

# Avaliação da vulnerabilidade sísmica do Palácio do Planalto

PHILIPPE Q. RODRIGUES – MESTRE, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4661-1136>, [engcivil.philip@gmail.com](mailto:engcivil.philip@gmail.com);

JOÃO DA COSTA PANTOJA – PROF., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0763-0107>, [engcivil.philip@gmail.com](mailto:engcivil.philip@gmail.com) – UNB;

PAULO DE SOUZA T. MIRANDA – PROF. – IFCE

## RESUMO

**Classificado como** país de baixa sismicidade, o Brasil está situado na intraplaca sul-americana. No entanto, aumento no número de registros sísmicos no país resultou na produção da norma brasileira de sismos ABNT NBR 15421. A capital brasileira possui edificações da arquitetura moderna que necessitam ser conservadas, perpetuando traços históricos, culturais e sociais. Este artigo visa avaliar a vulnerabilidade sísmica da estrutura de concreto armado do Palácio do Planalto pelo

método de Hirosawa. As características físicas e geométricas da estrutura, como resistência característica do concreto e área da seção transversal dos pilares são consideradas. Analisou-se a estrutura em diferentes cenários. Os resultados indicam que a estrutura na atual zona sísmica de Brasília e classe de terreno não apresenta vulnerabilidade sísmica. Todavia, quando a estrutura está assentada em zonas sísmicas superiores, o comportamento é incerto. Os índices estimados possibilitam uma tomada de decisão caso ocorra alteração de zona sísmica ao longo dos anos.

**PALAVRAS-CHAVE:** VULNERABILIDADE SÍSMICA, PATRIMÔNIO EDIFICADO, PALÁCIO DO PLANALTO, MÉTODO HIROSAWA.

## 1. INTRODUÇÃO

Brasília, capital do Brasil, é rica em monumentos da arquitetura moderna, como o Palácio do Planalto, Palácio da Alvorada, Palácio do Itamaraty e Palácio da Justiça, todos construídos totalmente em estruturas de concreto armado nos anos 60 e 70. Não apenas esses edifícios, mas alguns outros são agora considerados Patrimônio Mundial e Nacional da Humanidade. Foi ela a primeira cidade no século XX a ser tombada pela UNESCO.

Além do processo natural de degradação ou ainda da ausência de programas de conservação, manutenção e restauração, a ocorrência de sismos não deve ser descartada na busca pela preservação deste patrimônio.

Embora o Brasil não esteja situado em zona de vulnerabilidade sísmica de alto risco, sendo, portanto, as estruturas em seu território projetadas negligenciando as ações horizontais decorrentes da aceleração horizontal do solo, as atividades sísmicas têm aumentado no norte e nordeste do país. Essas, em geral, derivam da reativação de falhas sísmicas ou ainda da criação de novas falhas, consequência das tensões de

compressão na placa sul-americana. Os registros históricos demonstram abalos sísmicos acima de 5 graus de magnitude na escala Richter – suficientemente severo para causar danos potenciais às estruturas (Tedesco, 1998).

Salienta-se que frequentemente são observados sismos de magnitude inferior a 5. A título de exemplo, no ano de 2022, sete tremores foram

reportados somente no Estado de Minas Gerais, dois no mês de maio, na cidade Sete Lagoas, com magnitude de 2,6, sem relato de danos. Ainda neste ano, próximo à cidade de Mara Rosa, Goiás, houve tremor com magnitude 3,7 em 15 de abril, conforme observatório sismológico da UnB.

Em 2006, dada a constatação crescente de maiores atividades sísmicas no Brasil e por exigências internacionais quanto à adequação das normas brasileiras acerca das ações sísmicas, foi publicada a ABNT NBR 15421:2006 – Projeto de estruturas resistentes a sismos (MIRANDA, 2013).

Uma vez considerado um país de estabilidade sísmica, poucos pesquisadores têm avaliado a vulnerabilidade sísmica dos edifícios brasileiros. Miranda (2021) desenvolveu uma abordagem exaustiva das estruturas que representam os edifícios de Fortaleza, capital do Ceará e cidade com alto risco sísmico. Correlacionou as ações sísmicas (S) aplicadas nas estruturas com as ações do vento (V) definindo o parâmetro (S/V). Os valores deste parâmetro indicam um comportamento sísmico duvidoso das estruturas em concreto armado, principalmente com menor número de pavimentos. Filho (2021)

**Tabela 1**  
Atividade sísmica no Brasil

Cidade/Estado	Magnitude (Escala Richter)
Manaus – AM (1963)	5,6
Serra do Tombador – MT (1963)	6,6
Mato Grosso do Sul (1964)	5,4
Pacajus – CE (1980)	5,2
Codajás – AM (1983)	5,5
João Câmara – RN (1986)	5,1
João Câmara – RN (1989)	5,0
Plataforma – RS (1990)	5,0
Porto Gaúcho – MT (1998)	5,2
Acre/Amazonas (2007)	6,1
Itacarambi – MG (2007)	4,9
Acre (2021)	5,9

Fonte: Miranda (2013)

analisou dois edifícios típicos de seis pavimentos em Brasília e os resultados alcançados indicaram que as edificações são sismo resistentes na Zona o e sobre solos de baixa resistência mecânica.

