também ocupa importante espaço na construção de estádios de futebol. Não é raro notar a utilização destes elementos em uma arena esportiva, principalmente nas estruturas de cobertura. A seguir é tratado um caso específico de emprego de treliças em construção de arenas.

3.5.1 Utilização de treliças no processo construtivo do Allianz Parque

Com o advento da Copa do Mundo de 2014, sediada no Brasil, diversos estádios de futebol foram reformados e modernizados a fim de abrigar algum jogo do campeonato. Em 2010 foi proposta a resformulação do estádio da Sociedade Esportiva Palmeiras, então denominado Palestra Itália, situado na cidade de São Paulo. À época o estádio tinha cem anos de idade. A Figura 12 indica o estádio Palestra Itália e seu entorno.

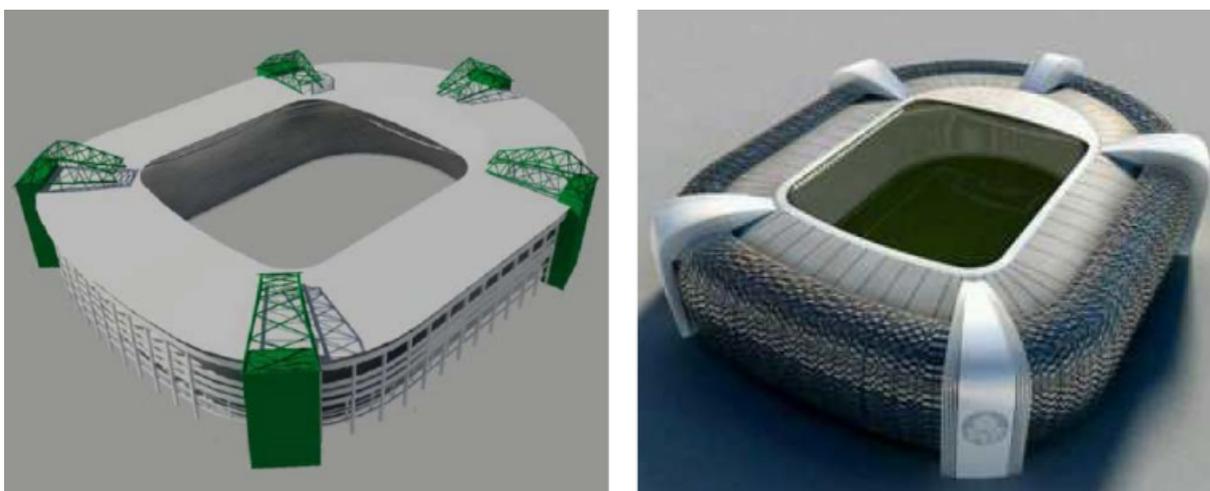
Figura 12 – Palestra Itália antes da reforma



Fonte: Abreu, Carvalho e R. (2018)

A reforma proposta dava conta de construção de prédios, quadras, estacionamento e construção de uma nova arena com capacidade para 45.000 pessoas acomodadas sentadas. O projeto da nova arena envolvia a demolição de parte das arquibancadas, substituição de vestiários e outros elementos da estrutura do Palestra Itália. Ainda era previsto a cobertura das novas arquibancadas e parte do novo gramado. Tal cobertura é sustentada por estrutura de aço treliçado, conforme a Figura 13.

Figura 13 – Projeto de reforma do Palestra Itália



Fonte: Abreu, Carvalho e R. (2018)

O projeto para reforma ficou a cargo de Edo Rocha Arquiteturas, enquanto o empreendimento ficou sob responsabilidade da WTorre construtora. As estruturas em concreto foram projetadas por César Pereira Lopez, enquanto os projetos das estruturas em aço ficaram sob responsabilidade de Laura Maria Paes de Abreu, da empresa Usiminas Mecânica, empresa responsável pelo fornecimento e montagem das estruturas.

