

REFLEXÕES SOBRE O RISCO SÍSMICO NO BRASIL

**Paulo S.
T. Miranda**
Estudante de
Doutoramento
CONSTRUCT-
LESE, FEUP

**Humberto S.
A. Varum**
Professor
Catedrático
CONSTRUCT-
LESE, FEUP

**Nelson S.
Vila Pouca**
Professor
Auxiliar
CONSTRUCT-
LESE, FEUP

SUMÁRIO

Embora o Brasil seja um país localizado em região intraplaca, não há garantias de que um sismo de elevada magnitude não possa acontecer. Alguns eventos em um passado recente já foram motivo de preocupação. Nos últimos anos, ações foram implementadas no sentido de introduzir a necessidade de avaliar as ações sísmicas nas estruturas brasileiras, como a publicação da NBR 15421:2006. Um novo mapa de ameaça sísmica brasileira está prestes a ser publicado e trabalhos consistentes estão em desenvolvimento, podendo contribuir inclusive para uma futura revisão da norma sísmica brasileira. Neste trabalho, é apresentada uma reflexão sobre a necessidade de avaliar o risco sísmico da cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará. Mesmo com toda a evolução dos estudos na área sísmica não existem métodos confiáveis de previsão de sismos. A única maneira de reduzir as perdas provocadas por eventuais eventos sísmicos é melhorar, quando comprovadamente necessário, a capacidade resistente das edificações.

ABSTRACT

Although Brazil is in an intraplate region, there are no guarantees that an earthquake of high magnitude will not happen. Some events in the recent past have been cause for concern. In recent years steps have been taken to introduce the need to evaluate seismic actions in Brazilian structures such as the NBR 15421:2006 publication. A new Brazilian seismic hazard map is about to be published and consistent works are under development and may even contribute to a future Brazilian seismic code revision. This paper presents a reflection on the need to evaluate the seismic risk of Fortaleza, capital of the state of Ceará. Even with all the seismic area studies evolution, there are no reliable earthquakes predicting methods. The only way to reduce losses caused by possible seismic events is to improve, when necessary, the buildings resistant capacity.

PALAVRAS-CHAVE: Risco sísmico, Normalização, Vulnerabilidade.

1. SISMICIDADE NO BRASIL

Composto por 26 estados e 1 distrito federal, agrupados em 5 regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste, como mostra a Figura 1, o Brasil possui 48 importantes falhas sísmicas identificadas, estando estas associadas a possíveis atividades sísmicas [1].

O maior número de falhas concentra-se nas Regiões Nordeste e Sudeste, local onde se verifica a maior quantidade de abalos sísmicos, seguindo-se as Regiões Norte, Centro-Oeste e Sul, sendo esta a que apresenta o menor número de falhas.



Fig. 1 - Mapa político do Brasil [2].

Existe uma clara relação entre o neotectonismo no Brasil e a reativação destas falhas. A reativação de uma falha preexistente, desencadeada pelas ações da tectônica global (processo denominado tectônica ressurgente) é bem mais provável de acontecer do que a formação de uma nova linha de fraqueza [3]. Entretanto, não há garantia de que sejam essas falhas superficiais e não outras que jazem, desconhecidas abaixo da superfície, as responsáveis por futuros terremotos.

A maioria dos registos sísmicos brasileiros em regiões habitadas, embora bastante recentes, uma vez que a instalação da rede nacional de monitoração só aconteceu na década de 70 do século passado, aponta em geral, para sismos de magnitude máxima da ordem de 5,5 graus na escala Richter. Sismos com magnitudes acima de 6,0 graus são pouco frequentes com ocorrências até então limitadas a regiões desabitadas.

Dependendo da profundidade do foco, do tipo de solo, das características do parque edificado e da exposição de pessoas, sismos desta magnitude podem vir a causar danos materiais e perdas de vidas.

Os mapas da Figura 2 a seguir, elaborados a partir de dados coletados no IAG/USP – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, representam a frequência de ocorrência de sismos no Brasil entre os anos de 1724 e 2017. Para melhor compreensão da atividade sísmica no Brasil, neste trabalho os sismos são divididos em duas categorias: sismos com magnitude maior ou igual a 2,0 graus e menor que 5,0 graus na escala Richter, classificados como Sismos I, e sismos com magnitude maior ou igual a 5,0 graus na escala Richter, classificados como Sismos II. Na confecção desses mapas foram consideradas apenas as

freqüências de ocorrência de sismos nos estados brasileiros, não considerando exatamente a localização dos epicentros e as profundidades dos focos.

