

O LEGADO DO ACIDENTE DE FUKUSHIMA: Uma análise das causas para aprendizado da engenharia

Ana Paula Alves Amorim¹

Celso Luiz Santiago Figueirôa Filho²

Edilson Machado de Assis³

Licianne Pimentel Santa Rosa⁴

RESUMO

Esse artigo tem como objetivo propor um estudo do acidente nuclear de Fukushima, realizando uma apresentação e análise das causas do acidente, tendo como enfoque a unidade 1 de Fukushima Daiichi por ter sido uma das unidades que sofreu maiores danos. Além disso, expor as principais ações tomadas após o acidente no Japão e no mundo. Para a análise das causas foi utilizado o método *árvore de causas (ADC)* ou também conhecido como *método INRS* (Institut National de Recherche et de Sécurité) em referência à instituição que o desenvolveu, uma abordagem inovadora no estudo do acidente de Fukushima, no qual, possibilita conhecer as influências dos principais componentes na ocorrência do acidente e propagação dos danos. Observou-se que apesar da condição geográfica da estação nuclear ter favorecido a ocorrência do terremoto e o tsunami que o sucedeu, os planos de segurança foram ineficientes para contenção dos danos. Após o acidente os países que têm a energia nuclear na participação de suas matrizes energéticas, estão buscando meios mais seguros de se utilizar fontes nucleares ou até mesmo substituindo-a por fontes alternativas.

Palavras-chave: Árvore de causas. Acidente de Fukushima. Energia Nuclear.

1. INTRODUÇÃO

A energia nuclear advém de ondas eletromagnéticas ou partículas emitidas pelo núcleo atômico com o intuito de atingir a sua estabilidade. Esta possui diversas aplicações e contribuições em muitas áreas que vão desde a indústria, sendo empregada na área de controle de qualidade por meio do processo de gamagrafia, até na geração de energia elétrica, na qual é utilizada para gerar calor e movimentar

¹ Graduanda em Engenharia Química, Universidade Católica do Salvador, e-mail: anap.amorim@ucsal.edu.br.

² Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, mestre em Engenharia da Produção pela Universidade Federal da Bahia - UFBA, doutorando em Engenharia Industrial pela UFBA e professor em engenharia mecânica na UCSal, e-mail: celso.filho@ucsal.br.

³ Engenheiro Civil pela Universidade Católica do Salvador - UCSal, mestre em Engenharia da Produção pela Universidade Federal da Bahia - UFBA, doutor em Engenharia Industrial pela UFBA e líder do grupo de pesquisa Confiabilidade e Risco na UCSal, e-mail: edilson.assis@ucsal.br

⁴ Mestre em Engenharia Industrial - UFBA, Doutoranda em Engenharia Industrial - UFBA, e-mail: liciannepimentel@hotmail.com.

as turbinas nas usinas (CARDOSO, 2015). Embora a aplicabilidade da energia nuclear tenha contribuído para o desenvolvimento de diversas áreas, os impactos proporcionados por seu uso deixaram um grande rastro de destruição ao decorrer da história da humanidade.

Em 1986, em Chernobyl, na Ucrânia, a explosão de um reator da usina nuclear produziu uma nuvem com cerca de 400 vezes mais radiação que a bomba atômica de Hiroshima, contaminando em massa a fauna, flora e a população local (WHITAKER *et al.*, 2012).

Em 2011, o Japão reviveu outra tragédia após o ataque nuclear de Hiroshima e Nagasaki. Um terremoto de 9 graus na escala Richter provocou um tsunami que atingiu as estações de energia nuclear de Fukushima, liberando no ambiente gás contaminado com radiação (VELOSO, 2013). Após este acidente, o mundo entrou em alerta e tem realizado diversas medidas preventivas e de controle dos riscos da energia nuclear.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é realizar um estudo técnico do legado do acidente nuclear de Fukushima. Para tal, a ferramenta árvore de causas será utilizada para explicar as causas que levaram a ocorrência deste acidente. É importante ressaltar que o foco deste trabalho é a Unidade 1 de Fukushima Daiichi, devido a essa apresentar um maior dano, assim como as medidas tomadas após o acidente no meio internacional.

Sendo assim, primeiramente, será realizada a explanação do acidente por meio da análise do relatório oficial, utilizando como ferramenta o método árvore de causas (ADC) ou também conhecido como método INRS, no qual consiste na construção de uma representação gráfica e lógica dos fatos. Posteriormente, será exposto o legado deste acidente no Japão e no mundo através de um estudo das principais medidas após o acidente. Por fim, conclui-se esse trabalho.