3.5.2 Projeto da cobertura da arena Allianz Parque

A Figura 14 divulga o projeto estrutural da cobertura da Arena Allianz Parque (ABREU; CARVALHO; R., 2018). A cobertura é composta por dois semicírculos concordando com dois trechos laterais retos. Para a cobertura foram empregadas grandes treliças espaciais em aço, projetadas do topo de cinco núcleos de concreto armado, onde localizam-se escadas de acesso.

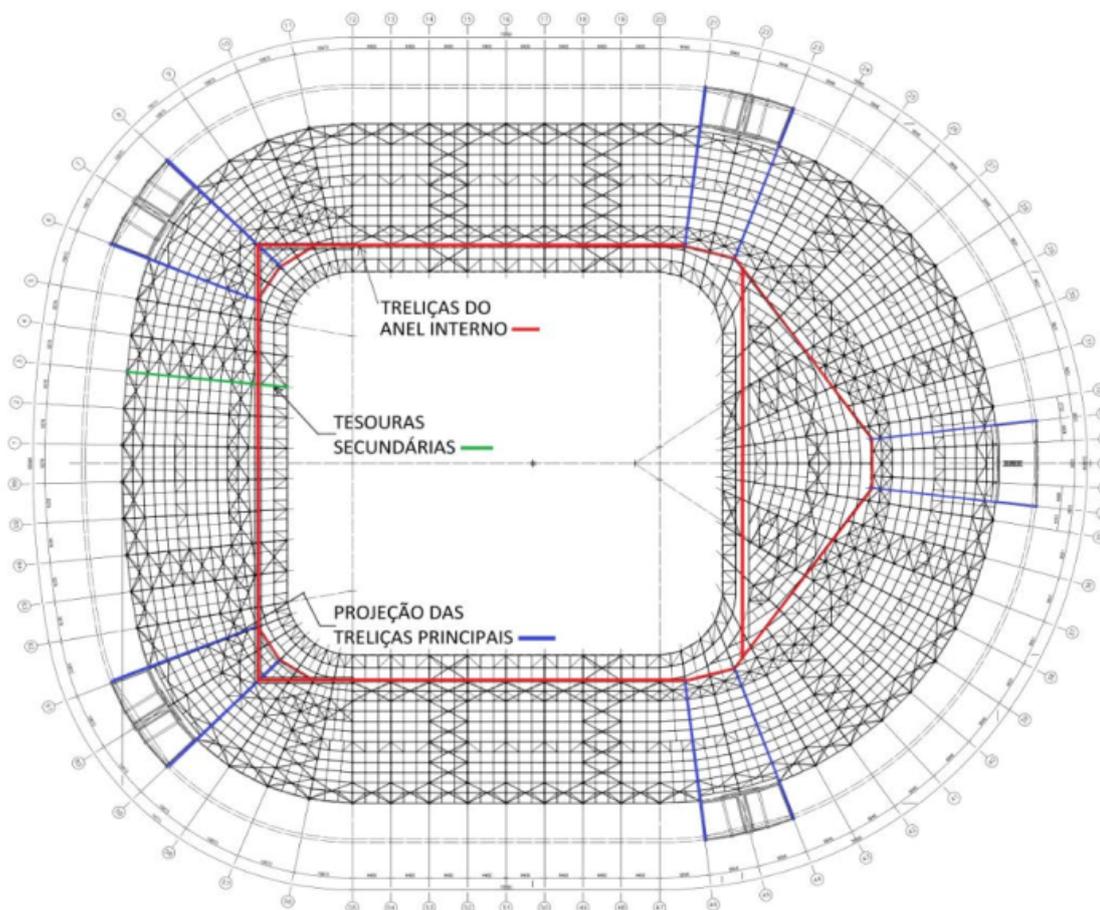
Apoiadas nas treliças principais projetou-se um anel treliçado a fim de suportar as extremidades das tesouras radiais - tesouras secundárias, eliminando o balanço dessas tesouras, a fim de não transportar momento para as arquibancadas. Para distribuir igualmente os esforços entre as treliças principais, na região semicircular da cobertura foram projetadas vigas.

De acordo com Abreu, Carvalho e R. (2018) a estrutura da cobertura da arena totalizou um peso de 22.000 kN, e abrange uma área de 23.000 m², tendo sido construída essencialmente por perfis tubulares de seções circulares e quadradas, fabricadas pela empresa Vallourec do Brasil com aço de resistência ao escoamento igual a 350 MPa (CREA, 2017).