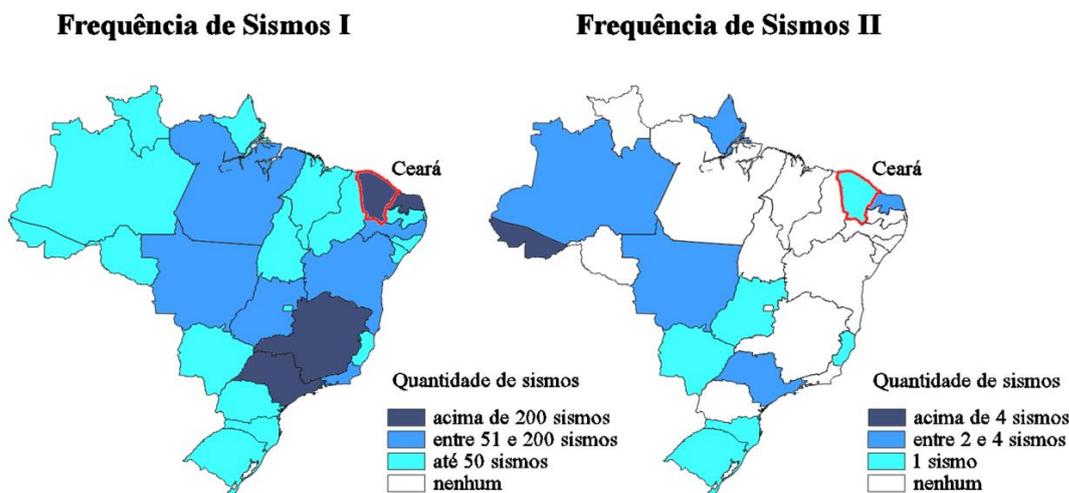


Fig. 2 – Frequência de Sismos (ver explicação no texto).

Observa-se uma maior concentração de sismos na região Nordeste, mais precisamente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte; na região Sudeste, mais precisamente nos estados de Minas Gerais e São Paulo; e também a presença de terremotos de maiores magnitudes na região Norte e Centro-Oeste.

Alguns registros merecem destaque pela sua magnitude: Manaus-AM (1963) com 5,1 graus, noroeste do Mato Grosso do Sul (1964) com 5,4 graus, Pacajus-CE (1980) com 5,2 graus, Codajás-AM (1983) com 5,5 graus, João Câmara-RN (1986 e 1989) com 5,1 graus e 5,0 graus respectivamente, Plataforma-RS (1990) com 5,0 graus, Porto Gaúcho-MT (1998) com 5,2 graus e divisa entre Acre e Amazonas (2007) com 6,1 graus.

Entre os anos de 2012 e 2016 foram registrados no mundo 83 sismos com magnitude maior ou igual a 7,0 graus na escala Richter [4], destes, apenas 1 aconteceu no Brasil, mais precisamente na fronteira entre o Brasil e o Peru. Por conta da profundidade do foco (636 km) e por ser uma área desabitada, não foram registradas perdas humanas ou econômicas. De fato, por estar localizado na região central da placa sul-americana, uma região intraplaca, sismos com magnitude acima de 7,0 graus, com elevados potenciais de destruição são bastante improváveis de acontecer no Brasil, embora pesquisadores brasileiros já tenham encontrado evidências de campo que teriam sido produzidas por paleoterremotos, em um passado geologicamente recente, com magnitude da ordem de 7,0 graus na região Nordeste do Brasil [5].

1.1. Sismicidade da região Nordeste do Brasil

A região Nordeste do Brasil além de ser local de grande concentração de falhas sísmicas e elevada ocorrência de sismos possui ainda algumas particularidades: continuidade da atividade sísmica durante um longo tempo (surto sísmico) e baixas profundidades dos focos, em torno de 10km [6].

Localizados na região Nordeste, os estados do Ceará e Rio Grande do Norte apresentam uma sismicidade contínua e expressiva em relação ao resto do país, merecendo, portanto, a atenção dos órgãos de pesquisa e vigilância na sua investigação e acompanhamento.

Pelo menos 30 dos 184 municípios do Ceará já apresentaram manifestações sísmicas. Cidades como Pacajus, Pereiro, Palhano, Irauçuba, Cascavel e Baturité são locais frequentemente associados a abalos sísmicos [7]. Foi também no Ceará o maior tremor registrado no Nordeste, com epicentro no município de Pacajús, cerca de 70km de Fortaleza, capital do estado, sendo o terremoto de magnitude considerável (da ordem de 5,0 graus na escala Richter) mais próximo de uma metrópole brasileira.