2. METODOLOGIA

Com o intuito de promover a análise dos principais eventos do acidente nuclear em Fukushima, tendo como enfoque a Unidade 1 de Fukushima Daiichi, foi utilizado o método árvore de causas (ADC). Este consiste da representação gráfica

e lógica dos fatos que descrevem o acidente. Primeiramente, é realizada uma análise de antecedentes classificados em: antecedentes-estado (habituais), que são condições permanentes da situação de trabalho e antecedentes-variação (variações), que são condições que fogem da normalidade ou modificam o ambiente de trabalho. Em seguida, tendo como unidade de análise do sistema a atividade, que corresponde a parte do trabalho executada por um indivíduo no sistema de produção e composta por quatro componentes: indivíduo (I), aquele que trabalha na unidade ou responde por ela, tarefa (T), refere-se a execução de operações do indivíduo que intervém na produção de algum bem ou serviço, material (M), são todos aqueles que são matéria-prima, meios técnicos e se apresentam como recursos que o trabalhador dispõe para realizar um trabalho, e meio de trabalho (MT), que são os locais nos quais o indivíduo realiza suas tarefas. Dessa forma é realizado a organização dos fatos com a classificação dos mesmos. (MASSOCO, 2008; BINDER, ALMEIDA, 1997).

O método árvore de causas é usualmente utilizado para acidentes de trabalho como observado em Quaresma (2012), Massoco (2008), Moura (2010), Binder e Almeida (1997), Binder (1997), INRS (2013). Entretanto, como exposto por Katsakiori *et al.* (2015) a técnica pode ser utilizada para diversos tipos de acidentes, o que justifica a aplicação deste na análise do acidente de Fukushima.

Deste modo, a partir das informações presentes no relatório oficial do acidente, foram extraídas as principais causas para a perda de fonte de energia externa de algumas unidades, assim como, a liberação de materiais radioativos e gás hidrogênio com a consequente explosão na Unidade 1 de Fukushima Daiichi. Essas informações foram divididas em 3 árvores de causas seguindo a ordem cronológica dos fatos, a primeira expõe as causas para perda de energia fora do local, a segunda apresenta os eventos ocorridos na unidade após o terremoto, e por fim, é exposto o acidente após o tsunami.

3. ANÁLISE DO RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO OFICIAL

O relatório em estudo foi emitido no dia 2 de dezembro de 2011 pela Companhia de Energia Elétrica de Tokyo (TEPCO). Ele foi realizado pela Comissão

de Investigação do Acidente Nuclear de Fukushima e pela Comissão de Verificação de Investigação de Acidentes. Estes têm como objetivos esclarecer as causas do acidente e auxiliar na prevenção de acidentes futuros. Tendo isso em vista, foi realizado um estudo com a finalidade de analisar as principais causas dos danos sofridos pela Unidade 1 de Fukushima Daiichi adotando uma abordagem inovadora no estudo do acidente: a árvore de causa (ADC).

3.1 Árvore de causa para a perda de energia da fonte externa

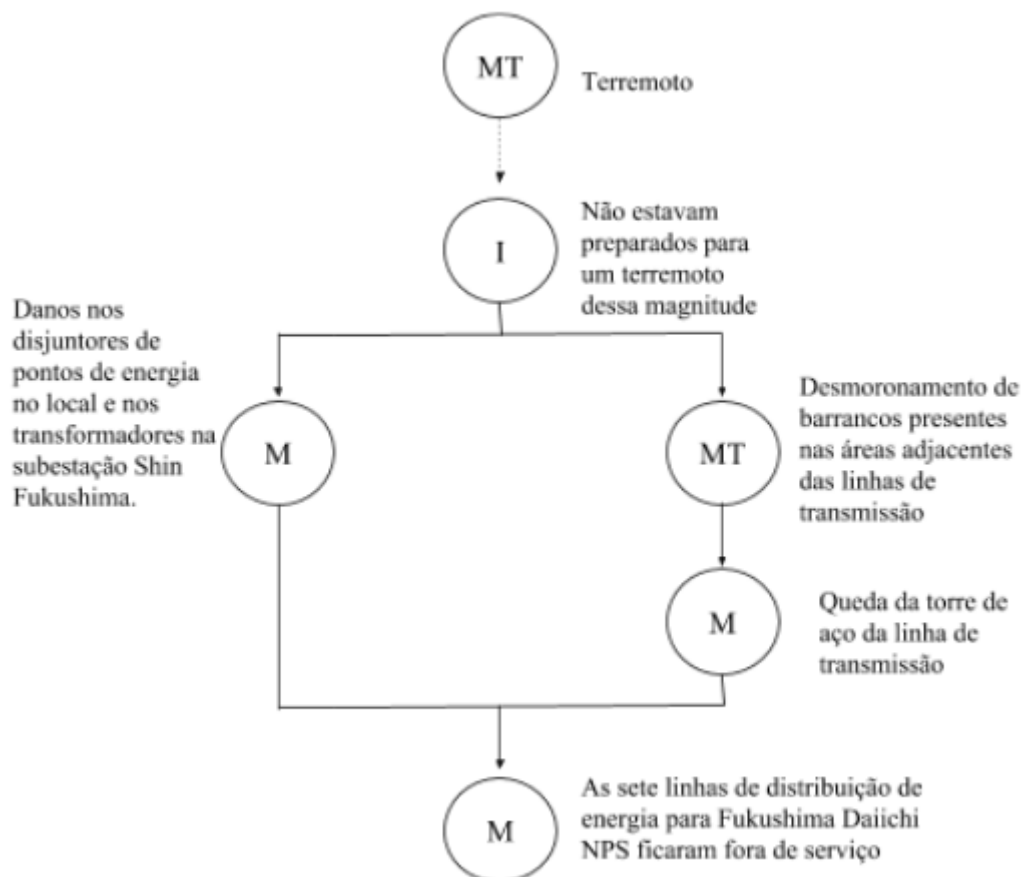
Os fatos que levaram a perda de energia da fonte externa das unidades estão expostos no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos principais fatos para perda de energia fora do local.

