

REVISÃO DE LITERATURA IDENTIFICADA
CONCRETO PROTENDIDO EM PAVIMENTO ESPORTIVO DE GRANDE VÃO SOBRE APOIOS
INCLINADOS: REVISÃO NARRATIVA
PRESTRESSED CONCRETE FOR A LONG-SPAN SPORTS FLOOR ON INCLINED
SUPPORTS: A NARRATIVE REVIEW

João Victor Guedes Moreira¹, Arthur Almeida Tavares²

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Afya Centro Universitário de Itaperuna; ² Professor do curso de Engenharia Civil da Afya Centro Universitário de Itaperuna.

E-mail do autor correspondente: joaovictorgm2016@gmail.com

Eixo Temático: Engenharia, Tecnologia e Inovação

RESUMO

Introdução: Grandes vãos destinados a atividades esportivas exigem soluções estruturais capazes de conciliar ausência de apoios internos, controle de deformações e conforto vibratório. **Objetivo:** Analisar a viabilidade técnica de um pavimento superior de 600 m², com dimensões de 20 m por 30 m, destinado a academia e apoiado em quatro pilares inclinados, empregando concreto protendido. **Método:** Realizou-se revisão narrativa da literatura técnica e normativa sobre sistemas protendidos, ações em edificações, análise dinâmica, pilares inclinados e regiões de descontinuidade. Foram comparadas lajes nervuradas protendidas e grelhas de vigas, considerando rigidez, peso próprio, punção, estados limites de serviço e último, perdas de protensão e resposta vibratória. A análise também contemplou a decomposição das reações nos apoios inclinados e a aplicação do método de bielas e tirantes nos nós de transição e zonas de ancoragem. **Resultados:** A literatura indica que a pós-tração favorece o controle de flechas e fissuração e permite seções mais esbeltas. Para uso como academia, a análise modal e a verificação das acelerações são condicionantes, pois atividades rítmicas podem aproximar a excitação humana das frequências naturais do piso. Os pilares inclinados introduzem empuxos horizontais e flexocompressão, exigindo verificação global, fundações compatíveis e detalhamento específico das regiões descontínuas. **Conclusão:** O sistema é tecnicamente promissor, desde que o projeto executivo confirme o desempenho estático e dinâmico por modelagem numérica e dimensionamento normativo, sem substituir os resultados ainda pendentes por valores presumidos.

Palavras-chave: Concreto Protendido. Engenharia Estrutural. Pisos. Vibração. Método de Bielas e Tirantes.

ABSTRACT

Introduction: Long spans intended for sports activities require structural solutions capable of combining the absence of internal supports, deformation control, and vibration comfort. **Objective:** To analyze the technical feasibility of a 600 m² upper floor, measuring 20 m by 30 m, intended for a gym and supported by four inclined columns, using prestressed concrete. **Method:** A narrative review of technical and normative literature on prestressed systems, building actions, dynamic analysis, inclined columns, and discontinuity regions was conducted. Prestressed ribbed slabs and beam grids were compared regarding stiffness, self-weight, punching shear, serviceability and ultimate limit states, prestress losses, and vibration response. The analysis also addressed the decomposition of reactions at inclined supports and the application of the strut-and-tie method to transition nodes and anchorage zones. **Results:** The literature indicates that post-tensioning improves deflection and cracking control and enables more slender sections. For gym use, modal analysis and acceleration verification are governing criteria because rhythmic activities may bring human excitation close to the floor's natural frequencies. Inclined columns generate horizontal thrust and combined compression and bending, requiring global verification, compatible foundations, and specific detailing of discontinuity regions. **Conclusion:** The system is technically promising, provided that the detailed design confirms static and dynamic performance through numerical modeling and code-based design, without replacing pending results with assumed values.

Keywords: Prestressed Concrete. Structural Engineering. Floors. Vibration. Strut-and-Tie Method.

