

ASPECTOS DA AVALIAÇÃO SÍSMICA DO REATOR DE PESQUISA IEA-R1

Miguel Mattar Neto

IPEN-CNEN/SP - Divisão de Equipamentos e Estruturas
Travessa R, 400 Cidade Universitária
05598-900 São Paulo, SP
e-mail: mmattar@net.ipen.br

COLEÇÃO PTC

DEVOLVER AO BALCÃO DE EMPRÉSTIMO

RESUMO

São apresentados os códigos e normas aplicáveis à avaliação sísmica do reator de pesquisa IEA-R1. Com bases neles é proposta uma abordagem para execução desta avaliação incluindo a definição do terremoto de projeto a partir de mapas de risco sísmico para o local do reator e metodologias de análises dinâmicas simplificadas. A avaliação sísmica do local indica que a intensidade do terremoto de projeto é IV MM. Assim, pelos códigos e normas usados, não é requerida a análise sísmica de prédios, sistemas e componentes.

1. INTRODUÇÃO

O reator de pesquisas IEA-R1 do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP) foi projetado e construídos nos anos 50. Deste modo, foram utilizados códigos e normas daquela época. Com as modificações que estão sendo hoje implementadas para adequação e modernização do reator e o aumento de potência de 2 para 5 MW, está havendo um processo de certificação do reator para renovação de sua licença de operação. Nesta certificação deverão ser seguidos códigos e normas de projeto e construção atuais. Além disso, aspectos de envelhecimento deverão ser considerados, incluídos o dos próprios códigos e normas. Isto significa que situações que não existiam da década de 50 fazem hoje parte das bases de projeto de instalações nucleares.

Neste caso podem ser citados os efeitos decorrentes de eventos externos extremos, naturais como terremotos, inundações e furacões, e produzidos por ações humanas tais como explosões ou queda de aviões.

Será apresentada neste trabalho, então, a abordagem proposta para a consideração de terremotos nas bases de projeto do reator IEA-R1 visando a sua certificação para a renovação da licença de operação.

2. CÓDIGOS E NORMAS APLICÁVEIS

Como já foi mencionado, na época do projeto e construção do reator IEA-R1 não existiam códigos e normas que incluíam

terremotos nas bases de projeto. Para a consideração deste evento o primeiro passo, então, é definir os códigos e normas aplicáveis atualmente a instalações nucleares como o IEA-R1.

A partir destes códigos e normas aplicáveis será possível a verificação se, de fato, o terremoto deve ser considerado, os níveis destes terremotos, as formas de avaliação da integridade estrutural e funcional das estruturas e componentes, e os critérios de aceitação.

A certificação do reator IEA-R1 segue, primeiramente, o texto CNEN, 1994. Neste texto são indicadas as exigências gerais para a renovação de licença da instalação. Como em muitas situações não há códigos e normas brasileiros é recomendada a utilização de documentos aceitos internacionalmente. Este é o caso de reatores de pesquisa como o IEA-R1 e de sua avaliação sísmica.

Situações semelhantes à do IEA-R1 para referência foram procuradas. Com isso foram obtidos os documentos IAEA (1992) e IAEA (1994a) e IAEA (1994b). O primeiro trata das recomendações feitas para reatores de pesquisa em todo o mundo visando, primeiramente, a redução do enriquecimento do urânio utilizado nos núcleos destes reatores e, também, as melhorias das características de segurança dos mesmos. Os outros dois indicam recomendações para a elaboração de relatórios de análise de segurança de reatores de pesquisa existentes para a renovação de suas licenças. Nestes documentos há indicações das situações onde os eventos sísmicos devem ser considerados e de códigos e normas para a inclusão e avaliação destes eventos.

Além disso, Hsieh (1995) aponta a abordagem utilizada pelo Departamento de Energia americano (USDOE) para a avaliação sísmica de instalações nucleares existentes, administradas por ele.

Com base nestes documentos mencionados concluiu-se que para a definição de terremotos de projeto e para a avaliação sísmica do IEA-R1 deveriam ser seguidas as recomendações de IAEA (1987), IAEA (1985), e USDOE (1994).

Estes códigos e normas não são aplicáveis de forma irrestrita a todas as instalações existentes. Assim, devem ser tomadas precauções, caso a caso, para a aplicação das suas recomendações na adequação das estruturas e sistemas ou para a implementação de melhorias.