Fato	Componente	<input type="checkbox"/> / <input type="radio"/>
Danos nos disjuntores de pontos de energia no local e nos transformadores na subestação Shin Fukushima.	M	<input type="radio"/>
Queda da torre de aço da linha de transmissão.	M	<input type="radio"/>
Desmoronamento de barrancos presentes nas áreas adjacentes das linhas de transmissão.	MT	<input type="radio"/>
Terremoto.	MT	<input type="radio"/>
Não estavam preparados para um terremoto dessa magnitude.	I	<input type="radio"/>
As sete linhas de distribuição de energia para Fukushima Daiichi NPS ficaram fora de serviço.	M	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Fatos habituais MT Meio de trabalho I Indivíduo M Material <input type="radio"/> Fatos variações		

Os fatos expostos no Quadro 1 foram utilizados para realizar a árvore de causa para a perda de energia da fonte externa(Figura 1).

Figura 1 - Árvore de causa para a falta de energia fora do local



Por meio da análise da Figura 1, nota-se que todos os fatos se deram por condições que fugiam da normalidade. Isso infere que apesar de toda preparação e aprimoramento dos meios de segurança, não puderam impedir a queda de energia, o que proporcionou diversos problemas nas unidades das usinas. Esta árvore de causa apresenta 3 componentes Material (M), na qual, tiveram relação direta com a perda de energia da fonte externa. Além disso, 2 componentes Meio de Trabalho (MT), sendo um deles um fenômeno da natureza e 1 componente Indivíduo (I) ressaltando a contribuição deste para a ocorrência do acidente. A seta pontilhada do primeiro MT para o I indica que não necessariamente um evento gerou o outro.

3.2 Árvore de causa do acidente na unidade 1 de Fukushima Daiichi após o terremoto

No Quadro 2 estão expostos os fatos que prosseguiram o terremoto e na Unidade 1 de Fukushima Daiichi com as suas respectivas classificações de componente variável ou habitual. Foi considerado habitual todos os procedimentos que iniciaram automaticamente ou as circunstâncias que já estavam previstas. Para representar a conexão entre duas árvores de causa foi utilizado uma nova simbologia retratada por um triângulo (Δ).

Os fatos expostos no Quadro 2 são uma síntese dos procedimentos e ocorrências apresentados durante o incidente. Buscou-se exibir os principais fatos que levaram aos maiores conseqüências, portanto, alguns procedimentos não foram retratados, de forma a não interferir na compreensão do acidente.

