

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE FÍSICA
CURSO DE BACHARELADO EM FÍSICA MÉDICA

CESAR AUGUSTO SILVA CARDOSO ASSIS

**TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO: ESTUDO DE CASO EM
PLANO DE TRANSPORTE EFETUADO PELO HOSPITAL DO CÂNCER
DE UBERLÂNDIA**

**UBERLÂNDIA
2018**

CESAR AUGUSTO SILVA CARDOSO ASSIS

**TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO: ESTUDO DE CASO EM
PLANO DE TRANSPORTE EFETUADO PELO HOSPITAL DO CÂNCER
DE UBERLÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Física Médica, do Instituto de Física, da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para a conclusão do curso e obtenção do título de Bacharel em Física Médica.

Orientador: Prof.º Dr. Antônio Ariza Gonçalves Junior

**UBERLÂNDIA
2018**

**TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO: ESTUDO DE CASO EM
PLANO DE TRANSPORTE EFETUADO PELO HOSPITAL DO CÂNCER
DE UBERLÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para a
obtenção do título de Bacharel em Física Médica,
do Instituto de Física, da Universidade Federal de
Uberlândia (MG) pela banca examinadora formada
por:

Uberlândia, 17 de julho de 2018.

Professor 1

Professor 2

Professor 3

A meus pais Mario Cezar e Cacilda e meu irmão.

Meus tios, tias, avós e avôs.

Meus amigos e amigas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado força e paciência para poder passar por todas as dificuldades encontradas durante o curso, sendo elas na própria faculdade quanto na vida pessoal.

Agradeço meus pais, Cacilda e Mario Cezar, por terem me apoiado por todo o caminho e me ajudado a fazer escolhas que definiram minha trajetória até aqui, afinal sem eles eu não estaria aqui e nada mais justo do que ser grato a eles eternamente, por tudo que me proporcionaram e passaram por mim.

Gostaria de agradecer meu irmão, Luiz Felipe, que esteve ao meu lado me dando conselhos e me ajudando mesmo que discretamente, mas suas palavras e conselhos tem um grande valor para mim.

À minha família, que sempre me desejou sorte e teve esperanças que um dia eu conseguiria os meus objetivos e cumprir minha jornada como estudante para me tornar o profissional que eu desejo.

Agradecer ao meu orientador, por ter dedicado seu tempo ao trabalho, depositando confiança em mim para que o mesmo fosse realizado com sucesso, tendo paciência e calma respondendo todos os questionamentos e dúvidas durante a pesquisa.

Finalmente, agradeço à banca examinadora que aceitou participar deste momento especial de conclusão de curso.

RESUMO

O uso de material radioativo se tornou crescente hoje em dia, desde um exame de imagem, relativamente simples, até o tratamento de doenças, por exemplo, o câncer. Porém, o manuseio desse material exige cuidados e atenção a fim de prevenir danos aos seres humanos e ao meio ambiente. Todo esse processo para uso de material radioativo, incluindo fabricação, manuseio e transporte, que é o enfoque deste trabalho, é regimentado em normas regulamentadoras brasileiras que padronizam esse tipo de atividade. A etapa de transporte foi escolhida, pois é uma das que mais apresentam riscos e exposição às pessoas e meio ambiente, de forma que algum acidente possa ter consequências drásticas ou irreversíveis. Assim, este trabalho tem como objetivo pontuar todas as considerações necessárias para o desenvolvimento de um plano de transporte de material radioativo, avaliando um Plano de Transporte efetuado em 2014 no Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia, sinalizando algumas melhorias e avaliando as leis e normas dos órgãos responsáveis pela aprovação do plano e sua fiscalização. A metodologia empregada é descritiva, mais precisamente um estudo de caso, avaliando as normas e leis a serem utilizadas para a elaboração do plano de transporte, tendo as mesmas como embasamento teórico. Após um estudo detalhado do plano e uma revisão literária das leis e normas que o compõe, uma análise crítica e descritiva será apresentada pontuando os fatores que trazem benefícios ou malefícios para a execução do plano elaborado. As principais leis e normas utilizadas para fiscalização são a CNEN-NE 5.01 e Nota técnica CNEN-IBAMA 01/2013. As outras variam conforme a via de transporte, por exemplo, a RBAC nº 175 da ANAC para via aérea, Resolução nº 420 da ANTT para via terrestre e NORMAM-01/DPC, NORMAM-02/DPC, NORMAM-29/DPC e Resolução nº 1765 da ANTAq para via marítima. Sugerem-se melhorias quanto à fiscalização do transporte, e não, somente, para a aprovação do plano em si. É de extrema importância a fiscalização rígida da CNEN desde o preenchimento dos documentos pelo expedidor até a chegada do material em seu destino final tornando o transporte efetivo e seguro para todos os envolvidos.

Palavras-chave: Plano de transporte de material radioativo. CNEN. CNEN-NE 5.01. Radioproteção.

ABSTRACT

The use of radioactive material intensified nowadays, from an image examination, relatively simple, to the treatment of diseases, for example, cancer. However, handling the material requires care and attention to prevent damage to humans and the environment. This whole process of radioactive material use, including manufacturing, handling and transportation, which is the focus of this work, is regimented in Brazilian regulatory standards that standardize this type of activity. The transportation phase has been selected because it is one of the riskiest and more exposed to people and to an environment, in some way an accident can present drastic or irreversible consequences. Thus, this work has as objective describe all the necessary questions for the development of a radioactive material transportation plan, evaluating a Transportation Plan carried out in 2014 at the Federal University Hospital of Uberlândia, signaling some improvements and evaluating the laws and regulations of the institution responsible for approval and oversight. The methodology used is descriptive, but it is a case study, evaluating the norms and laws to be used in the elaboration of the transportation plan, having these as its theoretical basis. After a detailed study of the plan and a literary revision of the laws and regulations that make up, a critical and descriptive analysis will be presented punctuating the factors that bring the benefits or damages to the execution of the elaborated plan. As the main laws and standards used for inspection are CNEN-NE 5.01 and Technical Note CNEN-IBAMA 01/2013. The other variate according to the transport route, for example, the ANAC RBAC No. 175 for Airway, ANTT Resolution 420 for Land and NORMAM-01 / DPC, NORMAM-02 / DPC, NORMAM-29 / DPC. 1765 of ANTAq for the sea. It is suggested improvements regarding the inspection of the transport, and not only for the approval of the plan itself. It is of extreme importance a certification agent from CNEN from the filling of the documents until the arrival of the material from its final destination to the effective and safe transportation for all involved.