O estado do Rio Grande do Norte foi o palco dos eventos sísmicos da cidade de João Câmara. Na ocasião, a falha de Samambaia, cuja extensão inicial era de 10km, alcançou quase 30km. Se o aumento desta falha tivesse ocorrido de forma mais abrupta, ou seja, de uma única vez, um sismo da ordem de 7,0 graus na escala Richter poderia ter sido gerado. Na região ocorreu uma grande e duradoura sequência de abalos sísmicos fazendo a terra tremer intermitentemente por cerca de sete anos. Além dos dois maiores sismos com magnitudes de 5,1 e 5,0, ocorreram outros vinte com magnitude igual ou superior a 4,0 graus [6].

1.2. Consequências de sismos no Brasil

O comportamento das estruturas frente a uma situação de abalo sísmico está diretamente relacionado às considerações de dimensionamento em projeto, aos sistemas construtivos adotados e à qualidade destes serviços e dos materiais.

Embora os eventos sísmicos ocorridos no Brasil não tenham gerado grandes consequências, em algumas situações foram motivo de preocupação e exigiram maior atenção por parte da comunidade técnica.

A Tabela 1 a seguir apresenta os efeitos nas edificações brasileiras devido a alguns eventos sísmicos [6].

Tabela 1 - Efeitos nas edificações brasileiras devido a alguns eventos sísmicos

Local	Ano	Magnitude/ Profundidade do foco/ Distância ao epicentro	Efeitos
Parazinho - RN	1973	4,4 / - / 14 km [4]	Rachaduras em casas e uma casa de taipa desabou. A energia elétrica foi interrompida [6].
Pacajus - CE	1980	5,2 / 5 a 10 km / 40 km [4]	Casas desabaram, trincas e rachaduras em paredes, vidraças quebradas, queda de telhas e desabamento parcial de telhados. Pessoas feridas e desabrigadas. 488 casas foram recuperadas [6].
João Câmara - RN	1986	5,1 / 5 km / 9 km [4]	Casas completas desmoronaram. 4.348 edificações tiveram que ser reconstruídas ou recuperadas, 26.200 pessoas ficaram desabrigadas e mais de 10.000 pessoas abandonaram a cidade. Cerca de 6 mil edificações apresentaram fissuras e 70% delas apresentavam risco de desmoronamento [6].

Como representado na Figura 3, as edificações que sofreram danos, como fissuras e desabamentos parciais ou totais, devido às atividades sísmicas até agora ocorridas no

Brasil, são em geral construções de baixa qualidade, com ausência de profissional habilitado e uso de materiais inadequados. Geralmente são edificações térreas, com fundações insuficientes, ausência de elementos estruturais, alvenarias e cobertas executadas com pouco critério. Este é o padrão construtivo adotado nas cidades do interior do Brasil e na periferia das grandes cidades.

Nos casos particulares de João Câmara-RN e Palhano-CE, após os sismos as residências passaram por processos de reforços estruturais desenvolvidos pelo Batalhão de Engenharia do Exército [6].



Fig. 3 - Desabamento de casa na cidade de João Câmara –RN [6].

2. REGULAMENTAÇÃO

2.1. Norma sísmica brasileira

A norma brasileira que trata dos efeitos dos sismos nas estruturas é a NBR 15421:2006 – projeto de estruturas resistentes a sismos [8]. Neste documento, os valores definidos como característicos nominais para as ações sísmicas correspondem a um período de retorno de 475 anos.

O estudo das acelerações sísmicas horizontais no Brasil teve como base inicial, entre outros, um estudo de perigo sísmico a nível mundial, o *Global Seismic Hazard Maps* [9].

Em função das acelerações sísmicas horizontais características (como definido na NBR 15421:2006, aceleração à superfície para um terreno tipo B – Rocha), o Brasil é dividido em 5 zonas sísmicas conforme exposto na Figura 4.

Na zona 0 a aceleração sísmica horizontal é de 0,025g, na zona 1 os valores variam de 0,025g a 0,05g, na zona 2 os valores variam de 0,05g a 0,10g, na zona 3 os valores variam de 0,10g a 0,15g e na zona 4 a aceleração sísmica é de 0,15g.

A maior parte do território brasileiro encontra-se na zona sísmica 0, região onde segundo a norma sísmica brasileira, nenhum requisito de resistência sísmica é exigido. Muitos dos grandes centros urbanos brasileiros, como as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Curitiba, Porto Alegre, Salvador e Brasília estão localizados nesta área.

Diferente dos mapas apresentados em outras normas sísmicas sul-americanas, o mapa de zonas sísmicas da NBR 15421:2006 [8] não apresenta as características da sismicidade brasileira, mostrando uma regionalização bastante simplificada [10].