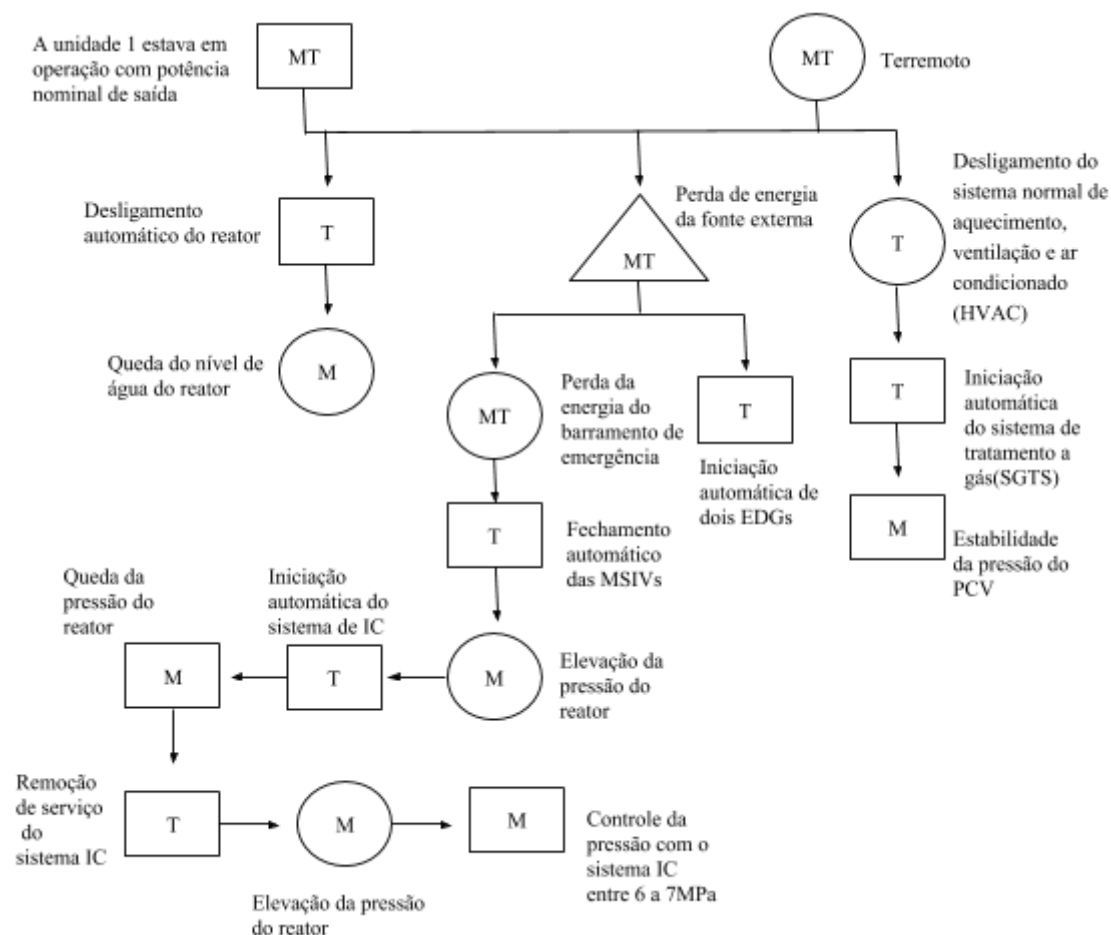
Quadro 2 - Classificação dos principais fatos antes e após o terremoto na Unidade 1 de Fukushima Daiichi

Fato	Componente	\square/\circ
A unidade 1 estava em operação com potência nominal de saída.	MT	\square
Terremoto.	MT	\circ
Desligamento automático do reator.	T	\square
Queda do nível de água do reator.	M	\circ
Desligamento do sistema normal de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC)	T	\circ
Perda de energia da fonte externa.*	MT	Δ
Iniciação automática do sistema de tratamento a gás (SGTS).	T	\square
Estabilidade da pressão do PCV (<i>Primary Contention Vessel</i>).	M	\square
Iniciação de dois geradores de emergência a diesel (EDGs).	T	\square
Perda da energia do barramento de emergência.	MT	\circ
Fechamento automático das principais válvulas de isolamento de vapor (MSIVs)	T	\square
Elevação da pressão do reator.	M	\circ

Iniciação automática do sistema de condensação de isolamento (IC).	T	□
Remoção do IC de serviço.	T	□
Queda da pressão do reator.	M	□
Controle da pressão com o sistema IC entre 6 a 7Mpa.	M	○
□ Fatos habituais MT Meio de trabalho I Indivíduo ○ Fatos variações M Material T Tarefa		

A árvore de causa da Figura 2 foi construída baseada nos dados do Quadro 2 com a finalidade de expor o acidente após o terremoto, para isso utilizou-se os fatos anteriores ao tsunami.

Figura 2 - Árvore de causa do acidente na unidade 1 de Fukushima Daiichi após o terremoto



Com 4 componentes Meio de Trabalho (MT), sendo 2 habituais e os demais variáveis, observa-se que essas circunstâncias variáveis dificultaram a ação na unidade tendo como consequência modificações diretas em pelo menos 3 componentes Material (M). Os 7 componentes Tarefa (T) foram realizados a fim de restaurar o controle da unidade, o que gerou os outros 5 componentes Material (M) representados na árvore. Observa-se que 58,82% (10 componentes) da árvore é composta por fatos habituais, isso infere que existia procedimentos de emergência para lidar com as consequências do terremoto, entretanto, com a chegada do tsunami toda tentativa de controle foi perdida.