Neste contexto, o presente artigo trata da avaliação da vulnerabilidade da estrutura do Palácio do Planalto, situado em Brasília. Para este propósito, a metodologia japonesa, baseada no método de Hirosawa adaptado (MIRANDA, 2013), foi aplicada na estrutura de concreto armado, a fim de conhecer o desempenho da edificação e a vulnerabilidade sísmica em diferentes cenários, como variação de classe de solo, importância dos edifícios, aceleração horizontal do solo ou ainda o nível de deterioração. Esta pesquisa está inserida dentro do Laboratório de Reabilitação do Ambiente Construído (LABRAC), vinculado ao PPG-FAU-UnB, cujo objetivo é integrar inovação, desenvolvimento de ferramentas tecnológicas e conservação do patrimônio.

## 2. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE ESTRUTURAL

A Organização Pan-Americana da Saúde (PAHO) classifica os métodos para avaliação estrutural em métodos quantitativos e qualitativos. Este é sugerido para avaliar de forma simples e rápida um conjunto de edifícios ou ainda corroborar o nível de segurança de uma estrutura. Por outro lado, os métodos quantitativos são aplicados quando os métodos qualitativos não são capazes de definir a segurança do edifício. Entre os métodos qualitativos, o Método de Hirosawa adaptado (MIRANDA, 2013) destaca-se por ser um método de rápida aplicação e permitir uma análise preliminar do parque edificado. Nesta avaliação, o desempenho sísmico de uma estrutura de concreto armado é verificado comparando-se dois índices (1): índice de desempenho sísmico e índice de solicitação sísmica  $I_{SO}$ . Calcula-se o índice de desempenho sísmico. Este indica a máxima resposta elástica do coeficiente de cisalhamento a que cada pavimento pode resistir (HIROSAWA, 1992). Este índice é comparado com o índice de solicitação sísmica da estrutura. Caso o valor de  $I_S \geq I_{SO}$ , o edifício tem segurança face

a um evento sísmico. Por outro lado, se  $I_S$  é inferior a  $I_{SO}$ , a edificação pode ter desempenho incerto frente a um sismo assumido (Figura 1).

$$[1] \quad I_S \geq I_{SO}$$

O índice  $I_S$  (2) é resultado do produto do subíndice de desempenho estrutural, subíndice de configuração estrutural, e subíndice de deterioração estrutural.