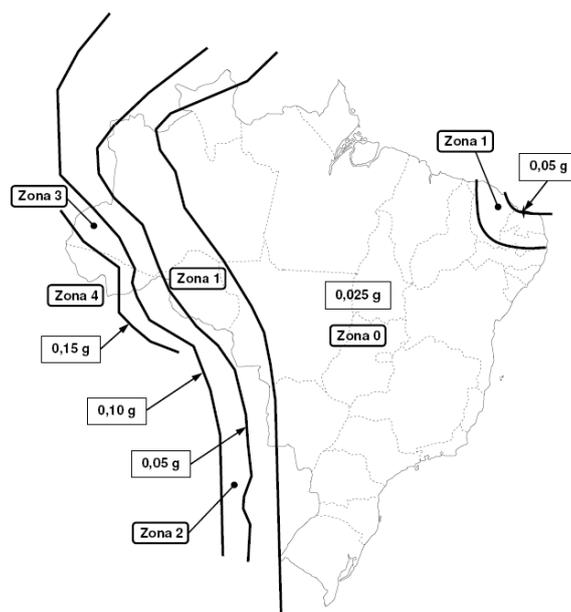


Fig. 4 - Zonas sísmicas no Brasil [8].

2.2. Adoção da norma sísmica brasileira

Como instrumento para levantamento de dados em um estudo de Doutorado na FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, entre os dias 03 de maio e 14 de outubro de 2018, um questionário sobre a Avaliação Sísmica das Estruturas de Concreto Brasileiras foi aplicado. Participaram 374 Engenheiros projetistas de estruturas de concreto de todos os estados brasileiros através do preenchimento do questionário, cuja divulgação e distribuição contaram com a importante colaboração do IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto e da ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural.

Dados obtidos a partir do questionário mostram que 25,23% dos respondentes possuem nenhum nível de conhecimento da norma sísmica brasileira, 44,95% possuem um conhecimento superficial, 23,85% possuem um conhecimento intermediário e apenas 5,97% afirmaram possuir conhecimento profundo.

De uma forma geral, estima-se que aproximadamente 11,87% dos projetistas que participaram da pesquisa adotam as recomendações da norma sísmica em seus projetos.

Quando perguntados por qual motivo não adotam as recomendações da NBR 15421:2006, 10,96% responderam não conhecer a norma, 8,22% consideram que os esforços devido ao vento superam os esforços sísmicos e 60,27% afirmam não ser necessário adotar tais procedimentos, uma vez que o Brasil não possui sismos de elevada magnitude. Além dessas situações indicadas no questionário, 20,55% responderam não adotar os procedimentos por conta de outros motivos diversos, destacando-se entre eles: atuação unicamente em áreas de zona sísmica 0, elaboração de projetos de pequeno porte, falta de informações de dimensionamento e detalhamento sísmico na NBR 6118:2014 [11], ausência de trabalhos que comprovem a necessidade de uso das recomendações da norma sísmica, resistência imposta pelos clientes devido ao aumento no consumo de materiais e a consideração de que os procedimentos adotados na NBR 6118:2014 [11] levam à confecção de estruturas superdimensionadas.

2.3. Estudos para a atualização da norma sísmica brasileira

Um dos aspectos importantes e impulsionadores da atualização da norma brasileira é a zonificação sísmica.

Analisando a sobreposição do mapa de zoneamento sísmico da NBR 15421:2006 [8] com os mapas de frequência de sismos no Brasil expostos na Figura 2, percebe-se a considerável presença de Sismos I e II nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, justificando a sismicidade desses estados. No entanto, algumas regiões que, segundo o mapa da NBR 15421:2006, estão localizadas na Zona 0, apresentam considerável sismicidade. Em termos de ocorrência de Sismos I, destacam-se os estados do Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, todos eles com a ocorrência de mais de cinquenta sismos no período estudado. Em termos de ocorrência de Sismos II, destacam-se os estados do Amapá, Amazonas, Acre, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Espírito Santo, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, todos eles com pelo menos uma ocorrência no mesmo período.

Um trabalho conjunto vem sendo feito pela comunidade sismológica do Brasil, envolvendo USP, UnB, UNESP, ON, UFRN, IPT e PUC-RJ, para atualizar o mapa de sismicidade brasileira. Os pesquisadores do IAG/USP, analisando os dados da Rede Sismográfica Brasileira e a localização das falhas tectônicas, divulgaram recentemente o estudo para publicação do novo mapa sismológico brasileiro. Na proposta do novo mapa de sismicidade, além da confirmação da sismicidade dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, foram inseridas como regiões de atividades sísmicas importantes: a região do Pantanal, região central de Goiás, região sul de Minas Gerais, região nordeste do estado de São Paulo e parte da Amazônia. Esta inclusão obrigaria a consideração de ações sísmicas em estados onde a concentração de domicílios brasileiros é bem elevada. O mapa ainda passará por estudos conclusivos, principalmente no que se refere aos possíveis efeitos da sismicidade Andina exposta no mapa *GSHM* [9].