4.3 Árvore de causa do acidente na Unidade 1 em Fukushima Daiichi após o tsunami

Os dados do Quadro 3 foram utilizados para realizar a árvore de causa expressa na Figura 3. Os fatos empregados foram os que sucederam ao tsunami e teve como finalidade expor as principais consequências da chegada do tsunami na unidade. Após o tsunami, a estrutura da unidade foi comprometida levando as principais falhas no sistema.

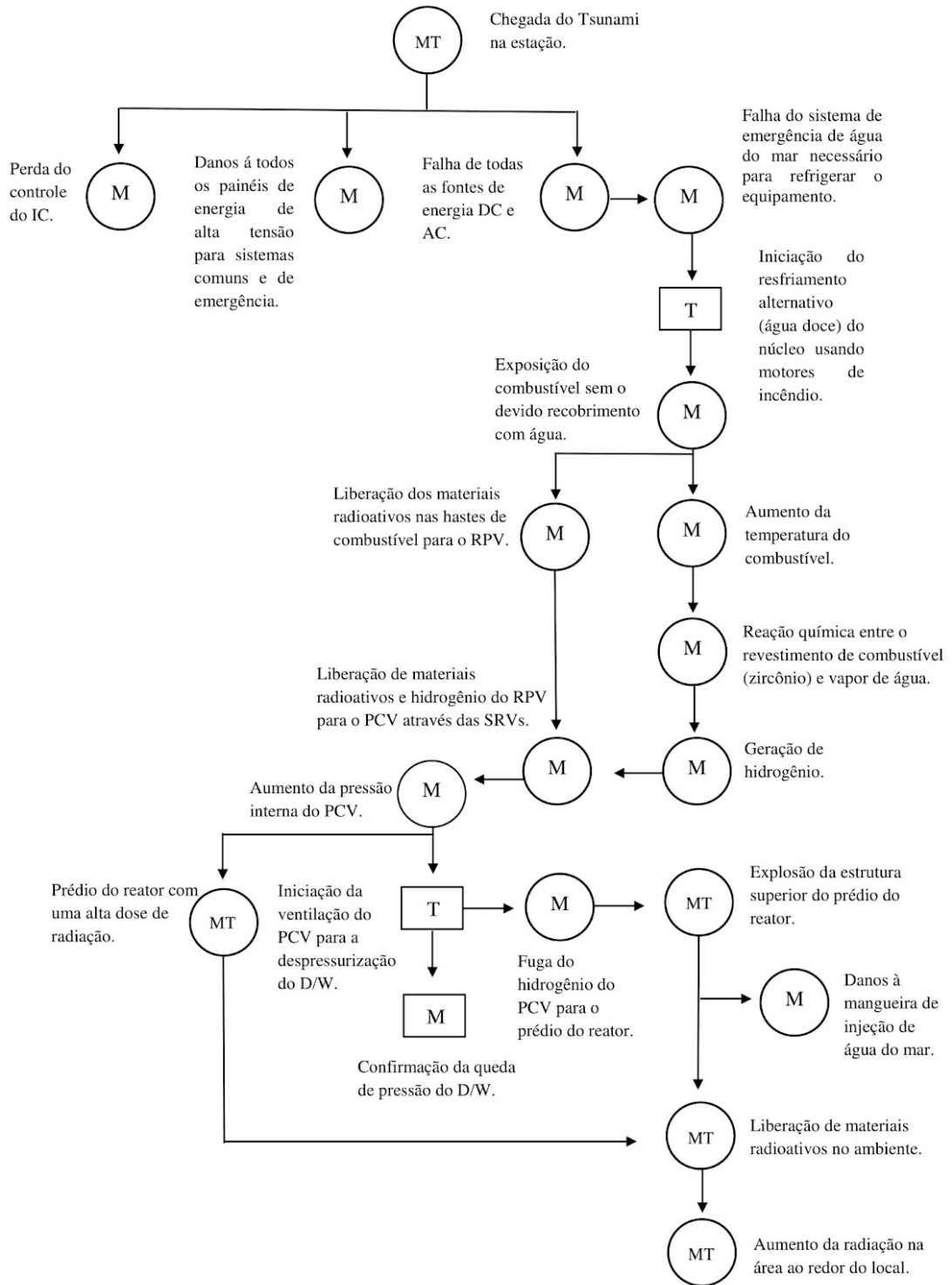
Quadro 3 - Classificação dos principais fatos antes e após o tsunami na Unidade 1 de Fukushima Daiichi