3.5.3 Elementos da cobertura

Na Figura 14 pode-se observar os elementos constituintes principais da cobertura da arena Allianz Parque. É possível observar as tesouras secundárias, a projeção das treliças principais (que ficaram aparentes no final do projeto). Através da Figura 14 também é possível verificar todo o intertravamento desses elementos que compõem a cobertura, a fim de obter-se a estabilidade necessária para suportar o peso e esforços solicitantes das telhas (CREA, 2017).

Figura 14 – Concepção estrutural da cobertura da arena Allianz Parque



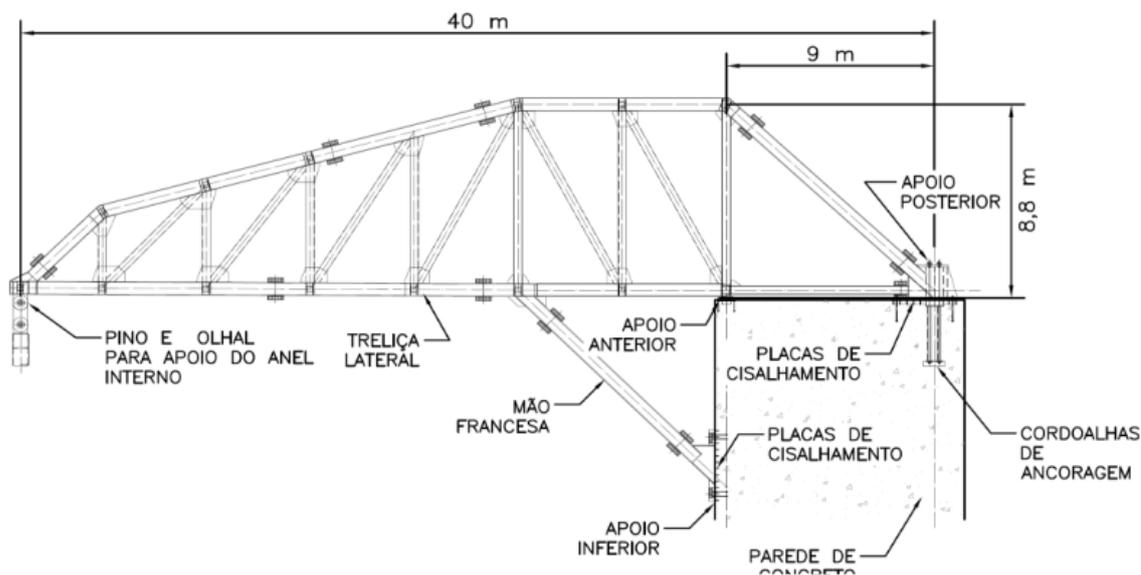
Fonte: Abreu, Carvalho e R. (2018)

As treliças principais têm altura de aproximadamente 8,80 metros e possuem balanço de 40 metros. São as principais estruturas do arranjo de cobertura, uma vez que a sustentam. Segundo Abreu, Carvalho e R. (2018), CREA (2017) o balanço gerou força de arrancamento de 7.000 kN no apoio, onde foram necessárias instalações de cordoalhas de ancoragem associadas à placas de cisalhamento capazes de suportar as ações de tração verticais e horizontais.

Empregou-se mão francesa para conectar a treliça e o pilar de concreto que a sustenta. Ao todo, nas cinco treliças principais foram utilizados cerca de 7.000 kN de perfis tubulares de aço, o que representa cerca de 30% do peso total da estrutura de aço empregada na arena.

A Figura 15 ilustra a seção típica de uma treliça principal utilizada na construção da cobertura da arena Allianz Parque.

Figura 15 – Seção típica de uma treliça principal da arena Allianz Parque



Fonte: Abreu, Carvalho e R. (2018)

A cobertura conta ainda com 66 tesouras treliçadas secundárias. Estas são treliças com altura de 2,50 metros e vão de 32 metros (ABREU; CARVALHO; R., 2018). Essas treliças têm uma das extremidades apoiadas na arquibancada feita de concreto, enquanto a outra extremidade fica apoiada no anel interno, conforme é possível observar na Figura 16.