Outro aspecto a ser observado na futura versão da norma sísmica brasileira é o nível de detalhamento sísmico. A NBR 15421:2006 [8], embora faça referência a diferentes níveis de detalhamento para determinação de coeficientes que interferem nas ações sísmicas, como o coeficiente de modificação de resposta *R*, não faz nenhuma recomendação quanto aos níveis de detalhamento.

3. RISCO SÍSMICO NO BRASIL

Sendo o estado do Ceará um dos mais sísmicamente ativos do Brasil conforme apresentado na Figura 2, os fatores que influenciam o risco sísmico serão avaliados na capital do estado, a cidade de Fortaleza.

3.1. A cidade de Fortaleza

3.1.1. Ameaça sísmica

Sobrepondo o mapa de zonamento sísmico da norma brasileira no mapa político do estado do Ceará, verifica-se na Figura 5 que a cidade de Fortaleza, capital do estado, encontra-se em região de zona sísmica 1, com aceleração sísmica horizontal característica (à superfície) de até 0,05g. Importante observar ainda a proximidade da cidade de Fortaleza ao limite de zona sísmica 2 (78 km), situação em que o limite superior das acelerações sísmicas horizontais atinge 0,10g.

Considerando o estudo do novo mapa de sismicidade, a cidade de Fortaleza estaria localizada em região de aceleração sísmica horizontal máxima de 0,08g bem próxima da zona de aceleração máxima 0,16g conforme também exposto na Figura 5. A aceleração da ordem de 0,15g corresponde à zona 3 da atual norma sísmica brasileira.

Mapa de sismicidade NBR 15421:2006

Proposta do novo mapa de sismicidade brasileira

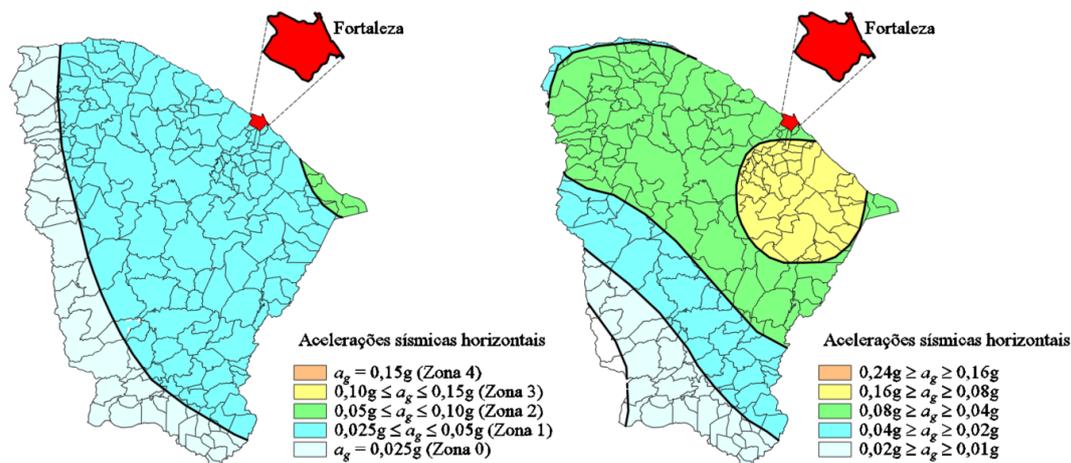


Fig. 5 – Zonas sísmicas do estado do Ceará.

3.1.2. Exposição de pessoas

Cidade de expressivo crescimento, na época do tremor de Pacajus na década de 80 do século passado, Fortaleza possuía apenas 650 mil habitantes. Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, no ano de 2010 a cidade já contava com 2.452.185 habitantes, com expectativa de 2.643.247 habitantes em 2018. Fortaleza é a quinta cidade mais populosa do Brasil e a segunda mais populosa da região Nordeste atrás somente de Salvador, capital do estado da Bahia, que possui população estimada em 2018 de 2.857.329 de pessoas.

3.1.3. Vulnerabilidade sísmica

Em termos de expansão e verticalização, é possível verificar o grande crescimento da cidade de Fortaleza entre os anos de 1975 e 2016 através da Figura 6.



Fig. 6 - Orla marítima de Fortaleza – comparação entre 1975 e 2016 [12].

Um levantamento preliminar realizado junto à Prefeitura Municipal de Fortaleza indica a presença de aproximadamente 560.000 unidades residenciais oficialmente cadastradas em 2017.