Fato	Componente	□/○
Chegada do Tsunami na estação	MT	○
Perda do controle do IC devido aos danos da Tsunami.	M	○
Danos á todos os painéis de energia de alta tensão para sistemas comuns e de emergência.	M	○
Falha de todas as fontes de energia DC e AC.	M	○
Falha do sistema de emergência de água do mar necessário para refrigerar o equipamento.	M	○
Iniciação do resfriamento alternativo (água doce) do núcleo usando motores de incêndio.	T	□
Exposição do combustível sem o devido recobrimento com água.	M	○

Aumento da temperatura do combustível.	M	○
Liberação dos materiais radioativos nas hastes de combustível para o RPV.	M	○
Reação química entre o revestimento de combustível (zircônio) e vapor no RPV.	M	○
Geração de hidrogênio.	M	○
Liberação de materiais radioativos e hidrogênio do RPV para o PCV através das válvulas de alívio de segurança de vapor principais (SRVs).	M	○
Aumento da pressão interna do PCV.	M	○
Iniciação da ventilação do PCV para a depressurização do D/W.	T	□
Prédio do reator com uma alta dose de radiação.	MT	○
Confirmação da queda de pressão do D/W.	M	○
Fuga do hidrogênio do PCV para o prédio do reator.	M	○
Explosão da estrutura superior do prédio do reator.	MT	○
Danos à mangueira de injeção de água do mar.	M	○
Liberação de materiais radioativos no ambiente.	MT	○
Aumento da radiação na área ao redor do local.	MT	○
<input type="checkbox"/> Fatos habituais MT Meio de trabalho I Indivíduo <input type="radio"/> Fatos variações M Material T Tarefa		

O componente Material (M) aparece 14 vezes, sendo apenas 1 habitual, entre os variáveis estão as falhas que levaram a explosão da unidade, como os danos no recobrimento do combustível.

Figura 3 - Árvore de causa do acidente na Unidade 1 em Fukushima Daiichi após o tsunami



Três dos 5 componentes classificados como Meio de Trabalho (MT) foram as principais consequências do acidente, entre eles, a explosão do prédio do reator e a liberação de materiais radioativos no ambiente. Já o componente Tarefa (T) aparece 2 vezes. Devido aos danos nas instalações elétricas, nos EDGs e aumento da radiação no prédio do reator muitos procedimentos não puderam ser executados. Além disso, não dispuseram de dados de apoio ou consulta a equipamentos para a tomada de decisões o que dificultou a atividade e controle da unidade. Este fato é possível ser constatado na árvore de causa (Figura 3) pela baixa porcentagem de componentes habituais (14,38 %).

Em suma, os fatores determinantes para ocorrência e alastramento do acidente foram as condições geográficas do local e medidas de segurança ineficazes. Dessa forma, é interessante conhecer as causas do acidente como forma de desenvolver medidas de segurança mais eficazes para o uso da energia nuclear.

4. O LEGADO DESTE ACIDENTE NO JAPÃO E NO MUNDO

No dia 20 a 24 de junho de 2011, houve a Conferência Ministerial em Segurança Nuclear na sede da IAEA (Agência Internacional de Energia Atômica) em Vienna. De acordo com o resumo do presidente foi sugerido nessa conferência que: “Todos os Estados-Membros revejam sistematicamente a segurança de todas as centrais nucleares, incluindo as margens de segurança e os pressupostos para base de concepção tanto para instalações novas como para instalações operacionais”(IAEA, 2011, p.1, tradução nossa).

Os resultados dessas avaliações de segurança e as respostas às lições aprendidas foram informados na Reunião Extraordinária das Partes Contratantes na Convenção sobre Segurança Nuclear (CNS) em 2012. Ademais, nesta reunião foram abordadas as medidas de segurança em vigor nas usinas nucleares que foram reavaliadas em casos de eventos naturais e as novas medidas que precisavam ser implementadas, tendo como lição o acidente de Fukushima Daiichi (IAEA, 2012).

Até o presente momento mais encontros e reuniões já foram realizados tendo como objetivos acompanhar o progresso dos Estados-Membros nas melhorias de

segurança das usinas nucleares como fim de evitar acidentes futuros. Além disso, discussão e estudo das lições que foram aprendidas com o acidente nuclear de Fukushima Daiichi.