Figura 16 – Detalhamento das treliças secundárias de cobertura da arena Allianz Parque



Fonte: Abreu, Carvalho e R. (2018)

O anel interno serve de apoio para as 66 treliças secundárias e é formado por seis treliças planas, confeccionadas com perfis tubulares laminados soldados, sendo quatro

dessas treliças dispostas ao longo das laterais do gramado, cobrindo vão de cem metros, e duas treliças que se projetam da treliça principal central, cobrindo um vão de 53 metros. De acordo com CREA (2017) as treliças laterais, cobrindo vão de cem metros, têm alturas variando de 3,50 metros nas extremidades à 6,50 metros no centro, enquanto as duas treliças que cobrem vão de 53 metros têm altura variando de 3,50 a 4,10 metros. Ainda segundo Abreu, Carvalho e R. (2018), CREA (2017), a fim de eliminar os efeitos de variação térmica, as ligações entre anel interno e treliças principais foram confeccionadas como rótulas compostas por chapas de olhal e um pino cilíndrico forjado em aço inox.

A Figura 17 mostra uma imagem aérea feita ainda no período de obras da arena Allianz Parque. Nessa imagem é possível observar duas das cinco treliças principais que compõem a cobertura da arena, ainda sendo montadas para sua posterior instalação. É possível notar a dimensão de cada uma delas, comparando-as com os caminhões guindastes que estão próximos.

Figura 17 – Foto aérea da obra de reforma da arena Allianz Parque. Nessa imagem é possível observar duas das cinco treliças principais empregadas na cobertura



Fonte: CBCA (2018)

Ao final do processo de reformulação do estádio, atribuindo característica de arena ao mesmo, o resultado obtido pode ser visto na Figura 18. As cinco treliças principais ganham papel de destaque na vislumbre da arena, não só pela sua importante função estrutural mas também pela arrojada forma arquitetônica, tornando-se cinco elementos não só com função estrutural mas também com função decorativa.

Figura 18 – Foto aérea da arena Allianz Parque.



Fonte: Band (2014)

4 Conclusão

Conclui-se que diante do exposto, concluí-se que as treliças constituem importante elemento estrutural na construção civil, uma vez que oferece vantagens frente ao uso de outras técnicas e elementos construtivos com mesma função estrutural. Devido sua forma, percebe-se que as treliças são capazes de suportar os esforços solicitantes, bem como o peso da estrutura de forma eficiente e, muitas vezes ocupando menor espaço, sendo mais leve e menos custosa quando comparadas a outras estruturas, o que proporciona mais agilidade na execução do serviço, acarretando na diminuição do valor da obra.

Nota-se também que as treliças têm diversas aplicações na construção civil, desde suporte à estrutura de pontes e telhados à estrutura de torres e outras construções, exercendo não só a importante função estrutural nas construções mas também a função arquitetônica, isto é, podendo estabelecer também função decorativa nas construções que lançam mão dessas estruturas. É o caso, por exemplo, das treliças empregadas na cobertura da arena Allianz Parque, estádio de futebol do clube paulista Palmeiras. Na última seção do trabalho analisou-se o emprego de treliças na estrutura da cobertura desta arena, evidenciando-se sua função estrutural - enquanto suporte para toda a cobertura da arena e, também, sua função estética, sendo uma estrutura aparente que chama a atenção de quem a observa.

5 Referências

ABREU, L.; CARVALHO, H.; R., H. Arena allianz parque: um projeto inovador. X Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 2018.

ALUMÍNIO, R. do. Os primórdios do anhembi. In: . Revista do Alumínio, 2017. Disponível em: <<https://revistaaluminio.com.br/os-primordios-do-anhembi/>>. Acesso em: 07 setembro 2020.

AMORIM, B. Estudo de treliças espaciais de aço ou mistas para vigamentos principais de galpões de grandes dimensões. 133 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental — Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2018.