INTRODUÇÃO

A busca por plantas livres e espaços multifuncionais tem ampliado o emprego de sistemas estruturais capazes de vencer grandes vãos com controle de deformações. Em pavimentos elevados destinados a academias, o problema é particularmente exigente, pois o projeto deve compatibilizar cargas permanentes, equipamentos, concentração de usuários e ações rítmicas. A norma brasileira de ações em edificações fornece os valores mínimos de carregamento conforme o uso, enquanto a norma de estruturas de concreto estabelece critérios de segurança, serviço e durabilidade.^{1,2}

O concreto protendido é uma alternativa consolidada para reduzir tensões de tração, limitar fissuração e produzir contra-flechas capazes de compensar parcela das ações permanentes. O traçado e a força dos cabos, contudo, devem ser definidos com consideração das perdas imediatas e progressivas, das verificações no estado limite último e do comportamento em serviço.³⁻⁶

Em estruturas de piso com grandes dimensões, a concepção pode envolver lajes nervuradas protendidas ou grelhas de vigas protendidas. A seleção depende da rigidez, do peso próprio, da transferência de esforços aos apoios e da segurança ao funcionamento. Além disso, pisos submetidos a saltos, exercícios aeróbicos e equipamentos sincronizados devem ser avaliados por análise modal e resposta dinâmica, pois o atendimento apenas às condições estáticas não garante conforto aos usuários.^{2,5,6}

A utilização de quatro pilares inclinados modifica a trajetória das cargas e gera, além da força axial, componentes horizontais que podem demandar amarração e fundações específicas. Nas ligações entre o pavimento, os pilares e as ancoragens de protensão surgem regiões de descontinuidade nas quais a hipótese clássica de distribuição linear de deformações deixa de ser adequada. Nessas zonas, o método de bielas e tirantes permite representar campos comprimidos, tirantes tracionados e nós de equilíbrio.^{2,7-9}

Diante desse contexto, o objetivo desta revisão é analisar a viabilidade técnica de um pavimento esportivo superior de 600 m², com vão de 20 m por 30 m, executado em concreto protendido e apoiado em quatro pilares inclinados, identificando os critérios determinantes de concepção, dimensionamento, conforto vibratório e detalhamento das regiões de descontinuidade.

MÉTODO

Foi realizada uma revisão narrativa, de caráter técnico-aplicado, a partir das referências bibliográficas reunidas no trabalho de origem. O corpus incluiu normas brasileiras e internacionais, livros de concreto armado e protendido e artigos clássicos sobre dimensionamento de pisos pós-tensionados e método de bielas e tirantes.

A análise concentrou-se em documentos publicados entre 1987 e 2023, sem busca sistemática reproduzível em bases bibliográficas. Foram incluídas fontes relacionadas a: ações em edificações; projeto de estruturas de concreto; concreto protendido; lajes e grelhas de vigas; análise de pilares; regiões de descontinuidade; método de bielas e tirantes; e requisitos de execução e fundações. Foram excluídas fontes sem relação direta com o sistema estrutural estudado e páginas comerciais usadas apenas como apoio operacional.

Os conteúdos foram organizados em quatro categorias: concepção do sistema horizontal; estados limites e protensão; comportamento dinâmico do pavimento; e apoios inclinados com regiões de descontinuidade. Por se tratar de revisão narrativa baseada no acervo do TCC, não foram aplicados protocolo PRISMA, fluxograma de seleção ou metanálise. Também não se atribuíram valores numéricos a resultados de modelagem que permanecem pendentes no documento original.