3. A ABORDAGEM PROPOSTA

Antes de se mencionar os aspectos específicos para a avaliação sísmica do IEA-R1 deve ser lembrado que ela está inserida numa avaliação mais ampla do impacto radiológico que o reator causaria sob condições normais de operação e acidentais.

Classificação. O primeiro ponto a ser definido é a classificação do reator quanto à liberação potencial de radioatividade para o ambiente em condições de acidente definida com base na sua potência, no tamanho de seu núcleo e no inventário de produtos de fissão.

O IEA-R1, com potência de 5 MW, necessitaria de proteção contra eventos externos extremos por causa das suas características nesta condição de operação. Em se tratando do terremoto, deveria haver uma adequação de estruturas e componentes de modo a ter garantidas as funções de segurança durante e após este tipo de evento.

Intensidade do Terremoto de Projeto. A definição do carregamento sísmico se baseia nos valores de intensidade, na escala Mercalli Modificada, MM, de terremotos ocorridos em uma determinada região em torno do local da instalação.

Para reatores nucleares de potência dois níveis de terremotos são definidos, o de desligamento seguro e o básico de operação. O primeiro tem na sua definição a preocupação maior com os aspectos de segurança pois é baseado em períodos de retorno maiores. O outro está mais relacionado com aspectos econômicos pois tem períodos de retorno associados à vida útil da planta. No caso de reatores de pesquisa há apenas um nível de terremoto, o básico de projeto, com definição semelhante à do terremoto de desligamento seguro para reatores nucleares de potência.

Segundo as normas mais antigas como a IAEA (1985) a intensidade do terremoto básico de projeto deve ser obtida pelo valor máximo da intensidade observada na região de interesse num período de 70 anos ou mais. As normas mais atuais como a USDOE (1994) indicam que a intensidade do terremoto básico de projeto pode ser obtida em mapas de risco sísmico. Neste caso, além dos históricos dos terremotos, são considerados as suas relações com as estruturas geológicas e com as probabilidades de ocorrência de um terremoto com uma dada intensidade num período de retorno estabelecido.

No caso do IEA-R1 está sendo utilizada a abordagem mais moderna onde a intensidade do terremoto básico de projeto aplicável é definida com base em mapas de risco sísmico do local. Assim, de acordo com Engecorps (1996), a intensidade do terremoto de projeto aplicável ao IEA-R1 é IV MM.

Nível de Aceleração. A aceleração correspondente ao terremoto básico de projeto é determinada por meio de correlações existentes entre os valores de intensidade e acelerações de período nulo (acelerações máximas em gráficos aceleração versus tempo). Estas correlações existem para diferentes regiões pois são dependentes das condições de cada local. Nas normas estas correlações são definidas nas bases mais conservadoras para cobrir todos os casos. Deve-se

mencionar que as correlações entre intensidades e acelerações de período nulo são obtidas, em geral, para locais onde há registros sísmicos abundantes. Em locais onde os registros são mais escassos, como é o caso do local do IEA-R1, serão empregadas as correlações disponíveis nas normas. Utilizando, então, IAEA (1987) e IAEA (1985) verifica-se que, para valores de intensidade na escala Mercalli Modificada menores que VII MM o nível de aceleração decorrente pode ser considerado desprezível, isto é, não é necessário que os carregamentos devido ao terremoto sejam considerados no projeto. Mais ainda, as normas USDOE (1994) e UBC (1988) indicam que para terremoto de projeto com intensidade IV MM está associada a chamada zona sísmica zero onde os carregamentos decorrentes deste efeito podem ser considerados desprezíveis, também.

Deste modo, para o IEA-R1, cujo terremoto de projeto tem intensidade IV MM, como visto no item anterior, os carregamentos sísmicos não precisam ser considerados nas bases de projeto de estruturas, componentes e sistemas relacionados com a segurança.

Avaliação Sísmica. No caso onde a aceleração de período nulo correspondente ao terremoto básico de projeto não for pequena (correspondendo a valores de intensidade maiores ou igual a V MM) deve ser feita uma avaliação sísmica da instalação.

O processo de análise sísmica permite, em geral, que haja desacoplamento entre a avaliação dos prédios e dos componentes, por causa das relações de massa e de rigidez existentes.