Keywords: Transport plan of radioactive material. CNEN. CNEN-NE 5.01. Radioprotection.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Radiografia da mão da esposa de Röntgen	13
FIGURA 2	Categoria de embalados	24
FIGURA 3	Categoria de pacotes embalados, incluindo contêineres quando usados como pacotes de embalados	25
FIGURA 4	Símbolo básico do trifólio	26
FIGURA 5	Rótulo categoria I - Branca	27
FIGURA 6	Rótulo categoria II - Amarela	27
FIGURA 7	Rótulo categoria III - Amarela	27
FIGURA 8	Placa de aviso para tanques e contêineres	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANTAq	Agência Nacional de Transporte Aquaviário
BAE	Baixa Atividade Específica
CEMAM	Conselho Estadual do Meio Ambiente
Ci	Unidade de Medida de atividade (<i>Curie</i>)
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CRCN-CO	Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste
IATA	<i>International Air Transport Association</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICAO	Organização Internacional de Aviação Civil
IEN	Instituto de Energia Nuclear
IMO	Organização Marítima Internacional
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IRD	Instituto de Radioproteção e Dosimetria
NORMAM	Normas da Autoridade Marítima
OCS	Objetos Contaminados na Superfície
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
SOLAS	<i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i>
VS	Vigilância Sanitária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO.....	12
3	CONTEXTO HISTÓRICO	13
4	METODOLOGIA.....	17
5	ÓRGÃOS RESPONSÁVEIS PELO TRANSPORTE DO MATERIAL RADIOATIVO	19
6	APRESENTAÇÃO DAS NORMAS PARA TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO	21
7	PLANO DE TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO.....	30
7.1.	CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL TRANSPORTADO E DO EMBALADO (ENSAIOS)	30
7.2.	APRESENTAÇÃO DO VEÍCULO E ITINERÁRIO	31
7.3.	PROGRAMA DE EMERGÊNCIA	32
7.3.1.	<i>Colisão sem incêndio</i>	32
7.3.2.	<i>Colisão com incêndio</i>	33
7.3.3.	<i>Incêndio</i>	33
7.4.	DOCUMENTOS RESERVADOS AOS RESPONSÁVEIS	33
7.5.	GARANTIA DE QUALIDADE REGISTRADA	34
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Devido aos avanços tecnológicos, o uso de materiais radioativos vem tendo uma nova perspectiva, tanto para a realização de exames quanto em tratamentos de doenças em hospitais e clínicas. Porém não é um material simples de se trabalhar, tendo vários riscos para os profissionais que o manuseiam e, também, para os pacientes que o utilizam. Levando esses riscos em consideração, podemos tomar certas medidas e precauções para que os mesmos sejam diminuídos, dando assim uma maior segurança para as pessoas e ao meio ambiente no manuseio do material radioativo (FERREIRA FILHO; AQUINO; RODRIGUES, 2015).

Para que o material radioativo chegue até as clínicas e hospitais existem uma série de condições, restrições e formas de transportá-lo até seu destino de uso, com isso se faz necessário leis e normas para que toda e qualquer forma de transporte seja feita de forma segura, seguindo um formato padrão diminuindo os riscos de acidente, não colocando assim em risco a população e o meio ambiente (FERREIRA FILHO; AQUINO; RODRIGUES, 2015).

O processo de transportar materiais radioativos é umas das partes mais perigosas de seu uso, considerando que é o momento onde há a maior exposição da população e do meio ambiente podendo gerar consequências drásticas e até mesmo irreversíveis, dependendo diretamente do tipo de material transportado e de sua quantidade.

Com o surgimento de novos aparelhos e tratamentos nos hospitais, fez-se necessário a troca de equipamentos e até mesmo desativar algumas tecnologias não mais utilizadas. Sendo esse o caso de alguns hospitais, o material radioativo não seria mais necessário e, portanto seria descartado. Entretanto, a forma de descarte deve ser supervisionada e acompanhada por pessoas capacitadas, tendo uma série de documentos a serem preenchidos e testes a serem feitos para que o transporte seja feito com a máxima segurança possível (FERREIRA FILHO; AQUINO; RODRIGUES, 2015).

A partir de tais critérios, visa-se fazer um levantamento se as normas e leis a serem consideradas para efetuar um transporte de material radioativo são efetivas, se realmente restringem os riscos e se tornam o transporte algo seguro e viável a ser

efetuado. Para tal avaliação, um estudo de caso será feito sobre um plano de transporte de material radioativo efetuado em razão social da Fundação de Assistência, Estudo e Pesquisa de Uberlândia.

O estudo de caso tem como objetivo determinar os pontos críticos do plano de transporte de material radioativo, levantando o que há de mais essencial sobre as normas e leis que o compõem. A metodologia escolhida para o estudo ainda visa dar uma interpretação mais característica do caso, sendo composta assim pela visão de quem analisa o caso, tendo assim uma liberdade maior de interpretação, porém sem influenciar no resultado já obtido (GERHARDT; SILVEIRA, 2009) que foi o deferimento do plano de transporte e a própria execução do mesmo.

2 OBJETIVO

O principal objetivo do trabalho é levantar todas as considerações necessárias para o desenvolvimento de um plano de transporte de material radioativo, sendo que nele devem estar empregadas todas as normas e leis indicadas pelos órgãos responsáveis.

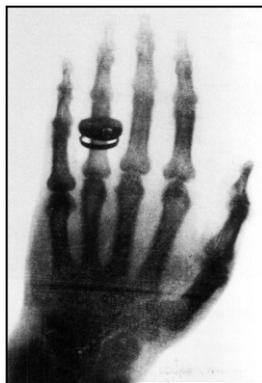
O trabalho ainda visa avaliar um Plano de Transporte de Material Radioativo efetuado em 2014, levantando hipóteses e melhorias a serem empregadas no plano e avaliar se as leis e normas utilizadas aderem a todos os quesitos em questão de segurança e viabilidade para efetuar o plano.

3 CONTEXTO HISTÓRICO

Segundo Francisco et. al. (2005), em 1898 ao reproduzir em seu laboratório, um trabalho sobre raios catódicos, Röntgen teve a ideia de observar se os mesmos tinham algum alcance fora da ampola de Crookes, que era utilizada em seu experimento ou o que aconteceria acondicionando a ampola a outras condições que ainda não teriam sido consideradas. Passando uma corrente elétrica pela ampola, ele percebeu uma luminescência em uma placa próxima a mesa onde ela se encontrava, levando-o a repetir o experimento algumas vezes, afastando e aproximando a placa da ampola, observando se o efeito repetiria. Como forma de outros testes, Röntgen colocou vários objetos de materiais e formas diferentes entre a placa luminescente e a ampola, chegando a uma primeira conclusão de que somente o chumbo e a platina barravam totalmente a luminescência, o que poderia ser um primeiro sinal da radioatividade, que ainda era desconhecida.

Ainda segundo Francisco et. al. (2005), ao testar os outros materiais, segurando-os com sua mão, entre o tubo e a placa, ele conseguiu ver seus ossos juntamente com o contorno de sua mão na placa em que os raios estavam direcionados. Sua ideia seguinte foi substituir a tela fluorescente por uma chapa fotográfica conseguindo assim produzir uma imagem mais bem definida que a anteriormente vista. Após semanas de trabalho em seu laboratório, em um de seus experimentos, imobilizou a mão de sua esposa na direção dos raios desconhecidos apontando na direção à placa fotográfica, conseguindo assim a primeira imagem de raio-X da história (Figura 1).

Figura 1 – Radiografia da mão da esposa de Röntgen



Fonte: TOKUS (2014).

Como cita Francisco et. al. (2005), o fato dos raios se propagarem em linha reta e ainda tinham a capacidade de atravessar corpos opacos à luz ainda foi estudado por Röntgen. Outra característica, por sinal muito importante, que ele percebeu foi que a intensidade dos raios é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre a fonte e a tela.

Diante de tantos fatos novos, outros pesquisadores começaram a tratar o assunto com mais delicadeza e em 1896, o cientista Henri Becquerel resolveu guardar filmes fotográficos envolvidos por papel preto, junto com um sal que continha sulfato duplo de potássio e urânio. Após uns dias, ele viu que o filme havia ficado manchado, suspeitando que o mesmo estivesse sendo marcado pela radiação vinda do urânio. Sendo assim, ele fez mais testes com outros sais, não obtendo o mesmo resultado, comprovando que somente o sal com urânio mancharia o filme fotográfico, por algum motivo, porém ele não chegou a um resultado absoluto e preciso, não confirmando sua hipótese (MARTINS, 1990).