$$[2] \quad I_S = E_0 \cdot S_D \cdot T_D$$

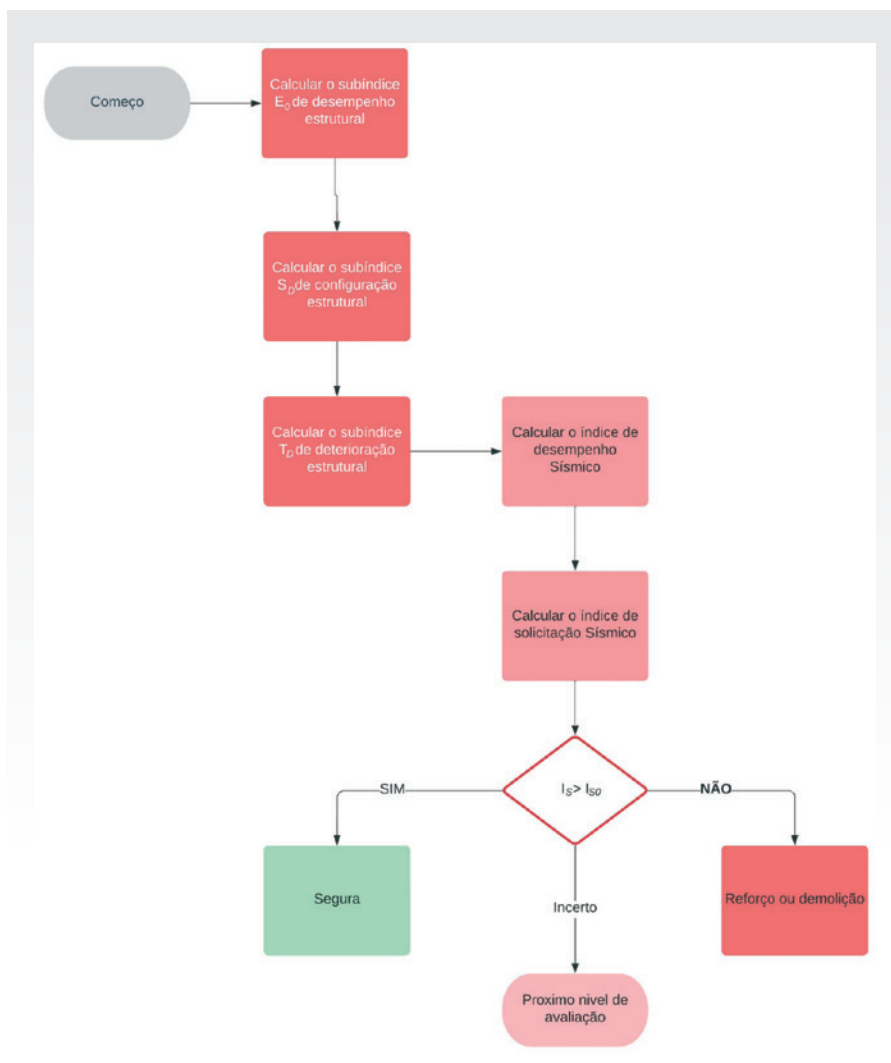
Onde

$E_0$ : subíndice de desempenho básico estrutural;

$S_D$ : subíndice de configuração estrutural;  
 $T_D$ : subíndice de deterioração estrutural.

O subíndice  $E_0$  (3) considera o número total de pavimentos, número de pavimentos sob avaliação, tensão última cisalhante e a ductilidade dos elementos estruturais como também o tipo de falha. Todos os elementos verticais como pilares devem ser incluídos, e também definidos se são curtos ou não.

$$[3] \quad E_0 = \left\{ \left( \frac{n+1}{n+i} \right) \right\} \cdot a_1 \left[ \frac{f_c}{20} \cdot \frac{(\tau_{c1} \cdot A_{c1} + \tau_{c2} \cdot A_{c2})}{W} \right] \cdot F_c$$



► **Figura 1**

Fluxograma da sequência de procedimentos de cada nível de avaliação sísmica

Fonte: Os autores (2022)

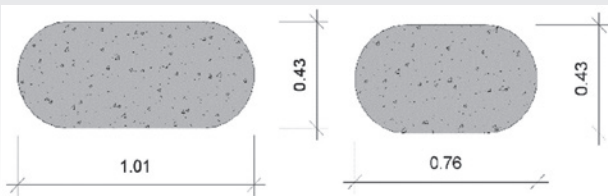


► **Figura 2**  
Palácio do Planalto  
Fonte: Os autores (2022)

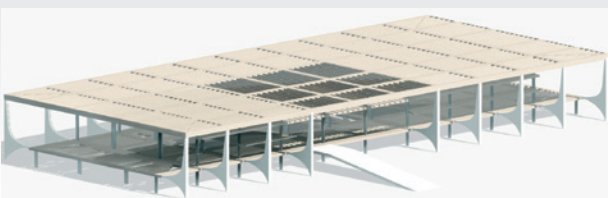
Onde:

- n: número de pavimentos do edifício;
- i: número de pavimentos sob avaliação;
- a<sub>i</sub>: fator de redução da capacidade resistente dos pilares de acordo com o deslocamento das paredes verificado no momento da ruptura das paredes;
- a<sub>i</sub> = 0,7 (se C<sub>w</sub> = 0, a<sub>i</sub> = 1,0);

- f<sub>c</sub>: resistência à compressão do concreto (kgf/cm<sup>2</sup>);
- A<sub>cr</sub>: somatório das áreas de seção transversal dos pilares cuja altura livre dividida pela base da seção do pilar é menor que 6,0 (cm<sup>2</sup>);



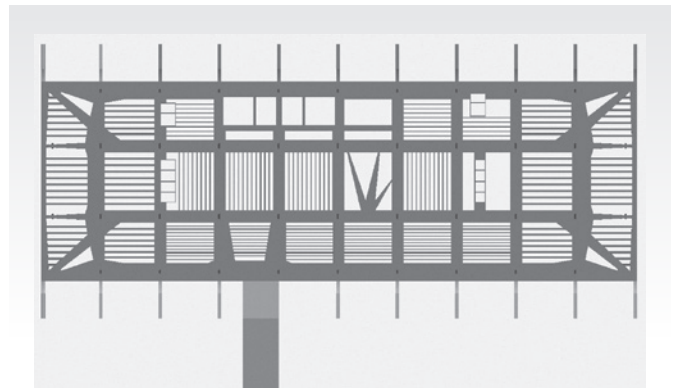
► **Figura 3**  
Seção transversal dos pilares internos  
Fonte: Os Autores (2022)