Para a análise sísmica dos prédios há duas abordagens básicas: a análise estática equivalente e a análise dinâmica. No caso de reatores de pesquisa o tipo de análise recomendável pode estar também associado à classificação da instalação.

No caso do reator IEA-R1 a avaliação sísmica do prédio, se fosse necessária, poderia ser feita tanto conforme IAEA (1985) como pela USDOE (1994). Em ambas, a análise estática equivalente (ou análise dinâmica simplificada) é aceitável. As forças sísmicas são dadas por relações do tipo

$$F_i = a_g C_i W_i \quad (1)$$

onde F_i é a força lateral no piso i , a_g é a aceleração devido ao terremoto aplicável, C_i é um fator associado às características estruturais do edifício e W_i é a massa total associada ao piso i . Pode-se notar que se a aceleração a_g for nula não há carregamentos decorrentes do terremoto de projeto.

Após a análise sísmica do prédio devem ser feitas as verificações dos componentes dos sistemas importantes para a segurança tais como o de desligamento seguro e de proteção, o de remoção do calor residual, de ventilação e filtragem, e dos experimentos. Nestes casos, os carregamentos são dados por fórmulas semelhantes à dada em (1) considerando porém a triaxialidade do terremoto. Novamente, se a aceleração for nula (ou desprezível) não há verificação a ser feita.

Nas normas mencionadas para as verificações estão indicados, também, os critérios de aceitação (limites de tensões admissíveis).

4. CONCLUSÕES

O reator IEA-R1 é uma instalação já existente em cujas bases de projeto originais, da década de 50, o evento sísmico não foi incluído. Deve-se lembrar que, como já foi mencionado, a avaliação sísmica está inserida numa avaliação de segurança da instalação mais ampla. Assim, a abordagem proposta inclui a indicação de códigos e normas aplicáveis consistentes com as bases de projeto adotadas. Procura-se introduzir conceitos mais atuais para a caracterização da intensidade do terremoto básico de projeto baseados em mapas de risco sísmico. A metodologia para a avaliação sísmica segue as recomendações dos códigos e normas aplicáveis. Na avaliação sísmica do local do IEA-R1 (Engecorps, 1996) foi obtida uma intensidade IV MM para o terremoto de projeto. Assim, com base em IAEA (1985), IAEA (1987), USDOE (1994) e UBC (1988), foi verificado que os carregamentos sísmicos poderiam ser considerados desprezíveis não sendo necessária, portanto, a avaliação sísmica das estruturas, sistemas e componentes

5. REFERÊNCIAS

- CNEN, "Certificação do atendimento aos requisitos de segurança e radioproteção pelas instalações nucleares e pelas instalações radiativas da CNEN", CNEN IN-001/94, 1994.
- Engecorps, "Avaliação sísmica do sítio do reator IEA-R1, Preliminar", São Paulo, Agosto 1996.
- Hsieh, B. J., "Seismic Evaluation Methods for Existing Buildings", Natural Hazard Phenomena and Mitigation, PVP-Vol. 308, pp. 305-309, ASME, 1995.
- IAEA, "Earthquake Resistant Design of Nuclear Facilities with Limited Radioactive Inventory", IAEA-TECDOC-348, 1985.
- IAEA, "Siting of Research Reactors", IAEA-TECDOC-403, 1987.
- IAEA, "Research Reactor Core Conversion Guidebook", IAEA-TECDOC-643, 1992.
- IAEA, "Safety Assessment of Research Reactors and Preparation of the Safety Analysis Report", IAEA SS-35-G1, 1994a.
- IAEA, "Safety in the Utilization and Modification of Research Reactors", IAEA SS-35-G2, 1994b.
- UBC, "Earthquake Regulations", Berkeley, CA, USA, 1988.
- USDOE, "Natural Phenomena Hazards Design and Evaluation Criteria for Department of Energy Facilities", DOE-STD-1020-94, 1994.

SUMMARY

Codes and standards for the seismic evaluation of the research reactor IEA-R1 are presented. An approach to define the design basis earthquake based on the local seismic risk map and on simplified analysis methods is proposed. The site seismic evaluation indicates that the design earthquake intensity is IV MM. Therefore, according to the used codes and standards, no buildings, systems, and components seismic analysis are required