Em meados de 1898, Marie Curie por meio de estudos, colaborou com o estudo das radiações descobrindo novos elementos radioativos (tório, polônio e rádio). O que poucos sabem é que ela não estava pesquisando novos elementos, mas sim estudando a condutividade do ar produzida pelos raios de urânio, repetindo um experimento que já havia sido feito para os raios-X, mas agora sendo aplicado de outra forma. Porém, ela observou resultados ainda não percebidos, como a absorção dos raios do urânio pelo alumínio, serem mais fortes do que os do raio-X, assim como outras medidas quantitativas da radiação, diferenciando fenômenos radioativos de outros fenômenos hipotéticos (MARTINS, 2003).

Todas as pesquisas e estudos deram uma base teórica e experimental mais concreta para entender a radioatividade, nos possibilitando proteções contra a radiação, o que antes causaria efeitos prejudiciais aos seres humanos e ao meio ambiente sem compreensão alguma, agora poderiam ser entendidos e evitados (MARTINS, 2003). Além disso, a radiação começou a ser utilizada em nosso benefício, como, por exemplo, na esterilização de materiais hospitalares e até mesmo como uma forma de conservar alimentos.

Porém os materiais radioativos, ao serem utilizados, devem ser tratados de forma especial, para que diminua o risco de acidentes e consequências drásticas tanto para quem os manipula quanto para o meio onde ele é manuseado. Desta maneira, podemos começar a entender a importância deste estudo e a necessidade das normas e leis para o tratamento de tais materiais.

Segundo Xavier et. al. (2006), um dos principais acidentes, em âmbito nacional e mundial foi o acidente na cidade de Goiânia ocorrido em 1987, quando uma clínica, que havia sido desativada, não tratou como deveria o material radioativo que utilizava. No caso do acidente, uma cápsula que continha cloreto de cézio, um sal obtido a partir do radioisótopo 137 do elemento Césio, foi encontrada por catadores e vendida para um ferro velho. Porém, a cápsula projetava uma luz brilhante, o que despertou a curiosidade de muitas pessoas, que acabaram manuseando o material.

Ainda segundo Xavier et. al. (2006), o acidente só foi identificado duas semanas depois, quando sinais de contágio foram identificados pela Vigilância Sanitária (VS), confirmando o material tóxico. Poucas horas após expostas, as pessoas começaram a desenvolver sintomas como: náusea, tontura, vômitos e diarreia. Apresentando esses sintomas as pessoas procuraram profissionais da saúde, que pensaram se tratar de algum tipo de doença contagiosa desconhecida. Mas a VS só foi capaz de identificar a contaminação por material radioativo alguns dias depois, relacionando os sintomas com a exposição ao pó brilhante e azul contido na cápsula achada na clínica desativada.

Xavier et. al. (2006) ainda conclui que morreram quatro pessoas, a amputação do braço de outra pessoa, a contaminação de mais de 200 pessoas e ainda a contaminação de três depósitos de ferro velho, casas e vários locais públicos.

O acidente poderia ter sido evitado se os responsáveis tivessem tratado o material radioativo como deveria, no caso de desativar um aparelho de radioterapia ou algum outro que utilize material radioativo para seu funcionamento, dar um destino para o material dentro das normas e leis não causando nenhum risco à população, como foi o caso, e muito menos ao meio ambiente. Outro fator que poderia ter evitado o acidente, seria um controle maior sobre o material radioativo pelos órgãos estatais, que deveriam saber quais fontes radioativas estão sendo utilizadas ou não, e até mesmo

quais delas estão sendo desativadas, para que com uma maior rigidez, tenham um destino correto do material, evitando assim acidentes como o de Goiânia.

Depois de desativada, a cápsula deveria ter sido transportada, de acordo com as normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMAM), sendo direcionada a algum centro de rejeitos radioativos (CNEN, 1988; NUNES et.al., 2013).

Em resposta ao acidente de Goiânia, foi criado em 1989, o Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste (CRCN-CO), que objetiva o monitoramento de depósitos definitivos de rejeitos vindos do acidente radiológico de Goiânia, acompanhados pela CNEN, evitando algum ocasional desequilíbrio ambiental por causa da radiação (CRCN-CO, 2006).

4 METODOLOGIA

A metodologia empregada no trabalho se classifica como descritiva mais precisamente classificada como um estudo de caso único, caracterizando a ideia de testar uma teoria bem formulada, restringindo ao caso do trabalho exposto. Portanto, avaliar as normas e leis a serem utilizadas para o transporte de material radioativo, tendo as mesmas como embasamento teórico que as guiam, porém no estudo de caso único tomaremos como partida um acontecimento que pode ser considerado raro, e que poucas vezes tem a chance de ser analisado com mais detalhes, podendo revelar pontos críticos ainda não percebidos (YIN, 2001).

O caso a ser analisado teve como base e referência o próprio órgão que coordena as atividades dos materiais radioativos, no caso do Brasil a CNEN, que tem em seu *site* todas as orientações necessárias para guiar e orientar a pessoa que tiver interesse em desenvolver outro projeto semelhante na área.

Os dados apresentados e descritos, bem como todos os documentos utilizados para tal análise, foram disponibilizados pelo orientador da monografia, atual supervisor de radioproteção do Hospital do Câncer de Uberlândia, elaborador e responsável pela execução do plano de transporte analisado, tomando também como referência documentos e normas da CNEN, consultados em seu próprio site, em conjunto com o IBAMA, que tem tomado frente em processos como este que podem gerar riscos ao meio ambiente.

Outras fontes também foram consultadas, por se tratar de uma análise do plano de um transporte de material radioativo, vários documentos tiveram de ser analisados, tendo eles origem de todos os órgãos e empresas envolvidas no projeto como, por exemplo, o Ministério do Meio Ambiente, Hospital do Câncer da cidade de Uberlândia e outros, fornecendo assim as características do material, o modo em que ele foi transportado, descrevendo o processo, desde o formato, peso e tamanho da fonte a ser transportada até o itinerário que foi utilizado para que o material chegasse ao destino em total segurança.

O estudo de caso apresentado irá analisar de forma crítica o processo necessário para que materiais radioativos sejam transportados dentro do Brasil, buscando uma compreensão mais completa, objetiva e conceitual do que estatística. Sendo assim, o resultado apresentado será uma análise qualitativa do processo e do resultado obtido para o transporte de material radioativo já realizado, se tornando então praticamente uma análise literária (YIN, 2001).

Após um estudo detalhado do plano de transporte e uma revisão literária das leis e normas que o compõe, uma análise crítica e descritiva será apresentada pontuando os fatores que trazem benefícios ou malefícios para a execução do plano elaborado. A proposta ainda se mantém tentando descrever alguma falha ou ponto enfraquecido que tenha que ser melhorado nas normas que constituem a elaboração e execução de um plano de transporte de material radioativo.

5 ÓRGÃOS RESPONSÁVEIS PELO TRANSPORTE DO MATERIAL RADIOATIVO

Há alguns anos, o uso de materiais radioativos vem tendo um acréscimo exponencial, tanto para o tratamento de doenças quanto para obtenção de imagens em exames. Devido esse crescimento foi necessário o desenvolvimento de padrões de proteção e segurança para o transporte e armazenamento de determinados materiais, para que as chances de acidentes sejam minimizadas.