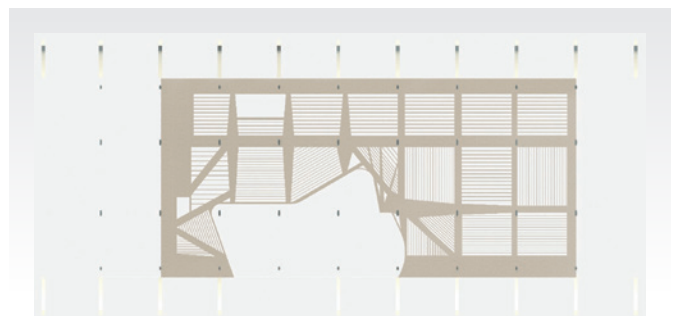
► **Figura 4**  
Modelo 3D do Palácio do Planalto  
Fonte: Os Autores (2022)

- A<sub>c2</sub>: somatório das áreas de seção transversal dos pilares cuja altura livre dividida pela base da seção do pilar é maior ou igual a 6,0 (cm<sup>2</sup>);
- τ<sub>cr</sub>: resistência média ao cisalhamento no estado limite último dos pilares cuja altura livre;
- dividida pela base da seção do pilar é menor que 6,0, podendo ser tomada como 10 kgf/cm<sup>2</sup>;
- W: peso da estrutura acima do pavimento analisado (kgf).

O método considera três elementos verticais no desempenho estrutural: pilares, pilares curtos e paredes de concreto e assume a ductilidade destes elementos por meio do índice de ductilidade F<sub>c</sub>. Os valores de F<sub>c</sub> para pilares de concreto armado cuja razão entre a altura livre (h<sub>0</sub>) e a base da seção do pilar (D) é maior que 2, F<sub>c</sub> = 1,0, para pilares



► **Figura 5**  
Forma da primeira laje do Palácio do Planalto  
Fonte: Os Autores (2022)



► **Figura 6**  
Forma da segunda laje do Palácio do Planalto  
Fonte: Os Autores (2022)

curtos cuja a razão  $h_o/D < 2$ ,  $F_c = 0,8$  e paredes de concreto sem pilares na extremidade,  $F_c = 1,0$ .

O subíndice  $S_D$  (4) leva em consideração a influência da irregularidade da estrutura ou rigidez, distribuição de massa e é estimado considerando a irregularidade do plano, a razão entre o comprimento e largura da planta, a existência de subsolos, a irregularidade das alturas dos pavimentos, a razão da área do átrio e a área total do pavimento. Estas irregularidades da edificação são tratadas por itens (a,b,c, ..., k,). Nas equações 5 e 6,  $G_i$  são fatores de escala para determinação do valor de cada item e  $R_i$  são fatores que representam o peso atribuído a cada item na composição do subíndice  $S_D$ . Os valores de  $G_i$  e  $R_i$  são padronizados em tabela proposta por Hiroswawa e adaptado por Miranda (2013).

$$[4] S_{D1} = q_{1a} \times q_{1b} \times \dots \times q_{1k}$$

$$[5] q_{1i} = \{1 - (1 - G_i) \cdot R_i\}$$

Onde

$i = a, b, c, d, e, f, g, i, j, k;$

No caso de  $i = h$ , usa-se equação abaixo:

$$[6] q_{1i} = \{1,2 - (1 - G_i) \cdot R_i\}$$

O desempenho estrutural é também influenciado pela deterioração estimada pelo subíndice TD. Este índice é determinado por meio de inspeção estrutural *in loco*, observando as fissuras nas paredes, pilares, deformações, ocorrência de incêndio, idade da edificação e seu uso. São atribuídos valores variando entre 0,7 a 1,0 para cada item da inspeção definido no método adaptado por Miranda (2013). O menor dos valores obtido é considerado como valor único do subíndice  $T_D$  para toda a edificação.

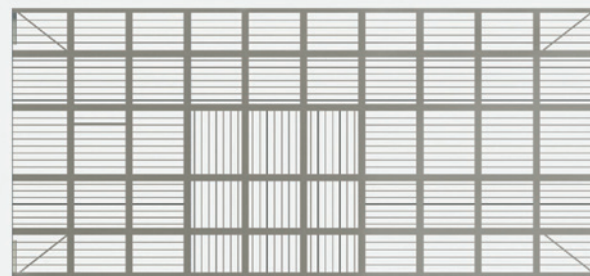
O índice de solicitação sísmica (7) é determinado pela equação abaixo:

$$[7] I_{S0} = E_S \cdot Z \cdot G \cdot U$$

Onde

$E_S$ : 0,8 para o primeiro nível, Z é o índice de zona atribuído à aceleração horizontal do solo conforme mapa de aceleração sísmica horizontal característica da ABNT NBR 15421:2006 e o fator G

corresponde ao coeficiente dos efeitos topográficos. O último índice U considera a importância da edificação, sendo  $U = 1,0$  para edifícios em geral,  $U = 1,5$  para hospitais, quartéis gerais ou ainda edifícios com componentes químicos, como Usinas Nucleares.



