

Estádio Nacional de Brasília: análise dinâmica por meio do método dos elementos finitos

GUSTAVO V. FIUZA LIMA - ENGENHEIRO (fiuzagustavo@hotmail.com); **LEONARDO J. GUIMARÃES RABELO** - ENGENHEIRO (leotdz@yahoo.com.br);
SUZANA MOREIRA AVILA - PROFESSOR - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3181-685X> (avilas@unb.br);
GRACIELA DOZ - PROFESSOR - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6428-4012> (graciela@unb.br) - UNB

RESUMO

NOS ÚLTIMOS ANOS, TEM-SE NOTADO A OCORRÊNCIA CRESCENTE DE VIBRAÇÕES EXCESSIVAS EM ESTRUTURAS CIVIS PROVOCADAS, EM PARTE, PELO USO DE NOVOS MATERIAIS E PELA LEVEZA E FLEXIBILIDADE QUE CARACTERIZA ALGUMAS DESSAS ESTRUTURAS. MUITAS DAS ARENAS DE FUTEBOL BRASILEIRAS APRESENTARAM PROBLEMAS DE VIBRAÇÃO EXCESSIVA, NECESSITANDO DE MONITORAMENTO E ATÉ INTERVENÇÃO. PARA A COPA DO MUNDO REALIZADA NO BRASIL (2014), ESSES ESTÁDIOS PASSARAM POR MUDANÇAS ESTRUTURAIS E ALGUNS FORAM DEMOLIDOS PARA A CONSTRUÇÃO DE NOVAS ARENAS, TORNANDO-SE NECESSÁRIA UMA ANÁLISE CRITERIOSA DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DESSAS NOVAS ESTRUTURAS. ESTE TRABALHO Foca NO ESTUDO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DO ESTÁDIO NACIONAL DE BRASÍLIA POR MEIO DA ANÁLISE NUMÉRICA DE DIFERENTES CENÁRIOS DE CARGAS DINÂMICAS GERADAS POR ATIVIDADES HUMANAS EM ARQUIBANCADAS, COMO SALTOS E MOVIMENTOS LATERAIS SINCRONIZADOS. ÀS RESPOSTAS DINÂMICAS DO ESTÁDIO SÃO COMPARADAS COM AS SUGERIDAS COMO LIMITES POR NORMAS INTERNACIONAIS. UMA VEZ QUE SE VERIFICA ALGUNS RESULTADOS EXCEDEM OS LIMITES NORMATIVOS, É PROPOSTO UM SISTEMA DE CONTROLE ESTRUTURAL BASEADO EM AMORTECEDORES DE MASSA SINTONIZADOS PARA REDUZIR A RESPOSTA DINÂMICA.

PALAVRAS-CHAVE: DINÂMICA ESTRUTURAL, VIBRAÇÕES INDUZIDAS POR PESSOAS, CONTROLE DE VIBRAÇÕES, ESTRUTURAS DE ESTÁDIOS.

1. INTRODUÇÃO

Em maior ou menor grau, estruturas podem ser solicitadas por cargas dinâmicas. Esse fenômeno torna-se cada vez mais atual, uma vez que, em geral, as estruturas estão se tornando mais leves e mais flexíveis devido aos novos padrões arquitetônicos ou ainda pelo desenvolvimento de materiais mais resistentes. Quando se trata de vibrações induzidas pelo homem, à medida que essas estruturas ficam mais flexíveis, suas frequências naturais ficam mais baixas e podem se aproximar da fre-

quência de excitação, o que pode levar a vibrações excessivas e até à ressonância.

A Copa do Mundo FIFA de 2014 foi realizada no Brasil e muitos estádios foram remodelados ou demolidos, dando lugar a arenas novas. Nesse contexto, o novo Estádio Nacional de Brasília foi construído (Figura 1). Este estádio substituiu o anterior demolido que havia sido projetado nos anos 70. Naquela época, as cargas dinâmicas e as vibrações induzidas pelas multidões eram muito negligenciadas.