Para tais padrões, foi criada em 1957 a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), devido ao medo e tensões proporcionadas pelas descobertas e utilidades da tecnologia nuclear. (FISCHER, 2018). Como primeiro resultado da AIEA, tivemos a primeira edição dos Regulamentos para Transporte de Material Radioativo, que definem normas e quesitos a serem seguidos para um transporte de material radioativo ou material considerado perigoso com destino e/ou origem internacional. (RODRIGES, 2009)

Entretanto, estamos mais interessados no controle de tais materiais em um escopo nacional e, por este motivo, vamos focar nas normas da CNEN. A CNEN é um órgão federal e tem objetivo de desenvolver a política nacional de energia nuclear, planejar, orientar, supervisionar e fiscalizar a produção e uso da mesma e ainda estabelece normas e regulamentos para radioproteção. A CNEN hoje atua em todo país, tendo sua sede no Rio de Janeiro e unidades em Goiânia, Recife, Belo Horizonte, Brasília, Minas Gerais, Angra dos Reis, Caetité, Fortaleza, Porto Alegre, Resende, além dos institutos (CNEN, 2015a):

- Instituto de Engenharia Nuclear – (IEN), no Rio de Janeiro;
- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – (IPEN), em São Paulo;
- Instituto de Radioproteção e Dosimetria – (IRD), no Rio de Janeiro;

Sendo representada em vários estados, a CNEN trabalha dentro de áreas nucleares, tanto para gerar energia nuclear, tratamento e armazenamento de rejeitos radiativos e outros (CNEN, 2015a).

Com isso, para ser efetuado um transporte de material radioativo no território brasileiro, as normas da CNEN, basicamente a Norma CNEN-NE-5.01, estabelecendo requisitos de segurança e proteção radiológica, especificando o tipo de embalado utilizado, por um determinado meio de transporte, devem ser seguidas (CNEN, 1988). Em outubro de 2014 um acordo conjunto entre CNEN e IBAMA foi firmado, no qual foram definidos critérios e características às licenças ambientais e instalações radioativas, nucleares e atividades como o transporte de tais materiais (CNEN, 2015b).

6 APRESENTAÇÃO DAS NORMAS PARA TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO

O transporte de material radioativo pode ser realizado de várias formas, sendo elas via terrestre, marítima e aérea, com destinos no próprio país ou em outro (CNEN, 1988). Considerando tais variações, as leis e normas a serem levadas em consideração diferenciam-se da seguinte forma:

- **Origem e Destino Internacional**

Com escopo mundial, as normas a serem seguidas pertencem a AIEA, seguindo os Regulamentos para transporte Seguro de Materiais Radioativos (Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material – 2012 Edition) temos as normas características para cada meio de transporte (IAEA, 2012).

Para o transporte por via marítima devem-se seguir as conformidades da Organização Marítima Internacional (IMO), que faz suas determinações através do Código Internacional de Produtos Perigosos (IMDG Code), que se tornou obrigatório através da Convenção SOLAS (*International Convention for the Safety of Life at Sea*) alterando o documento em 1974. Neste documento as substâncias perigosas são divididas em várias classes, sendo separadas por sua periculosidade ao meio ambiente e aos seres vivos que podem ser prejudicados, além de oferecer maiores cuidados e menor risco à carga, estabelecendo condições para o transporte, ou seja, a embalagem, rotulagem, documentação e tudo que é necessário até a entrega do material ao destinatário (IMO, 2018).

Caso o transporte se dê por via aérea, o regulamento é responsabilidade da Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO), tendo como base as Instruções Técnicas para o Transporte Seguro de Produtos Perigosos por Ar. No documento estão todas as especificações para que o transporte seja feito corretamente, caracterizando até mesmo o operador da aeronave, suas responsabilidades, da segurança e outros requisitos (ICAO, 2017). Como complemento do regulamento do

ICAO, existe o Manual para o Transporte Seguro de Produtos Perigosos por Ar, que objetiva complementar e fazer algumas exigências a mais para o transporte (IATA, 2017).

A última forma de transporte se dá por via terrestre (rodoviário), que tem como base o Acordo de Alcance para a Facilitação do Transporte de Produtos Perigosos, regulamenta o transporte de material perigoso para países do Mercosul. Neste acordo, há especificações em relação aos veículos e equipamentos utilizados, assim como na carga, descarga, armazenagem e outros. Destacando ainda que se o transporte for efetuado por via ferroviária existem normas e regulamentação específica a serem seguidas (BRASIL, 1996).

- **Origem e Destino Nacional (Brasil)**

O transporte de material radioativo no país vem tendo um acréscimo e, em conjunto, um aumento na fiscalização e rigidez das normas e leis. A norma básica a ser seguida é a Norma CNEN-NE-5.01, que trata de uma lei complexa e que abrange quase todas as possibilidades que existem para um transporte de material perigoso (CNEN, 1988).

A Norma CNEN-NE-5.01 tem como objetivo principal manter a segurança e a proteção radiológica de quem efetua o transporte, dos bens utilizados e do meio ambiente. Ela trata do nível de radiação externa do embalado, sua qualidade de retenção do conteúdo, a prevenção de danos causados pelo calor e por qualquer outro tipo de acidente que possa vir ocorrer (CNEN, 1988).

A norma ainda possui complementações, descritas nela própria, sendo elas a Norma CNEN-NE-3.01 que trabalha com as Diretrizes Básicas de Radioproteção, a Norma CNEN-NE-3.02 com os Serviços de Radioproteção e a Norma CNEN-NE-2.01 tratando da Proteção Física de Unidades Operacionais da Área Nuclear (CNEN, 1988).

Ela trata das especificações do material radioativo, dando a sua definição, juntamente com a definição de material sob forma especial e material físsil. Em outro tópico a Norma classifica o material de acordo com sua atividade, separando-os em Material de Baixa Atividade Específica (BAE) e os Objetos Contaminados na Superfície

(OCS), que tem suas subdivisões descritas e caracterizadas na própria Norma (CNEN, 1988).

Os embalados também são comentados na Norma, sendo classificados em quatro tipos principais: (1) exceptivos, (2) industriais, (3) tipo A e (4) tipo B. Adjunto da classificação dos embalados ela traz os limites de atividade para cada um, ou seja, para cada embalado existe um tipo de material a ser transportado e dependendo dele, de sua forma e atividade, sua blindagem é feita de forma diferente, se tornando adequada para que os envolvidos no transporte não corram riscos (CNEN, 1988, 2003).

Durante o transporte, o material radioativo deve estar protegido pelo embalado, projetado de acordo com as características do material. Além de ser fácil e seguro para o manuseio, o embalado deve ser fixado no meio de transporte, de acordo com as especificações descritas na norma (CNEN, 1988, 2003).

Essas especificações citadas acima são para o transporte por via terrestre, pois por via aérea temos algumas outras regras a serem seguidas, como por exemplo, a temperatura da superfície externa não pode exceder 50°C, sem contar a insolação, e a contenção do embalado não pode diminuir, mesmo com a grande variação de temperatura, entre outras (CNEN, 1988, 2003).

Da mesma forma os embalados exceptivos têm suas regras a serem seguidas. Já os requisitos dos embalados industriais são separados, devido suas subdivisões em embalados industriais do tipo EI-1, EI-2 e EI-3, porém as características dos embalados estão todas descritas na Norma assim como o que deve conter nos tanques e contêineres, caso sejam utilizados para fazer o transporte do material perigoso (CNEN, 1988, 2003).