► **Figura 7**  
Forma da quarta laje do Palácio do Planalto  
Fonte: Os Autores (2022)

### 3. PALÁCIO DO PLANALTO

O Palácio do Planalto é a sede oficial da Presidência da República, localizado em Brasília e inaugurado em 21 de abril de 1960 (Figura 2). Concebido pelo arquiteto Oscar Niemeyer, a forma plástica é alcançada pelas colunas, expressando leveza, seja pelos planos delgados, seja pela esbeltez dos apoios. Nas palavras dele, as formas

estruturais se modificam plasticamente em função de diferentes pontos de vista para assumir aspectos ricos e variados (SILVA, 2012).

A estrutura de concreto armado projetada pelo engenheiro Joaquim Cardoso conta com quatro pavimentos (Figura 4), forma retangular e dimensões em planta de 125,5 m x 58 m, incluindo o átrio, e altura

► **Tabela 2**  
Índice de desempenho sísmico do Palácio do Planalto

	Pavimento 1	Pavimento 2	Pavimento 3	Pavimento 4
Nível da laje	+4,10 m	+7,35	+10,60	+14,75
Soma da área da seção transversal	198.000 cm <sup>2</sup>	118.400 cm <sup>2</sup>	133.200 cm <sup>2</sup>	198.000 cm <sup>2</sup>
Peso total acima do nível considerado (W)	22.415.698 kgf	17.267.000 kgf	14.216.000 kgf	10.044.000 kgf
Área do pavimento	5.220 m <sup>2</sup>	2.989 m <sup>2</sup>	4.160 m <sup>2</sup>	7.228 m <sup>2</sup>
Período natural	0,4 s	0,4 s	0,4 s	0,4 s
Subíndice de desempenho sísmico básico estrutural $E_0$	0,2765	0,1789	0,2011	0,3857
Subíndice de configuração estrutural $S_D$	0,9405	0,99	0,99	1,1
Subíndice de deterioração estrutural $T_D$	0,8	0,8	0,8	0,8
Índice de desempenho	0,2081	0,1417	0,1593	0,3394

► **Tabela 3**  
Índice de solicitação sísmica do Palácio do Planalto

Zona sísmica	Classe do terreno				
	A	B	C	D	E
0	0,0165	0,0206	0,0248	0,0330	0,0516
1	0,0332	0,0412	0,0495	0,0660	0,1031
2	0,0660	0,0825	0,0990	0,1320	0,2062
3	0,0990	0,1238	0,1485	0,1856	0,2599

## ► Tabela 4

Reserva da capacidade resistente do Palácio do Planalto

Zona sísmica	Classe do terreno				
	A	B	C	D	E
0	90,78%	88,49%	86,14%	81,55%	71,16%
1	81,55%	76,97%	72,33%	63,11%	42,37%
2	63,11%	53,88%	44,66%	26,22%	-15,26%
3-4	44,66%	30,80%	16,99%	-3,75%	-45,28%

total de 14,85 m. As lajes duplas nervuradas possuem variação de seção próximo ao apoio, reduzindo de 1,35 m para 0,60 m no quarto pano de laje (Figura 7). Os pilares internos assumem forma de falsa elipse com variação da seção (Figura 3). O maior vão entre estes pilares é de 15 m (Figura 5). As colunas externas apresentam variação de seção ao longo do eixo longitudinal, iniciando em 40 cm até 150 cm, e estão ordenadas a cada 12,5 m (Figura 6). O projeto inicial previu  $f_{ck}$  de 40 MPa.

### 3.1 Classe de terreno

É constatado que os efeitos locais de um sismo estão diretamente relacionados às características dos terrenos na superfície. A propagação das ondas sísmicas depende das características de rigidez e amortecimento das camadas superficiais. As ondas sísmicas tendem a ser amplificadas em solos mais fracos (LIMA, SANTOS 2008). A ABNT NBR 15421:2006 considera esses efeitos de forma aproximada, com o uso de fatores de amplificação sísmica no solo  $C_a$  e  $C_v$ . Estes fatores variam conforme a classe do terreno nos 30 metros superiores. Cada classe está vinculada a uma velocidade média de propagação de ondas de cisalhamento ( $v_s$ ).

O solo de Brasília, segundo diversos trabalhos e levantamentos, é composto de solos colapsíveis, argila de cor vermelha a vermelha amarelada também denominada de argila porosa, que é constituída de argilas, siltes e areias em diferentes proporções (CAMAPUM DE CARVALHO E MORTARI, 1994). Este tipo de solo se enquadra na classe E, que se refere a solos moles cujo ensaio de sondagem simples a percussão (SPT) resulte em valores inferiores a 15, conforme classificação da ABNT NBR 15421:2006. Ressalta-se que, em certas regiões, o solo apresenta resistências superiores que o farão ser categorizado na classe D da norma supracitada, isto é, solo rígido com NSPT entre 15 e 50.