Dentre as edificações residenciais (casas e apartamentos), 96,5% possuem estruturas em alvenaria cerâmica e concreto, sendo 46,2% de alvenaria e 50,3% de concreto. Considerando apenas as edificações em alvenaria e concreto, a Figura 7 apresenta a evolução do uso destes materiais por bairros entre os anos de 1979 e 2017. As edificações em estruturas de concreto correspondiam a aproximadamente 30% do total das edificações residenciais em 1979 passando a representar aproximadamente 50% em 2017.

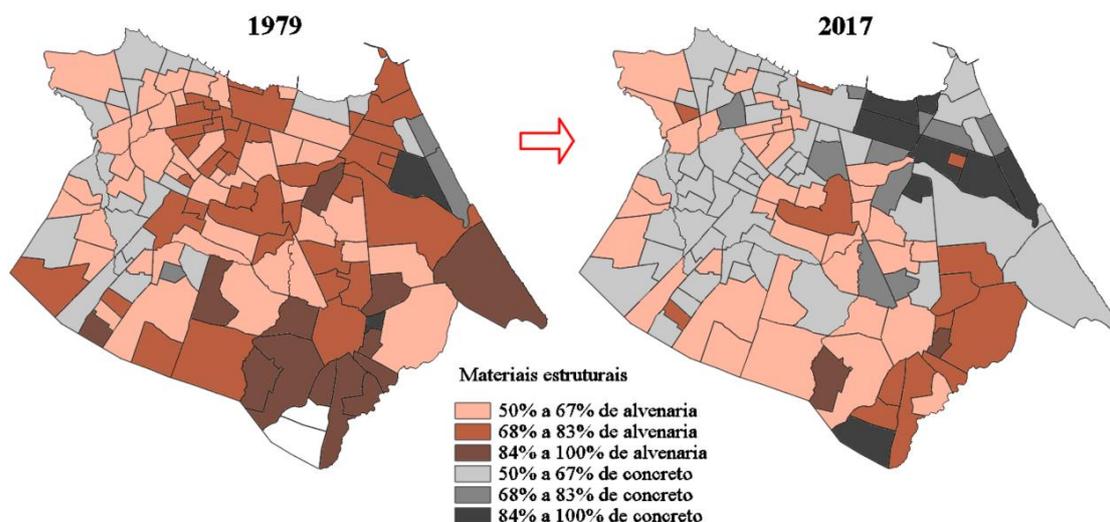


Fig. 7 – Expansão de Fortaleza – materiais estruturais.

As Figuras 8 e 9 a seguir apresentam a expansão dos edifícios residenciais em concreto entre os anos de 1979 e 2017. A Figura 12 indica a expansão de edifícios de 2 a 4 pavimentos e a Figura 13 a expansão de edifícios de 13 a 20 pavimentos.

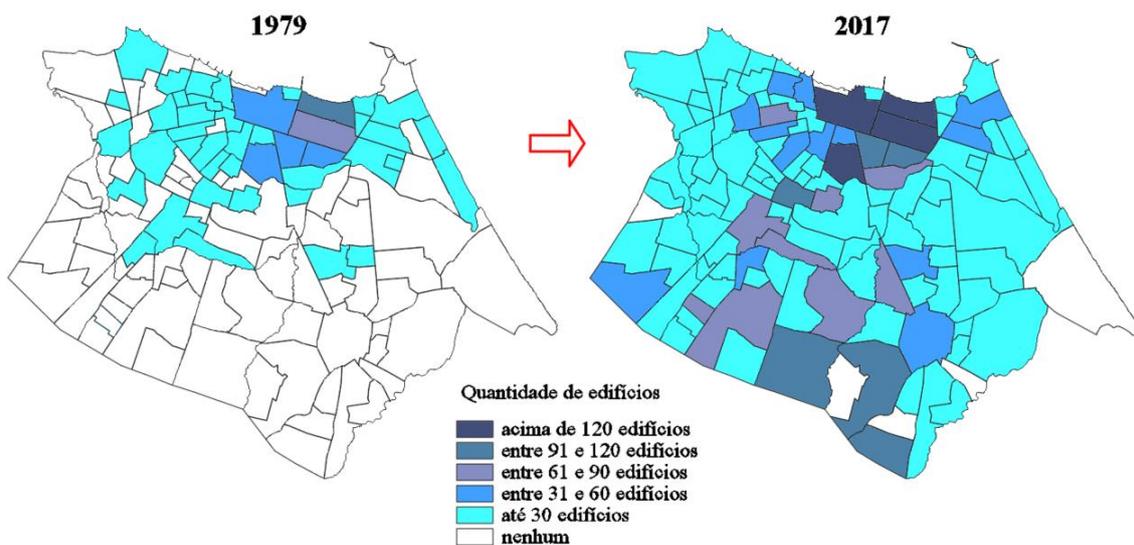


Fig. 8 – Expansão de Fortaleza – edifícios residenciais em concreto de 2 a 4 pavimentos.