Os embalados classificados como tipo A, B, B(U) e de material físsil tem todas as restrições descritas e, assim como todos os outros embalados, tem seus ensaios descritos nos anexos da Norma, pois os embalados devem ser testados de várias maneiras para que, assim possa ter um controle e segurança maiores durante o transporte, garantindo assim que o embalado tenham as propriedades necessárias para evitar um vazamento do material, ou que eles tenham a blindagem necessária (CNEN, 1988, 2003).

Por se tratar de uma Norma completa referente ao transporte de material radioativo, ela ainda aborda temas como radioproteção e garantia de qualidade, tanto ao projeto, a inspeção e manutenção quanto à documentação dos embalados. Outro fator que deve conter no embalado são as suas características, o fato de ser material explosivo, corrosivo e outros. Todas essas características devem estar visíveis e de fácil entendimento nos rótulos, placas e marcas de aviso (CNEN, 1988).

A norma descreve ainda sobre o Índice de Transporte (IT) que é um valor utilizado para estabelecer alguns fatores, como por exemplo, os limites do conteúdo radioativo, as categorias de rotulação, as restrições para o uso do meio de transporte e até mesmo o número de embalados permitidos em um contêiner ou outro meio. Em sumo, o IT nos dá a taxa mínima de dose que pode ser encontrada a um metro de distância do embalado a ser utilizado no transporte (CNEN, 1988) (Figura 2 e Figura 3).

Para fins de segurança, a Norma estabelece as rotulações e marcações dos embalados e pacotes para que o usuário saiba dos riscos ali contidos, sendo ainda apresentadas tabelas demonstrando tais classificações (CNEN, 1988) (Figura 2 e Figura 3).

Tabela 1 – Categoria de embalados

CONDIÇÕES		CATEGORIA
ÍNDICE DE TRANSPORTE (IT)	NÍVEL DE RADIAÇÃO MÁXIMO EM QUALQUER PONTO DA SUPERFÍCIE EXTERNA (NRM) (mSv/h) (*)	
IT = 0	$NRM \leq 0,005$	I - BRANCA
$0 < IT \leq 1$	$0,005 < NRM \leq 0,5$	II - AMARELA
$1 < IT \leq 10$	$0,5 < NRM \leq 2$	III - AMARELA
IT > 10	$2 < NRM \leq 10$	III - AMARELA E SOB USO EXCLUSIVO

Fonte: CNEN (1988).

Tabela 2 - Categoria de pacotes embalados, incluindo contêineres quando usados como pacotes de embalados

ÍNDICE DE TRANSPORTE (IT)	CATEGORIA
IT = 0	I - BRANCA
$0 < IT \leq 1$	II - AMARELA
$1 < IT \leq 10$	III - AMARELA
IT = 10	III - AMARELA E SOB USO EXCLUSIVO

Fonte: CNEN (1988).

A Norma ainda apresenta algumas especificações de acordo com o meio em que o transporte é realizado, tendo alguns adicionais para transporte Rodoviário, Ferroviário, Aquaviário e Aéreo (CNEN, 1988).

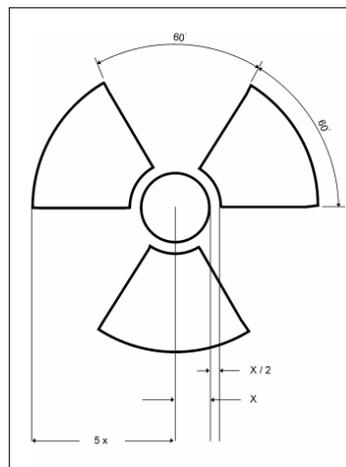
A Norma CNEN-NE-5.01 traz, em seus últimos tópicos, as inspeções que podem ser realizadas pela própria CNEN ou por órgãos credenciados a ela. Trata das responsabilidades e documentações geradas e/ou conseguidas pelo expedidor e mantidas junto ao material transportado, sendo de responsabilidade do mesmo informar ao transportador as características do material e ações a serem adotadas em caso de algum acidente ou emergência. O expedidor ainda deve notificar a CNEN ou autoridades competentes por onde ocorrerá o transporte (CNEN, 1988, 2003, 2013).

Em anexo à Norma estão todos os ensaios, para cada tipo de embalado, junto com os métodos de ensaio dando todos os parâmetros para que o embalado tenha a maior resistência e ofereça segurança durante o transporte. Além disso, a norma

apresenta os certificados de aprovação, um modelo de ficha de monitoração de carga e do veículo rodoviário e a declaração do expedidor de materiais radioativos, que são documentos que devem permanecer em posse durante o transporte (CNEN, 1988, 2003).

Por fim, a Norma traz em seu apêndice alguns dados complementares e detalhes finais a serem aplicados, incluindo os nomes e números dos materiais radioativos, classificados de acordo com extrato das nações unidas, valores de atividades a serem aplicados nos itens anteriores da norma, como no cálculo da atividade em misturas de radionuclídeos. Outro dado interessante que a Norma identifica, são fatores de multiplicação que devem ser aplicados quando há um transporte de cargas de grandes dimensões, bem como as categorias de cada embalado levando em consideração o IT e a máxima de nível da radiação na superfície dos embalados. Para facilitar a Norma contém a imagem do trifólio (Figura 4), os rótulos para categoria I (Figura 5), II (Figura 6) e III (Figura 7) e o símbolo “Radioativo” (Figura 8) para as placas de aviso para tanques e contêineres (CNEN, 1988).

Figura 2 – Símbolo básico do trifólio



Fonte: CNEN (1988).

Figura 3 – Rótulo categoria I - Branca



Fonte: CNEN (1988);

Figura 4 - Rótulo categoria II – Amarela



Fonte: CNEN (1988).

Figura 5 - Rótulo categoria III – Amarela



Fonte: CNEN (1988).

Figura 6 – Placa de aviso para tanques e contêineres



Fonte: CNEN (1988).

O transporte de material radioativo deve seguir outros documentos normativos além da Norma CNEN-NE-5.01, que é o caso da Resolução nº 420 da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres), que define em classes e subclasses os ensaios dos produtos, além de delimitar o alcance do regulamento, bem como suas aplicações (BRASIL, 2004).

A Resolução nº 420 da ANTT inclui alguns critérios para produtos que podem ser transportados, que não estão inclusos na Relação de Produtos Perigosos, assim como trata de isenções para alguns outros. Determina ainda cuidados a serem tomados quanto à disposição dos embalados e complementa a Norma CNEN-NE-5.01, com critérios a serem seguidos, restrições e cuidados a serem tomados quando for planejar um transporte de material radioativo e/ou quando for efetuar determinado plano (BRASIL, 2004).

Outro documento utilizado para o planejamento de transporte de material radioativo é o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC), mais especificamente o RBAC nº 175 da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) que traz especificações para o transporte de materiais perigosos por via aérea, incluindo aeronaves registradas no Brasil ou não. No documento também constam algumas classificações dos materiais bem como todos os documentos, identificações, marcações e outros parâmetros para o transporte por esta via (BRASIL, 2009a, 2009b).

O RBAC nº 175 ainda traz algumas regras específicas e responsabilidades tanto para o expedidor como para o operador do transporte e para o terminal de cargas. Há

algumas restrições referentes à carga a ser transportada, por se tratar de um produto radioativo e/ou algum material explosivo, corrosivo ou de outra classificação perigosa (BRASIL, 2009b).