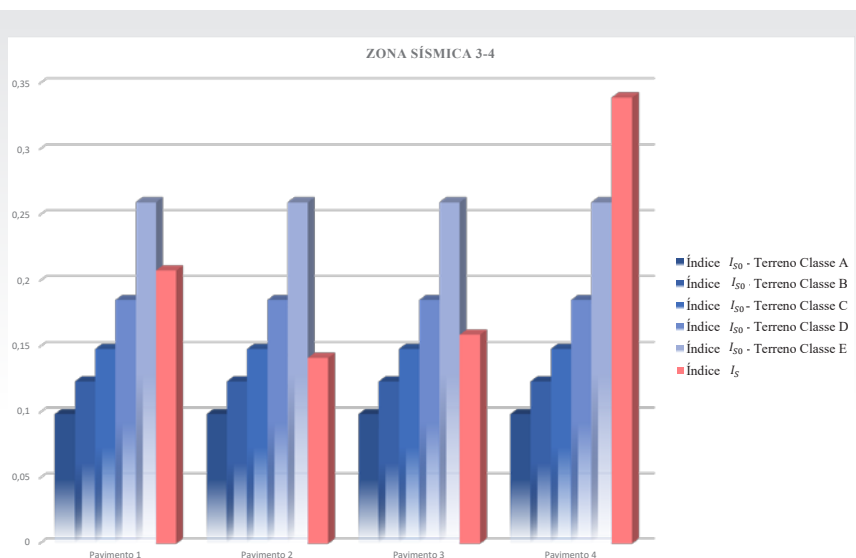
### 4. VULNERABILIDADE SÍSMICA

A avaliação iniciou-se com a inspeção visual, a fim de conhecer as condições reais da edificação. Após isso, acessaram-se as plantas originais e pesquisas para caracterizar a estrutura

## ► Figura 8

Gráfico comparativo da estrutura do Palácio do Planalto em zona sísmica 0

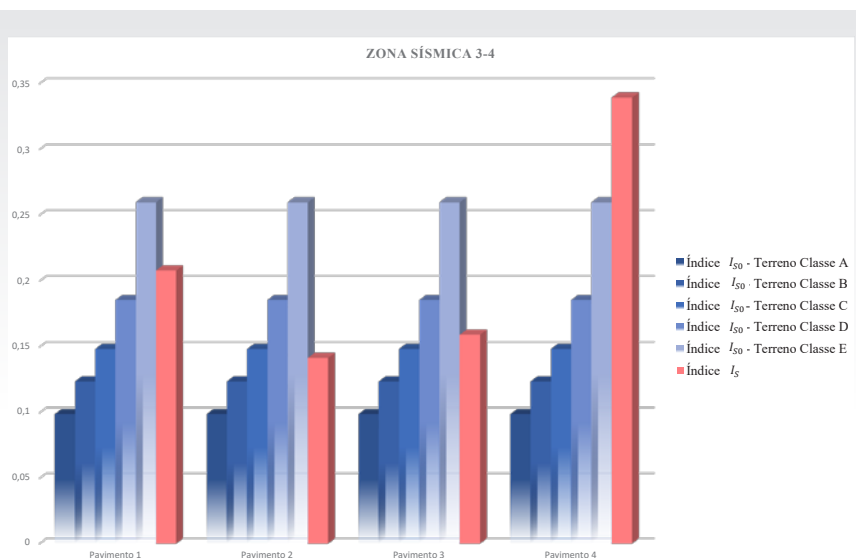
Fonte: Os autores (2022)



## ► Figura 9

Gráfico comparativo da estrutura do Palácio do Planalto em zona sísmica 3-4

Fonte: Os autores (2022)



do Palácio do Planalto. O método de Hirosawa adaptado (MIRANDA, 2013) foi implementado computacionalmente para otimizar a pesquisa.

O resultado dos subíndices  $E_o$ ,  $S_D$ ,  $T_D$ , bem como o índice de desempenho sísmico  $I_s$ , estão na Tabela 2. O período fundamental da estrutura e área total do pavimento estão descritos abaixo. Destaca-se que, apesar da Tabela 2 fornecer o  $I_s$  para cada pavimento, apenas o menor desses deve ser considerado na inequação 1.

Considerando a estrutura do Palácio do Planalto em todos os cenários possíveis como a alternância da classe de solo e a zona sísmica, a Tabela 3 reúne todos os valores do índice de solitação sísmica  $I_{SO}$ .