BAND. Wtorre divulga imagens aéreas do allianz parque. In: . Band, 2014. Disponível em: <<https://esporte.band.uol.com.br/futebol/fotos/1000008745/wtorre-divulga-imagens-aereas-do-allianz-parque.html>>. Acesso em: 07 setembro 2020.

CAROLINA, A.; DIAS, H.; LUIZE, J.; L., N.; FONTANA, L.; L., F.; FERREIRA, M.; MARQUES, P.; DIAS, R.; COUTINHO, T. Estruturas treliçadas. Centro Universitário de Belo Horizonte, 2014.

CBCA. Os desafios vencidos pelo novo estádio do palmeiras. In: . Centro Brasileiro de Construção em Aço, 2018. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/-/site/noticias-detalhes.php?cod=7515bsc=orig=noticias>>. Acesso em: 07 setembro 2020.

COSTA, L. Especial copa do mundo - sochi. In: . Just Travel, 2018. Disponível em: <<http://j-usttravel.blogspot.com/2018/06/especial-copa-do-mundo-sochi.html>>. Acesso em: 07 setembro 2020.

CREA. Laudo de engenharia Arena Allianz Parque. 2017.

ECIVIL. O que é laje treliçada? In: . ECivil, 2020. Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario-que-e-laje-trelicada.html>>. Acesso em: 07 setembro 2020.

GALVAMINAS. Treliça metálica. In: . Galvaminas, 2020. Disponível em: <<https://www.galvaminas.com.br/metalica-saiba-tudo-sobre-ela/>>. Acesso em: 07 setembro 2020.

GISSA. O que é treliça? In: . Gissa, 2020. Disponível em: <<https://giassiferroeaco.com.br/o-que-e-trelica/>>. Acesso em: 07 setembro 2020.

HELENA, S. Torre eiffel reaberta em detalhes e imagens. In: . Direto de Paris, 2020. Disponível em: <<https://blog.panrotas.com.br/direto-de-paris/2020/06/29/torre-eiffel-reaberta>>.

em-detalhes-e-imagens/>.

JACOB, F. Treliça metálica é sempre mais econômica? In: . Calculista de Aço, 2020. Disponível em: <<https://calculistadeaco.com.br/trelica-metalica-e-sempre-mais-economica/>>. Acesso em: 07 setembro 2020.

JUNIOR, D.; GESUALDO, F.; RIBEIRO, L. Avaliação do comportamento mecânico de treliças de madeira do tipo howe, pratt e belga otimizadas pelo método dos algoritmos genéticos. Engenharia Civil. UM, n. 38, 2010.

MAGALHÃES, J. Sobre o projeto e a construção de estruturas metálicas espaciais. 149 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas — Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 1996.

MAGALHÃES, J.; MALITE, M. Treliças metálicas espaciais: alguns aspectos relativos ao projeto e à construção. 32 p. — Cadernos de Engenharia de Estruturas - Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, USP, São Carlos, 1998.

MOREIRA, L. Isostática parte 05. 28 p. Notas de aula — IME, Rio de Janeiro.

NIRSCHI, G. Esforços de estruturas lineares planas isostáticas. IFSP campus Votuporanga, 2019.

PLANO, A. Treliça metálica: o que é e para que serve? In: . Aço Plano, 2018. Disponível em: <<http://www.acoplano.com.br/blog/trelica-metalica-o-que-e-e-para-que-serve/>>. Acesso em: 07 setembro 2020.

SIMBRATEC. Equipamentos treliças. In: . Simbratec, 2020. Disponível em: <<http://www.simbratec.com.br/images/simbratec/equipamentos-trelica1.jpg>>. Acesso em: 07 setembro 2020.

SOUZA, A. Análise do projeto de estruturas metálicas espaciais: ênfase em coberturas. 159 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas — Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 2002.

SOUZA, A. Análise teórica e experimental de treliças espaciais. 350 p. Tese de Doutorado em Engenharia de Estruturas — Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 2003.

SOUZA, M.; RODRIGUES, R. Sistemas estruturais de edificações e exemplos. 93 p. Notas de aula — Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Departamento de Estruturas UNICAMP, Campinas, 2008.