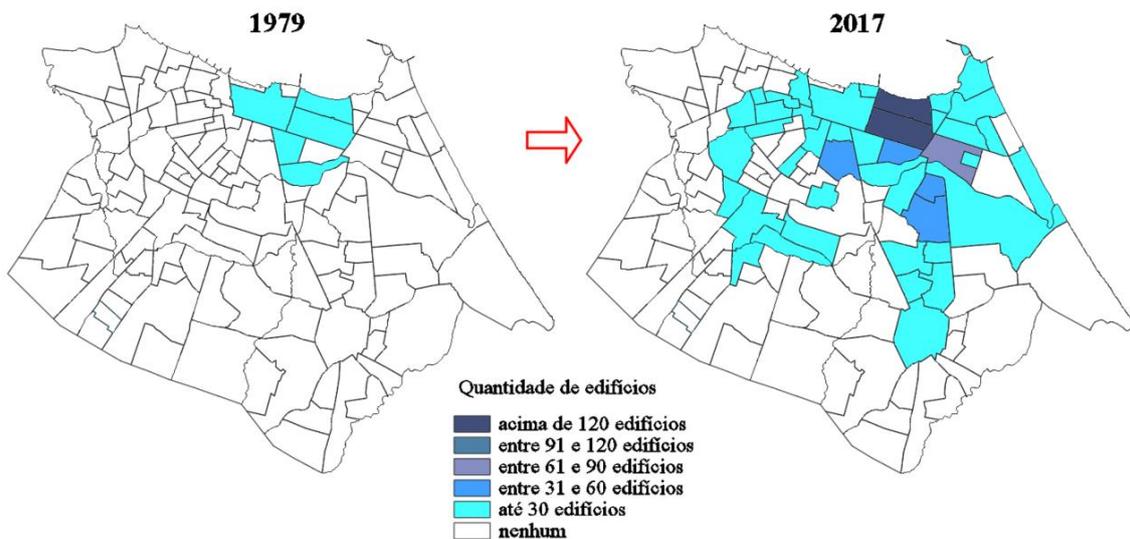


Fig. 9 – Expansão de Fortaleza – edifícios residenciais em concreto de 13 a 20 pavimentos.

Considerando que as estruturas de concreto obedecem às recomendações normativas, constatação importante que influencia na vulnerabilidade das edificações é que, aproximadamente 30% das unidades habitacionais da cidade de Fortaleza foram projetadas antes da publicação da norma de vento brasileira, a NBR 6123:1988, e que aproximadamente 80% das unidades habitacionais foram projetadas antes da publicação da norma sísmica brasileira.

Em uma análise preliminar de vulnerabilidade sísmica, o Método de Hirosawa adaptado à realidade brasileira [13] foi aplicado na estrutura modelo indicada na Figura 10 que representa um edifício residencial em concreto armado de 4 pavimentos.

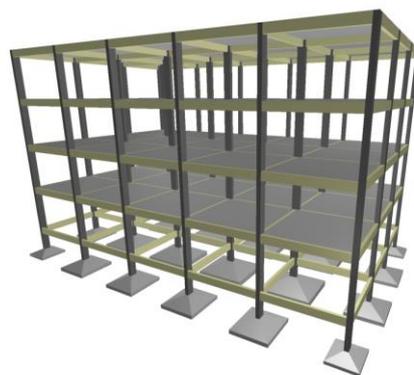


Fig. 10 – Estrutura modelo.

A avaliação sísmica é realizada comparando-se 2 índices: o índice de desempenho sísmico e o índice de solicitação sísmica. Se o índice de desempenho sísmico for maior ou igual ao índice de solicitação sísmica, o edifício tem segurança face a um evento sísmico; caso contrário, o edifício tem um comportamento incerto.

A estrutura modelo possui índice de desempenho sísmico 0,16 e os valores dos índices de solicitação sísmicas estão apresentados na Tabela 2. Ensaios de

sondagens de terrenos em vários bairros da cidade de Fortaleza [14] permitem caracterizar o solo como D e E segundo os parâmetros da norma sísmica brasileira.

Considerando o zonamento sísmico da norma brasileira e a proposta do novo mapa de sismicidade, Fortaleza está localizada ou está muito próxima de regiões com acelerações sísmicas horizontais variando de 0,05g a 0,15g, o que corresponde às zonas 1, 2 e 3 da norma sísmica brasileira vigente.

Tabela 2 – Índices de solicitação sísmica

zona sísmica	classe do terreno	
	D	E
Zona 1	0,07	0,10
Zona 2	0,13	0,21
Zona 3	0,19	0,26

Sendo considerada a classe de terreno E, na zona sísmica 1, o índice de solicitação sísmica é inferior ao índice de desempenho sísmico e superior nas demais zonas sísmicas. Em classe de terreno D, somente em zona sísmica 3, o índice de solicitação sísmica é superior ao índice de desempenho sísmico.