4.1 Ações em curso

No Brasil, a estatal Eletronuclear que é responsável por Angra 1 e 2 aplicou um Plano de Respostas a Fukushima. Entre as medidas estão à simulação de grandes desastres naturais e reforço de algumas estruturas para o caso de deslizamentos. Ademais, melhorias em equipamentos, estruturas e sistemas, como a instalação de um reservatório de água, bombas e compressores para resfriar o reator nuclear em caso de acidente, instalação de recombinaidores catalíticos de hidrogênio que asseguram o confinamento dos materiais radioativos no interior do prédio do reator e revisão do plano de evacuação. Algumas dessas ações ainda estão em curso e estudos sendo feitos para o aumento da segurança nas usinas (ELETRONUCLEAR, 2014).

Na França, apesar das plantas nucleares terem apresentado excelência nos testes de estresse e na análise do procedimento de emergência, a tensão após o acidente de Fukushima é grande. Com 78,8% de participação da energia nuclear na matriz energética da França, o então presidente eleito em 2012 Francois Hollande declarou que a França iria diminuir em um terço a produção de energia nuclear até o ano 2025. Entretanto, em 2014, o ministro Arnaud Montebourg, declarou após o fechamento da central nuclear de Fessenheim que a França receberá pelo menos 50% de energia elétrica por meio de energia nuclear, além disso, nesse mesmo ano o governo lançou um projeto de lei que visa aumentar a dependência de fontes renováveis de 15% para 32% (COLUMBIA UNIVERSITY, 2012).

Na Alemanha, logo após o acidente de Fukushima, o governo decidiu revisar a segurança de todas as suas usinas nucleares. A Comissão Autônoma de Segurança de Reatores (RSK) observou na primeira avaliação que as usinas alemãs estavam mais bem preparadas em termos de proteção contra inundações e distribuição de energia do que as usinas de Fukushima. Entretanto, após o governo federal reunir a Comissão de Ética alemã com o objetivo de discutir os riscos da

energia nuclear e decidir por meio de um consenso público sobre o futuro suprimento de energia chegou-se a conclusão que apesar de os riscos do uso da energia nuclear após o acidente de Fukushima não terem sofrido mudanças, a percepção deles mudaram, ou seja, notaram que a Alemanha não poderia encarar o risco de um acidente fora de controle. Sendo assim, a Alemanha decidiu abolir o uso da energia nuclear como fonte de geração de energia elétrica do seu território, até o ano de 2022 todas as suas usinas deverão estar inativas (BMUB, 2016).

No Japão, embora a energia nuclear seja responsável por 30% da energia consumida, o acidente de Fukushima teve impacto em todas as esferas da sociedade nacional, incluindo agricultura, silvicultura, pesca, educação, indústria, turismo e política (TSPF, 2012). Visto que assim que o acidente ocorreu ele era classificado em nível 4 (consequências locais) de acordo a Escala de Eventos Nucleares e Radiológicos Internacionais (INES), após 1 mês elevou-se ao nível 7 (máximo), igualando as proporções do acidente de Chernobyl (FERREIRA *et al.* apud IAEA, 2012).

O Japão ainda tenta lidar com as diversas questões que surgiram após o acidente entre elas estão:

- (1) a resposta aos acidentes nucleares e à gestão da segurança;
- (2) a revisão da política energética;
- (3) o manuseio de problemas de contaminação radioativa e reparação;
- (4) preocupações relacionadas à produção e fornecimento de energia elétrica (PPS);
- (5) a reestruturação da gestão da segurança nuclear (o lançamento de uma nova Autoridade de Regulação Nuclear e Agência de Regulamentação Nuclear em Setembro de 2012);
- (6) medidas de segurança de energia nuclear no local e o fortalecimento da segurança nuclear (TSPF, 2012, p.6, tradução nossa).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma visualização do legado do acidente de Fukushima, a partir da análise e levantamento de fatos e dados das principais causas e influências após o acidente não só local, mas mundial. Além disso, foi empregada uma nova abordagem para a análise das causas do acidente de Fukushima: o método árvore de causas (ADC).



A análise do acidente na unidade 1 de Fukushima Daiichi por meio da ferramenta método árvore de causas proporcionou a investigação da contribuição de cada componente no acidente. Dessa forma, nota-se que além da condição geográfica, na qual a estação está instalada, ter influenciado a ocorrência do acidente, a ineficiência de algumas medidas de segurança e planos de contenção levaram ao alastramento deste. Além disso, foi possível atestar a aplicabilidade do método para acidentes mais complexos. Visto que, o uso deste em trabalhos anteriores estavam concentrados em acidentes de trabalho.