Comparações entre o menor índice de desempenho sísmico e o índice de solitação sísmica para a zona 0 indicaram que a estrutura do Palácio do Planalto possui suficiente desempenho sísmico face ao terremoto nos solos classe A até E, uma vez que os valores da Tabela 2 foram considerados. Observa-se que a soma da seção transversal dos pilares do segundo pavimento é menor e impacta diretamente no subíndice de desempenho básico estrutural. A Figura 8 ilustra os comparativos do índice de desempenho sísmico da estrutura com os vários índices de solitação sísmica encontrados na zona sísmica 0.

Os piores resultados estão relacionados à zona sísmica 3, onde o índice de desempenho é menor para os solos tipo C, D e E. Esta zona sísmica corresponde à cidade de Fortaleza, capital do Ceará. (Fig. 9).

A fim de demonstrar o desempenho da estrutura em outros cenários, todas as zonas sísmicas e classe do solo foram considerados nas Figuras 10 e 11. Como pode ser identificado, para o solo tipo A ao C, nas zonas 0, 1, e 2, o índice de desempenho sísmico é maior que o índice de solitação. Entretanto, da classe C e zona sísmica 3, a estrutura é vulnerável. Neste caso, o edifício foi classificado como de menor importância para segurança pública e assim o coeficiente  $U=1,0$ . Além disso, subíndice de deterioração  $T_D$  permanece 0,8, uma vez que a idade da estrutura é superior a 30 anos.

Uma proposta de utilização de superfícies tanto com índice de desempenho como índice de solitação sísmica é apresentada por Filho (2021). É ilustrado



► **Figura 10**

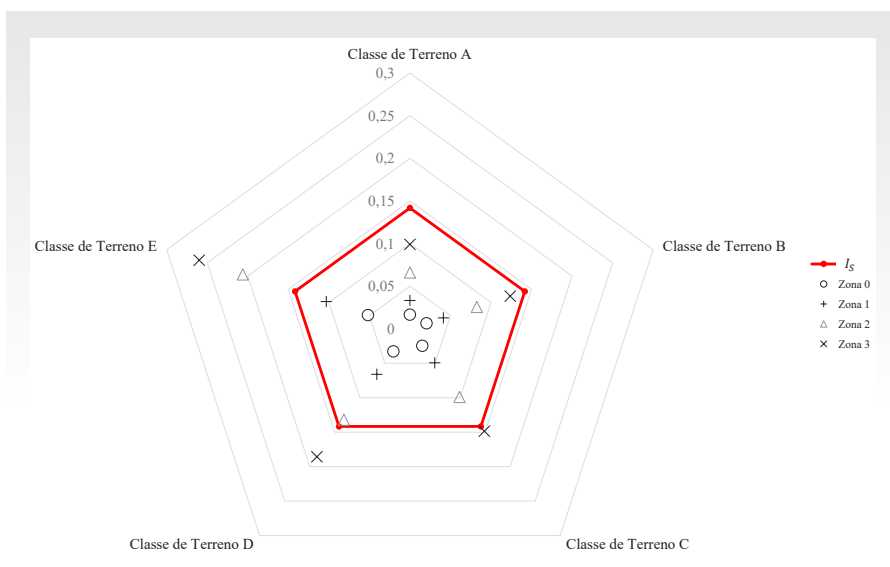
Gráfico comparativo do índice de desempenho e solitação sísmica para todas as zonas e classes de terreno

Fonte: Os autores (2022)

o índice de solitação sísmica em uma superfície para cada tipo de solo. Como exibido na Figura 12, o eixo x representa as zonas sísmicas, o eixo y, a importância da edificação oscilando de 1 (menor importância) até 1,5 (máxima importância) e o eixo Z de solitação sísmica. Utilizando-se somente o índice de solitação

sísmica, não é possível conhecer o desempenho da edificação, uma vez que este índice deve ser confrontado com o índice de desempenho sísmico.

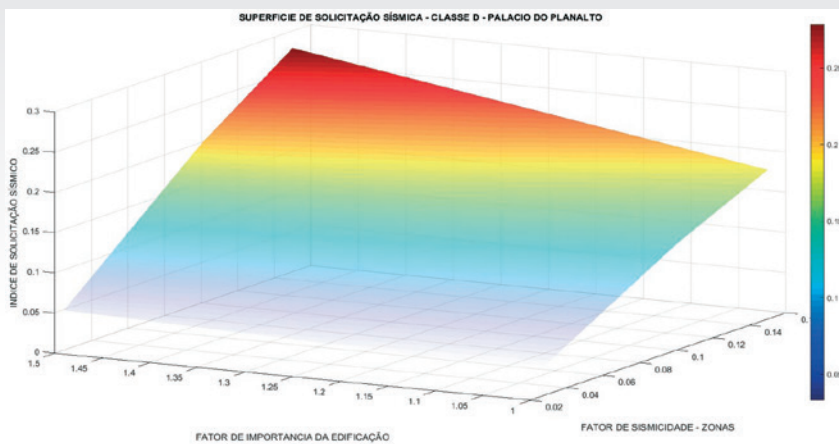
Vale a pena observar que esta superfície pode ser obtida também para o índice de desempenho sísmico, contudo, os eixos x, y e z mudam para a configuração básica