Importante observar que a estrutura modelo não apresenta irregularidades estruturais e geométricas, nem em planta nem em elevação, situações que seriam agravantes do ponto de vista de vulnerabilidade sísmica.

Nas situações em que as estruturas são consideradas vulneráveis pelo método adaptado, faz-se necessário submetê-las a avaliações mais complexas através de métodos quantitativos e, caso confirmada a insegurança, aplicar procedimentos de reforço estrutural.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à condição de baixa sismicidade, no Brasil não é comum a oferta de cursos na área de Engenharia Sísmica. Os brasileiros que querem obter conhecimentos específicos na área precisam buscar a especialização fora do país, sendo os Estados Unidos e Portugal os destinos mais procurados. No Brasil, alguns poucos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Civil, como os ofertados pela UFC – Universidade Federal do Ceará e pela UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, apresentam na grade curricular disciplinas relacionadas à Engenharia Sísmica.

Em termos de pesquisas, poucos são os grupos e trabalhos publicados na área. De acordo com o censo 2016 publicado pelo CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, existem no Brasil, 37.640 grupos de pesquisa cadastrados na plataforma Lattes e 199.566 pesquisadores envolvidos. Os grupos ligados diretamente à área sísmica, independente da área predominante de atuação, são apenas 49 (0,13% do total), com 310 pesquisadores envolvidos (0,16% do total). Considerando as Engenharias como área predominante do estudo sísmico, o número de grupos resume-se a apenas 10. Sabe-se também que existem alguns poucos pesquisadores atuando nesta área sem que façam parte de nenhum grupo de pesquisa cadastrado no CNPQ.

As informações apresentadas neste trabalho justificam a análise quantitativa mais cuidadosa das estruturas de concreto brasileiras, especificamente, da cidade de Fortaleza-CE.

Resultados de trabalhos como este, somados à elaboração do novo mapa de sismicidade brasileira, podem indicar a necessidade de revisão da NBR 15421:2006, além de respaldarem o governo nacional, estadual ou municipal na implantação de leis, objetivando a redução do risco sísmico ao exigir a adequada construção de novas edificações e o reforço sísmico de edificações vulneráveis.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Saadi, A. *et al.* (2002) *Map and Database of Quaternary Faults and Lineaments in Brazil*. Open-File Report 02-230. USGS – Science for a Changing World.
- [2] IBGE, (2017) *IBGE - Atlas do censo demográfico 2010*. [Online] Available at: <http://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/> [Acesso em 9 Junho 2017].
- [3] Hasui, Y. (1990) Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. SBG/MG. Workshop sobre neotectônica e sedimentação Cenozóica continental no Sudeste brasileiro. Belo Horizonte: pp. 1-31.
- [4] USGS (2017) *USGS - Science for a changing world*. [Online] Available at: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/m7-world.php> [Acesso em 30 Abril 2017].
- [5] Berrocal, J. *et al.* (1984) *Sismicidade do Brasil*. São Paulo, Brasil: IAG/USP - Esperança.
- [6] Veloso, J. A. V. (2012) *O terremoto que mexeu com o Brasil*. Brasília: Thesaurus.
- [7] Melo, F.C.B. (2007). *Evidências sísmicas no Ceará: a história do tremor de terra em Pacajús*. Fortaleza-CE: Universidade Estadual do Ceará. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. Curso de especialização em metodologia do ensino da Geografia.
- [8] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006) NBR 15421: Projetos de estruturas resistentes a sismos: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.
- [9] GSHAP (1999) *Global Seismic Hazard Assessment Program*. [Online] Available at: <https://www.gfz-potsdam.de/en/GSHAP/> [Acesso em 27 03 2018].
- [10] Vasconcelos, A. (2010) Risco sísmico no Brasil e seu impacto sobre grandes obras.. *Jornal do Instituto de Engenharia*, v. 58 (Instituto de Engenharia, São Paulo), p. p. 7.
- [11] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014) NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.
- [12] Calculistas-ba, 2017. Calculistas-ba@yahoogrupos.com.br. [Online] Available at: Calculistas-ba@yahoogrupos.com.br [Acesso em 9 Junho 2017].
- [13] Miranda, P. S. T. (2013) *Avaliação da vulnerabilidade sísmica na realidade predial brasileira*. 1a. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora.
- [14] Barros, D. O. (2017) *Mapeamento Geotécnico do Subsolo da Cidade de Fortaleza em Análise de Perfis de Sondagem à Percussão – SPT*. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil. FANOR. Fortaleza.