Agora, tendo como foco o transporte aquático, temos como regulamentação as Normas da Autoridade Marítima (NORMAM) que são as NORMAM-01/DPC, NORMAM-02/DPC e NORMAM-29/DPC, sendo elas completadas pela Resolução nº 1765 da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAq). Essas Normas são para todas as navegações brasileiras, sendo que, a Norma 01 e 29 visam à navegação em mar aberto e a Norma 02 à navegação interior. Já a Resolução nº 1765 da ANTAq dita formas de proceder com o trânsito de produtos perigosos dentro ou fora da área do porto. (BRASIL, 2005a, 2005b, 2010, 2013).

As Normas da NORMAM e a Resolução nº 1765 da ANTAq tratam todos os pontos para que o transporte seja feito com o menor risco possível, tratando o material com o devido cuidado, levando em conta sua forma, tamanho, origem e destino já preestabelecidos e com tudo previamente documentado. O diferencial dessas últimas Normas é o trabalho extra que deve ser levado em consideração referente ao navio, pois eles estabelecem cores e várias outras exigências quando se trata do transporte aquático. (BRASIL, 2005a, 2005b, 2010, 2013).

A Nota Técnica Conjunta IBAMA-CNEN 01/2013 complementa os fundamentos técnicos para o transporte do material radioativo, onde se faz necessário a autorização do órgão responsável pelo meio ambiente, ou seja, o transporte deve estar licenciado não somente pela CNEN, mas também pelo IBAMA (NUNES et. al., 2013).

A Nota Técnica Conjunta IBAMA-CNEN traz classificações dos materiais radioativos a fim de complementar as normas já citadas no trabalho e ainda traz as definições de cada volume a ser utilizado no transporte, incluindo volumes do tipo C e H, por exemplo. Ainda cita os OCS e trata com mais detalhes os BAE's, porém o interessante para o trabalho são os materiais sob forma especial, no caso as fontes seladas, que deve ser dada uma ênfase maior à segurança e proteção radiológica, competentes à CNEN (NUNES et. al., 2013).

7 PLANO DE TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO

Os dados apresentados a seguir foram retirados do Plano Geral de Transporte de Material Radioativo que foi anteriormente elaborado e efetuado em 2014 por Antônio Ariza Gonçalves Junior, supervisor de radioproteção do Hospital do Câncer de Uberlândia, e orientador deste trabalho.

7.1. Características do material transportado e do embalado (ensaios)

Foi transportada uma fonte de Cobalto-60 que chegou ao Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia com atividade de 10.589 *Curie* (Ci) na data de 13 de dezembro de 1999 e posteriormente instalado, dentro do cabeçote do equipamento de teleterapia do modelo *Theratronics Phoenix*, e tendo uma atividade de 1451 Ci, na data de 10 de janeiro de 2015, mediante autorização da CNEN, conforme o encaminhamento de formulários específicos.

Além do cabeçote, que foi fabricado para uma proteção de 12.000 Ci, houve a adição de madeira reforçada para uma melhor sustentação e fixação do material ao veículo durante o transporte, como exigido nas Normas. Foram tomadas medidas visando uma maior proteção do material e das pessoas envolvidas, no caso de ocorrer algum acidente e também para evitar movimentações indesejadas do material durante o percurso.

Ainda de acordo com os documentos que compunham a licença de operação, o material a ser transportado encontrava-se em forma sólida, classificado do tipo especial, sendo necessário somente um embalado, classificado na categoria III – Amarelo. O embalado encontrava-se em arranjo especial, contendo a fonte blindada em cabeçote do próprio equipamento de teleterapia. O embalado tinha dimensões de 1,70 m x 1,0 m x 1,0 m adicionando ainda o berço de ferro. O embalado foi fixado na carroceria do caminhão por cintas com catracas e depois coberto por lona enquanto o cabeçote foi preso por um arranjo tipo berço, no qual o fundo é fixado por parafuso. O peso do conjunto é de aproximadamente 2.000 Kg.

Considerando a forma sólida do material e suas dimensões foram realizados os testes para o embalado descritos na norma CNEN-NE 5.01 (CNEN, 1988). Foi realizado

o teste de impacto, o embalado foi lançado em queda livre a uma altura de nove metros sobre um alvo resistente e plano. O segundo teste realizado foi o de percussão, o embalado foi atingido por uma barra de aço de seção redonda com diâmetro de 25 mm e borda arredondada criando um impacto equivalente a uma massa de 1,4 kg, em queda livre a partir de 1 metro (CNEN, 1988).

O teste térmico também foi aplicado ao embalado, o mesmo foi aquecido até uma temperatura de 800 °C, permanecendo assim por 10 minutos, sendo, posteriormente, resfriado sem ajuda de outros meios externos (CNEN, 2018).

7.2. Apresentação do veículo e itinerário

O veículo utilizado para o transporte foi um caminhão *Truck – Munck 20*”, modelo *Mercedes-Benz*, placa KEC-7094 e a carga foi fixada meio de cordas, cintas e catraca.

Como descrito nas normas, existem exigências de equipamentos necessários em caso de acidente, no caso deste transporte constam dois calços 150 mm x 200 mm x 150 mm, um kit de ferramentas, 50 metros de fita com 70 milímetros de largura ou corda para isolamento da área do acidente, 4 placas autoportantes de 340 mm x 470 mm escritos “PERIGO AFASTE-SE”, quatro dispositivos para sustentação da corda ou fita para isolar o veículo dos 4 lados, quatro cones, uma lanterna, luvas, capacete, máscara, extintor com pó químico seco de 4 kg (CNEN,2018).

Como opção para o transporte foram disponibilizados dois trajetos, o primeiro cobrindo uma distância de aproximadamente 500 km, saindo da Avenida Amazonas no bairro Umuarama em Uberlândia, pegando a BR-050 via Rua Dr. Luiz Antônio Waack e Avenida Floriano Peixoto. Seguindo a BR-050 até a Rodovia Anhanguera em Parque Via Norte, em Campinas, seguindo pela saída 99 via BR-050/SP-330, seguindo a Anhanguera até chegar à Avenida Lix da Cunha seguindo até Avenida das Amoreiras em Villa Rialto, onde se encontra o IPEN.

O caminho opcional tinha o mesmo seguimento de saída até a BR-050, porém nela seria seguido o caminho até o Subsetor Leste – 6 em Ribeirão Preto. Em seguida será pego a saída 308 via BR-050, seguindo o curso pegaríamos a BR-364 em São Carlos via Rodovia Antônio Machado Sant’Anna e Rodovia Engenheiro Thales de

Lorena Peixoto Junior. Seguindo a BR-364 e BR-050 até retornarmos a Rodovia Anhanguera em Parque Via Norte, onde o caminho seria retomado igualmente o primeiro trajeto, chegando ao IPEN. O segundo trajeto possui uma distância de aproximadamente 520 km.

O tempo gasto em ambos seria de aproximadamente 10 horas, contabilizando pedágios, paradas, carga e descarga do material.