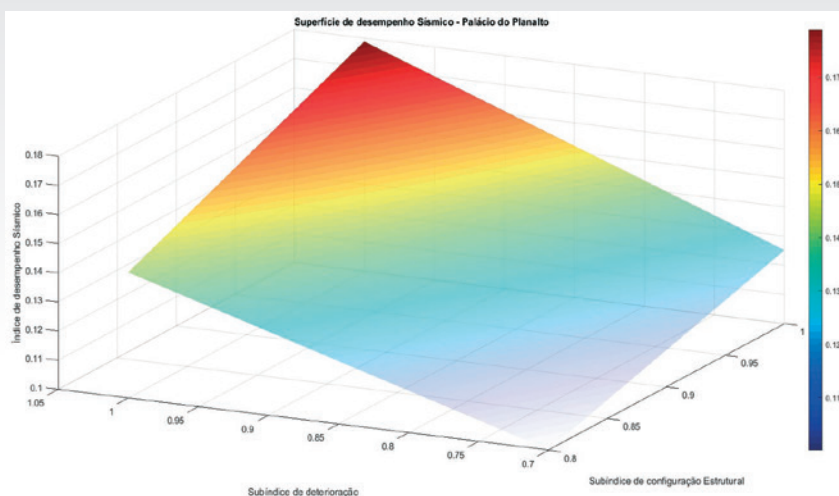
► **Figura 11**

Gráfico comparativo do índice de desempenho e solitação sísmica para todas as zonas e classes de terreno

Fonte: Os autores (2022)



► **Figura 12**  
Superfície de solicitação sísmica (Classe D)  
Fonte: Os autores (2022)



► **Figura 13**  
Superfície de desempenho sísmico  
Fonte: Os autores (2022)

estrutural ( $S_D$ ), deterioração (TD) e índice de desempenho, respectivamente. (Figura 13). Variou-se o subíndice de deterioração propositalmente de 0,7 a 1,0, onde o menor valor corresponde ao alto grau de deterioração e o valor 1,0 a nenhum dano existente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho estimou a vulnerabilidade sísmica do Palácio do Planalto, por meio da aplicação do método de Hirosawa para cada pavimento e considerando diferentes tipos de solo, zonas sísmicas, classe de importância e deterioração da estrutura. As principais considerações deste estudo são: o segundo pavimento do Palácio do Planalto tem o menor índice de desempenho devido ao subíndice de desempenho básico estrutural. O método de Hirosawa não indica qual elemento estrutural pode sofrer qualquer dano ou ainda a distribuição do dano, justificando uma análise quantitativa mais cuidadosa. Quando  $I_{so} > I_s$  não implica que a estrutura deve ser demolida obrigatoriamente, mas sugerem-se análises mais complexas, como métodos quantitativos com informações mais precisas e caracterização da estrutura. Se confirmada a insegurança, deve-se aplicar procedimentos de reforço estrutural. Para classe de terreno D, o índice de desempenho demonstrou que o monumento pode ser considerado resistente a sismos na zona sísmica em que Brasília atualmente se encontra. ☐

## ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15421: Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- [2] FILHO, J. C. DE C. F. Análise Sísmica E De Degradação Para Avaliação De Reabilitação Em Edificações Tipológicas Das Superquadras Do Plano Piloto Em Brasília/Df. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília, 2021.
- [3] LIMA, S. S.; SANTOS, S. H. C. Análise Dinâmica das Estruturas. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2008.
- [4] MIRANDA, P. S. T., A influência das ações sísmicas nas edificações brasileiras em concreto armado. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Universidade do Porto, Porto.
- [5] MIRANDA, P. S. T., Avaliação da Vulnerabilidade Sísmica na realidade predial brasileira. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2013.
- [6] SILVA, E. G. Os palácios originais de Brasília. Tese (Doutorado em arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- [7] CAMAPUM DE CARVALHO, J. & MORTARI, D. . Caracterização Geotécnica de Solos Porosos do Distrito Federal. 3º Simpósio Brasileiro de Escavações Subterrâneas, ABMS/ABGE/CBT/CNPq/UnB, Brasília, DF, 1994, pp.109-122.
- [8] HIROSAWA, M. Retrofitting and Restoration of Buildings in Japan. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Lecture Note of Seminar Course, 1992.
- [9] PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. PAHO. Principles of disaster mitigation in health facilities. Washington, D.C: 2000.
- [10] TEDESCO, J. W., Mc DOUGAL, W. G., ROSS. C. A., Structural Dynamics: Theory and Applications. California: Addison Wesley, 1998.