Houve registro de um grande número de reclamações sobre vibrações excessivas feita pelo público que assistiu aos jogos nesses antigos estádios. Alguns deles precisaram ser monitorados e necessitaram de recuperação estrutural, como os estádios Maracanã, Morumbi e Olímpico.

Todo o exposto sugere que esses tipos de estruturas precisam ser analisados dinamicamente, pois multidões saltando nas arquibancadas podem induzir vibrações excessivas nessas estruturas levando



FIGURA 1
ESTÁDIO NACIONAL DE BRASÍLIA

FONTE: <https://www.cultuga.com.br/estadios-que-receberao-jogos-de-portugal-na-copa-do-mundo/> EM 10/3/2022

a um problema de conforto em um primeiro momento e, posteriormente, a um problema estrutural.

Uma alternativa para reduzir vibrações excessivas em estruturas civis é o controle estrutural (Saeed *et al*, 2015). Dispositivos externos são adicionados ao sistema estrutural de forma a fornecer amortecimento ou proporcionar uma transferência de energia mecânica. Um dos dispositivos de controle estrutural mais conhecidos é o amortecedor de massa sintonizado (AMS), que consiste em uma massa auxiliar que, quando sintonizada de forma adequada, transfere a energia da estrutura principal para o amortecedor, fazendo com que esta vibre fora de fase, reduzindo assim a amplitude de resposta da estrutura principal.

Neste trabalho foi realizado um estudo numérico de uma arquibancada do Estádio Nacional de Brasília, para avaliar seu desempenho dinâmico e conforto, comparando os níveis de vibração obtidos com os limites recomendados das normas internacionais. É apresentada uma proposta de controle estrutural utilizando amortecedores de massa sintonizados.

2. FERRAMENTAS E MÉTODOS

2.1 Estrutura do Estádio

O estádio foi projetado como um conjunto de pórticos de quatro colunas conectados por vigas inclinadas, que sustentam os degraus das arquibancadas. As arquibancadas são separadas em três níveis: inferior, intermediário e superior (Figura 2). Radialmente a estrutura está dividida em 12 setores independentes, 3 de cada lado, um atrás de cada gol e um em cada canto, conforme mostra a Figura 3. Todos os setores são formados pela estrutura de pórticos mostrada na Figura 2, repetidas paralelamente entre si nos setores laterais e atrás dos gols e distribuídos radialmente nos cantos.

Sobre as arquibancadas, há lajes de concreto apoiadas em vigas

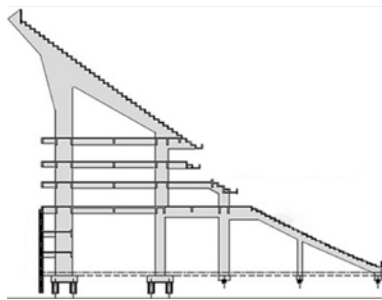


FIGURA 2
PÓRTICOS QUE SUSTENTAM AS ARQUIBANCADAS

transversais que formam seis pavimentos internos. Ao redor das arquibancadas existe uma estrutura independente formada por três fileiras circulares de colunas que sustentam

a cobertura do estádio. A cobertura do estádio tem uma coroa externa de concreto e uma estrutura interna em treliça de aço coberta por uma membrana especial que protege as arquibancadas e parcialmente o campo.

2.2 Modelo numérico

Para definir o modelo numérico, foi selecionado um pórtico de largura intermediária, dos quatro diferentes tipos de setores. Elementos finitos de casca foram usados para modelar lajes, degraus, paredes, pilares e vigas principais, e elementos finitos de barra para a simulação das vigas internas.

Os elementos de casca utilizados possuem 4 nós cada e seis graus de liberdade em cada nó. Os elementos de barra são elementos de dois



FIGURA 3
VISTA SUPERIOR DO ESTÁDIO

FONTE: <https://www.redecol.com.br/2013/06/veja-os-mapas-explicativos-e-de-acesso.html/> EM 25/1/2023