7.3. Programa de Emergência

Nos casos de emergência uma série de protocolos devem ser seguidos de acordo com a Norma 5.01 e seus complementos, como a Nota Técnica Conjunta IBAMA-CNEN, sendo que para a radioproteção, quando ocorrer um acidente, as principais medidas são de isolar a área, não tocar no embalado nem no veículo de transporte e impedir que outras pessoas o façam. Não fumar, beber, comer ou tocar em nada sem lavar as mãos cuidadosamente. Não permanecer na área do incidente ou acidente, avisar o pessoal do resgate que todas as pessoas e objetos envolvidos podem estar contaminados. Em caso de incêndio, utilizar o equipamento especial composto de dispositivo de proteção respiratório e de roupas para proteção corporal. Não limpar o local até que as pessoas especializadas cheguem e somente reiniciar o transporte quando o supervisor de proteção radiológica permitir (CNEN, 1988, 2003; NUNES et. al., 2013).

7.3.1. Colisão sem incêndio

O protocolo diz para prestar os primeiros socorros mantendo o público afastado do veículo a uma distância de pelo menos 50 metros, comunicar a polícia de que houve um acidente contendo material radioativo, complementando se há a necessidade de carro de bombeiros ou ambulância. Verificar se houve vazamento do conteúdo do embalado e se há fuga de radiação avaliando a perda de material, se houver notificar a CNEN e a empresa transportadora (INUNES et. al., 2013).

7.3.2. Colisão com incêndio

Seguindo o protocolo temos que prestar os primeiros socorros às pessoas feridas, mantendo o público afastado 50 metros de distância e notificar a polícia dizendo se há a necessidade de ambulâncias ou intervenção dos bombeiros. Notificar a CNEN e a transportadora (NUNES et. al., 2013).

7.3.3. Incêndio

Para incêndio de pequeno porte, extingui-lo com produtos químicos secos. Se for de porte maior extingui-lo com água, pó de base potássica, espuma ou outro extintor próprio para o tipo de incêndio, lembrando que estes tipos de incêndio devem ser controlados pelos bombeiros. Não remover os embalados danificados e se não houver risco remover os não danificados da área de incêndio esfriando o embalado com água em abundância mesmo que o fogo já tenha extinguido. Notificar a CNEN e a transportadora (NUNES et. al., 2013).

7.4. Documentos reservados aos responsáveis

Para a realização do transporte são necessários alguns documentos de autorização, no qual o expedidor deve providenciar e estar em posse durante o processo. Os documentos exigidos são o envelope para transporte de produtos perigosos, a declaração do expedidor, nota fiscal avulsa adjunta da licença de operação do IBAMA (NUNES et. al., 2013).

A CNEN ainda exige uma autorização para o transporte, junto com a requisição para a transferência do material radioativo também fornecido pela CNEN e por fim uma ficha de monitoração de carga e do veículo (CNEN, 1988, 2013). O responsável pelo transporte ainda deve orientar o motorista as condições necessárias para que o transporte seja efetuado com sucesso, diminuindo os riscos de acidente, como não ingerir álcool antes e/ou durante o transporte, pessoas estranhas e não autorizadas devem manter-se afastadas do veículo e devem ser respeitados os limites de velocidade máxima permitida (CNEN, 1988, 2003, 2013).

Outra regra básica que deve ser seguida é o itinerário escolhido e aceito pela CNEN, porém quando houver alguma impossibilidade, entrar em contato rapidamente, com o responsável para que outro itinerário seja disponibilizado o mais rápido possível. Em caso de emergência ou acidente, como já descrito, isolar a área e entrar em contato com o responsável pelo Supervisor de Proteção Radiológica para que outro itinerário seja providenciado (CNEN, 1988, 2003, 2013).

7.5. Garantia de Qualidade Registrada

Para que todo o sistema seja informado que o serviço do transporte tem sido feito de acordo com o planejado, existem os registros de garantia de qualidade. Esse serviço está sempre disponível para quem está responsável pelo projeto no Serviço de Proteção Radiológica, assim como para os clientes e autoridades responsáveis.

Dentro dos registros de qualidade estão incluídos três tipos de registros, são eles: (1) Declaração do Expedidor, (2) Requisição para Transferência de Material Radioativo e (3) Ficha de Monitoração de Carga e do Veículo Rodoviário (CNEN, 1988, 2003, 2013). A Declaração do Expedidor contém informações sobre a natureza e atividade máxima do conteúdo, características do embalado e informações do expedidor e da pessoa responsável pelo preenchimento da declaração (CNEN, 2003, 2013).

A Requisição para Transferência de Material Radioativo é um documento solicitado pelo expedidor à CNEN e deve estar disponível durante o transporte e é arquivado junto ao Serviço de Proteção Radiológica, podendo ser utilizado em inspeções antes ou durante o transporte e também para auditorias (CNEN, 2003, 2013). A Ficha de Monitoração de Carga e do Veículo Rodoviário também deve acompanhar o transporte e ser preenchido após o carregamento com os dados de sua monitoração, deve ser arquivado no Serviço de Proteção Radiológica e estar disponível às auditorias e inspeções (CNEN, 2003, 2013).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente temos que dar ênfase ao acidente de Goiânia que foi um dos principais acidentes envolvendo material radioativo e, por causa deste acontecimento, as leis e normas brasileiras tomaram uma proporção e importância maior. Com isso elas passaram a ser revisadas e atualizadas constantemente, visando uma melhoria no trato dos materiais radioativos, não somente relacionado ao transporte, mas a tudo que envolve o uso e manuseio dos mesmos. Porém, o trabalho de atualizar e complementar as leis e normas continua, pois ainda existem pontos a serem melhorados e trabalhados com um maior cuidado, evitando assim falhas e acidentes que podem ter consequências drásticas e até mesmo irreversíveis.

Com relação ao transporte da bomba de Cobalto descrito no trabalho, foram identificados pontos que seria interessante discutir algumas melhorias. O primeiro é a junção do IBAMA com a CNEN que, na época da aprovação do plano, ainda não estava em vigor. Por ser uma junção complexa e que envolve bastante conteúdo, fazendo com que algumas partes da norma sejam adaptadas, não haviam pessoas qualificadas, na época, para uma fiscalização mais detalhada.

O segundo ponto a ser considerado é que a documentação é preenchida pelo expedidor e encaminhada para aprovação da CNEN e IBAMA, agora que as normas estão em vigor. Posteriormente os documentos são repassados para a transportadora pelo expedidor juntamente com as instruções quanto às medidas de radioproteção e proteção física no manuseio do material. Entretanto, mesmo a CNEN marcando data e horário para que o transporte ocorra, não mantém uma fiscalização rígida, uma maneira de melhorar isso seria mandar um responsável pela própria para, pelo menos, ver se o embalado e seu conteúdo estão de acordo com o plano de transporte, sendo que a empresa credenciada, às vezes, não tem um responsável apto para tal avaliação. Isso seria somente uma maneira de minimizar os erros e acidentes envolvendo o material radioativo.

Um terceiro ponto que podemos mencionar seria o fato do expedidor não ter mais contato com o material, após ser entregue para a transportadora, não sabendo por

exemplo se o material chegou ao destino corretamente ou se houve algum problema no trajeto.

A transportadora tem que ser credenciada a CNEN e isso leva a um quarto questionamento, se há uma comunicação efetiva entre elas, mantendo assim sob controle qualquer imprevisto que possa vir a ocorrer.

Outra questão seria o fato que, além de data, a CNEN ainda exige itinerário pré-estabelecido, entretanto não há garantia que a transportadora irá seguir esses critérios, pois pode ser que a empresa não tenha o rastreamento ou ele não é disponível para acesso ao expedidor. Talvez uma solução fosse que o rastreamento seja obrigatório para todas as transportadoras desse ramo e que seja fornecido um código ou senha ao expedidor para que ele também possa acompanhar a localização da carga.