RESULTADOS

Concepção do pavimento e protensão

A literatura indica que a protensão é adequada a grandes vãos por introduzir compressão prévia no concreto e por possibilitar o balanceamento de parcela das cargas permanentes. Em comparação com soluções convencionais, lajes nervuradas e grelhas protendidas podem reduzir o peso próprio

e controlar flechas, mas a escolha deve resultar de comparação entre consumo de materiais, rigidez, execução, punção e distribuição das cargas concentradas dos equipamentos.³⁻⁶

Estados limites e durabilidade

O dimensionamento deve contemplar combinações de ações nos estados limites último e de serviço, tensões no concreto, fissuração, deformações imediatas e diferidas, resistência à flexão e ao cisalhamento, além das perdas de protensão. A classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal condicionam a durabilidade e o nível de proteção das armaduras. A execução deve preservar posicionamento dos cabos, ancoragens, injeção quando aplicável e controle tecnológico do concreto.^{1,2,10,11}

Comportamento dinâmico

O uso como academia torna a resposta dinâmica um critério de projeto. A frequência fundamental isoladamente é um indicador preliminar; a avaliação consistente deve incluir modos de vibração, distribuição de massa, amortecimento, frequências de excitação e acelerações resultantes. Caso a resposta não seja aceitável, podem ser necessários aumento de rigidez, alteração geométrica, redistribuição de massa ou restrição de atividades e equipamentos em zonas sensíveis.^{2,6}

Apoios inclinados e regiões de descontinuidade

Os pilares inclinados recebem esforços de flexocompressão e geram componentes horizontais que precisam ser equilibradas pela superestrutura e pelas fundações. A estabilidade global e os efeitos de segunda ordem devem ser verificados no modelo espacial. Nos nós de transição e nas zonas de ancoragem, o método de bielas e tirantes oferece uma representação coerente do fluxo de tensões e orienta o dimensionamento das armaduras de tirante, confinamento, costura e fretagem.^{2,7-9,12}

Em síntese, as referências sustentam a viabilidade conceitual do sistema, mas não permitem declarar aprovação estrutural sem resultados completos de modelagem, esforços, frequências, acelerações, flechas, tensões e detalhamento. A conclusão definitiva depende da etapa de projeto e não pode ser inferida apenas da revisão bibliográfica.

CONCLUSÃO

As evidências analisadas mostram que o concreto protendido pode viabilizar um pavimento esportivo de 600 m² sem pilares internos, sobretudo pelo potencial de controlar flechas, fissuração e peso próprio. A solução, entretanto, é governada não apenas pela resistência, mas também pelo desempenho em serviço, especialmente conforto vibratório, e pela transferência segura das ações aos quatro apoios inclinados.

A principal contribuição da revisão é integrar, em uma única análise, protensão, dinâmica de pisos, estabilidade de pilares inclinados e regiões de descontinuidade. Na prática, recomenda-se que a solução final seja validada por modelo tridimensional, análise modal, verificação das acelerações e detalhamento pelo método de bielas e tirantes. Estudos futuros devem comparar quantitativamente laje nervurada e grelha de vigas, avaliar diferentes inclinações dos apoios e investigar sistemas de fundação capazes de absorver os empuxos horizontais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 6120:2019: ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT; 2019.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 6118:2023: projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT; 2023.
3. Carvalho RC. Estruturas em concreto protendido. 2a ed. São Paulo: Pini; 2017.
4. Emerick AA. Projeto e execução de lajes protendidas. Brasília: Ed. do Autor; 2002.
5. Nawy EG. Prestressed concrete: a fundamental approach. 5th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall; 2006.
6. Aalami BO, Jurgens J. Guidelines for the design of post-tensioning floors. Concr Int. 2003;25(1):77-83.

7. Schlaich J, Schäfer K, Jennewein M. Toward a consistent design of structural concrete. PCI J. 1987;32(3):74-150.
8. Fusco PB. Técnica de armar estruturas de concreto. São Paulo: Pini; 1995.
9. American Concrete Institute. ACI 318-19: building code requirements for structural concrete and commentary. Farmington Hills: ACI; 2019.
10. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 8681:2003: ações e segurança nas estruturas - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT; 2003.
11. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 14931:2004: execução de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT; 2004.
12. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 6122:2019: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT; 2019.