Ademais, foram expostas medidas que estão sendo tomadas após o acidente de Fukushima por alguns países para a melhoria da segurança no uso da energia nuclear e os países que por pressão política e social estão abandonando essa forma de obtenção de energia elétrica, buscando novas fontes energia. Isso infere que apesar do alto potencial energético de fontes nucleares, após o acidente nuclear de Fukushima, o mundo encara um dilema sobre o futuro da energia nuclear como fonte de energia elétrica. Diante do exposto foi possível observar o legado que o acidente de Fukushima deixou não só no Japão, mas mundialmente. Dada à importância desse tema, tornam-se necessários ainda mais estudos que busquem alcançar um maior detalhamento das causas dos danos nas estações de Fukushima como forma de contribuir para o aprimoramento da segurança no uso da energia nuclear e mitigar as consequências que ainda assombram a população japonesa e mundial.

REFERÊNCIAS

BINDER, M. C.P.; ALMEIDA, I.M. Estudo de caso de dois acidentes do trabalho investigados com o método de árvore de causas. *Cad. Saúde Pública*, v. 13, n. 4, 1997a.

BINDER, M. C. P. O uso do método árvore de causas na investigação de acidentes do trabalho típicos. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 23, n. 87-88, p. 69-92, 1997b.

BMUB. Developments in Germany following the nuclear disaster in Japan. 2016. Disponível em: <www.bmub.bund.de/en/topics/nuclear-safety-radiological-protection/nuclear-safety/response-to-fukushima/overview/>. Acesso em: 29 jun. 2017.

CARDOSO, Eliezer de Moura et al. Aplicações da Energia Nuclear. **Comissão Nacional de Energia Nuclear**, 2015. Disponível em:



<<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-da-energia-nuclear.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2017

COLUMBIA UNIVERSITY. France: A Study of French Nuclear Policy After Fukushima. **K1project**, 17 jul. 2012. Disponível em: <<https://k1project.columbia.edu/news/french-nuclear-policy-after-fukushima>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

ELETRONUCLEAR. Informação sobre a situação do plano de resposta à Fukushima da Eletronuclear. 2014. Disponível em: <www.eletronuclear.gov.br/LinkClick.aspx?fileticket=uR_wBiUvTgM%3D&tabid=6>. Acesso em: 28 jun. 2017.

Extraordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention on Nuclear Safety. 2., 2012, Vienna. **Final Summary Report...** Vienna: IAEA, 2012. 22p.

FERREIRA, Marlon Cruz; SILVA, Adolfo Henrique Coutinho e; NETO, Manoel Marcondes Machado. A Evidenciação Social Voluntária e o Acidente Nuclear de Fukushima: Um Estudo de Caso da Eletronuclear. *Revista Universo Contábil*, Blumenau, v. 8, n. 4, p. 76-96, out./dez., 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/1170/117024902006/>>. Acesso em: 30 jun. 2017.

IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety. 1., 2011, Vienna. **Chairpersons' Summaries**. Vienna: IAEA, 2011. 12p.

INRS. L'analyse de l'accident du travail: La méthode de l'arbre des causes. 1 ed. p. 26, 2013.

KATSAKIORI, P.; SAKELLAROPOULOS, G.; MANATAKIS, E. Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models. *Safety Science*, v.47, p.1007-1015, 2009.

MASSOCO, Daniel Biazus. **Uso da metodologia árvore de causas na investigação de acidente rural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

MOURA, E. S. C. Causas dos acidentes de trabalho em implementação de empreendimento para área de refino: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

VELOSO, Larissa. O pesadelo de Fukushima. **Revista Planeta**, n. 493, 28 nov. 2013. Disponível em: <www.revistaplaneta.com.br/o-pesadelo-de-fukushima/>. Acesso em: 28 abr. 2017.

QUARESMA, S. C. M. Contributo do Método Árvore de Causas no Estudo dos Acidentes de Trabalho para a Segurança no Trabalho em Altura com recurso às Técnicas de Acesso e Posicionamento por Cordas. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa. Instituto Politécnico de Lisboa, Lisboa, 2012.

SEKIMURA, Naoto. Overview of the Accident in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants. **U.S. National Academy of Sciences Washington D.C.**, 26 mai. 2011. Disponível em:



<<http://dels.nas.edu/resources/static-assets/nrsb/miscellaneous/SekimuraPresentation.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2017.

THE SASAKAWA PEACE FOUNDATION. **The Fukushima Nuclear Accident and Crisis Management**: Lessons for Japan-U.S. Alliance Cooperation. Tóquio, 2012, 134p.
The Tokyo Electric Power Company, Inc. **Fukushima Nuclear Accident Analysis Report (Interim Report)**. Tóquio, 2011, 156p.

WHITAKER, Chico et al. **Por um Brasil livre de usinas nucleares**: por que e como resistir ao lobby nuclear. São Paulo. SP: Paulinas, 2012, 119p.