Falhas existem em todos os sistemas, por isso as melhorias e revisões se fazem necessárias, mas as normas e leis que englobam o transporte de material radioativo visam os pontos principais, diminuindo assim, com efetividade, os riscos e acidentes que podem ocorrer com esses materiais de alto risco para a população e meio ambiente. Entretanto alguns pontos simples e de fácil solução poderiam ser corrigidos e não necessariamente esperar que um acidente ocorra para, assim, ver as falhas e tentar corrigi-las, pois, dependendo do acidente, os danos podem ser irreversíveis tanto para a população quanto ao meio ambiente, que hoje vem tendo um grande peso quando o assunto é transporte de material radioativo.

As leis e normas são um tanto quanto complexas, porém seu entendimento se faz necessário para elaborar um plano de transporte de material radioativo seguro e efetuar-lo com êxito, correndo o menor risco possível.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC. **Instrução Suplementar- IS:** Orientações para o transporte de artigos perigoso em aeronaves civis. 2009a. 50 p. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/audiencias/2009/aud16/17_is_175-001.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2018.

_____. Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil: RBAC nº. 175. Emenda nº. 00. Resolução nº 129. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 dez. 2009b. 29 p.

_____. Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAq. Resolução nº 1765, de 23 de julho de 2010. Aprova a proposta de norma de procedimentos para o trânsito seguro de produtos perigosos por instalações portuárias situadas dentro ou fora da área do porto organizado, afim de submetê-la à audiência pública. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <<http://antaq.gov.br/Portal/pdfSistema/Publicacao/0000002675.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2018.

_____. Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. **Resolução n. 420**. Brasília: ANTT, 2004. 774 p.

_____. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Decreto nº 1.797, de 25 de janeiro de 1996. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 jan. 1996. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1996/decreto-1797-25-janeiro-1996-444283-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 3 fev. 2018.

_____. Marinha do Brasil. Diretoria de portos e costas. **Normas da autoridade marítima para embarcações empregadas na navegação em mar aberto**. NORMAM-01/DPC. Brasília: Marinha do Brasil. 2005a. 540 p.

_____. Marinha do Brasil. Diretoria de portos e costas. **Normas da autoridade marítima para embarcações empregadas na navegação interior**. NORMAM-02/DPC. Brasília: Marinha do Brasil. 2005b. 409 p.

_____. Marinha do Brasil. Diretoria de portos e costas. **Normas da autoridade marítima para transporte de cargas perigosas**. NORMAM-29/DPC. Brasília: Marinha do Brasil. 2013. 23 p.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – CNEN (Brasil). Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **CNEN-NE-5.01**: Transporte de Material Radioativo. Rio de Janeiro, 1988. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm501.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2018.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **CNEN-NE-5.02**: transporte, recebimento, armazenagem e manuseio de elementos combustíveis de usinas nucleoeletricas. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm502.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2018.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **CNEN-NE-5.04**: rastreamento de veículos de transporte de materiais radioativos. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm504.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2018.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Quem somos**. 2015a. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/quem-somos>>. Acesso em: 3 fev. 2018.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Transporte de material radioativo**. 2015b. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/transporte-de-material-radioativo>>. Acesso em: 3 fev. 2018.

CENTRO REGIONAL DE CIENCIAS NUCLEARES DO CENTRO OESTE. **CRCN-CO**. 2006. Disponível em: <<http://www.crcn-co.cnen.gov.br/>>. Acesso em: 7 fev. 2018.

FERREIRA FILHO, A.; AQUINO, J.; RODRIGUES, D. Critérios de segurança radiológica no transporte de material radioativo. **X Congresso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica**. “Radioprotección: Nuevos Desafíos para un Mundo en Evolución”. Buenos Aires, 2015.

FISCHER, D. **History of the IAEA**. 2018. Disponível em: <<https://www.iaea.org/about/overview/history>>. Acesso em: 9 mar. 2018.

FRANCISCO, F. C. et al. Radiologia: 110 anos de história. **Revista Imagem**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 4, p. 281-286, 2005. Disponível em: <<http://files.cmdo->

informativo0.webnode.com/200000003-dfeb5e0e53/Radiologia-110-anos-de-Historia.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2018.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D.T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2018.

HISTÓRIA da radiação médica. In: ENTENDENDO a radiação médica. 2013. Disponível em: <<http://www.radiacao-medica.com.br/dados-sobre-radiacao/historia-da-radiacao-medica/>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION - IATA. **Dangerous Goods**. 2017. Disponível em: <<http://knowyourdgr.iata.org/dangerous-goods/>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA. **Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material**. Viena. 2012. Disponível em: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1570_web.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2018.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION - ICAO. **Technical instructions for the safe transport of dangerous goods by air**. 2017. Disponível em: <<https://www.icao.int/safety/DangerousGoods/Pages/technical-instructions.aspx>>. Acesso em: 04 mar. 2018.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION - IMO. **Maritime security**. 2018. Disponível em: <http://www.imo.org/en/OurWork/Security/Guide_to_Maritime_Security/Pages/Default.aspx>. Acesso em: 03 mar. 2018.

MARTINS, R. A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7 (n. esp.) p. 27-45, jun. 1990. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10061/14903>>. Acesso em: 8 fev. 2018.

_____. As primeiras investigações de Marie Curie sobre elementos radioativos. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, São Paulo, n. 1, p.29-41, 2003. Disponível em: <https://www.academia.edu/3819555/As_primeiras_investiga%C3%A7%C3%B5es_de_

Marie_Curie_sobre_elementos_radioativos._MARTINS_Roberto_de_Andrade>. Acesso em: 8 fev. 2018.

METTEZER. **Estudo de caso: como elaborar um para seu TCC.** [2018]. Disponível em: <<https://blog.metzzer.com/estudo-de-caso-para-tcc/>>. Acesso em: 29 maio 2018.

NUNES, W. G. et. al. **Nota Técnica Conjunta IBAMA-CNEN 01/2013:** base para a reformulação do termo de referência para o controle da atividade de transporte de materiais radioativos e operacionalização do sistema nacional de transporte de produtos perigosos. 2013. 21 p. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/transporte/documentos/Nota_Tec_CNEN_IBAMA.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2018.

QUINTELA, A. **Metodologia do TCC em 3 passos simples.** [2018]. Disponível em: <<http://www.comomontartcc.com.br/metodologia/metodologia-do-tcc-em-3-passos-simples/>>. Acesso em: 29 maio 2018.

RODRIGUES, D. L. **Impacto radiológico devido ao transporte de radiofarmacos do IPEN-CNEN/SP.** 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear.) - Curso de Ciências na Área de Tecnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-25082009-131536/en.php>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

TOKUS, A. A primeira radiografia. 2014. Disponível em: <<https://raiosxis.com/primeira-radiografia>>. Acesso em: 29 maio 2018.

Wilhelm Conrad Röntgen: biographical. In: NOBELPRIZE.ORG.[2018]. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1901/rontgen-bio.html>. Acesso em: 29 jun. 2017.

XAVIER, A. M. et. al. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 83-91, 2007.

YIN, R.K. **Estudo de caso:** planejamento e método. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. Disponível em: <https://saudeglobaldotorg1.files.wordpress.com/2014/02/yin-metodologia_da_pesquisa_estudo_de_caso_yin.pdf>. Acesso em: 29 maio 2018.