

O Não Silenciamento do Acidente com o Césio 137 – a História Recontada pelo Olhar Freireano

The Non-Silencing of the Accident with Cesium 137- the Story Retold by the Freireano Eye

Luclécia Dias Nunes,^a Nyuara Araújo da Silva Mesquita^{b,*}

^a Universidade Federal de Goiás, Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação, Departamento de Química, CEP 74690-900, Goiânia-GO, Brasil.

^b Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química, Laboratório de Educação Química e Atividades Lúdicas, Goiânia-GO, Brasil.

*E-mail: nyuara2006@gmail.com

Recebido em: 21 de Setembro de 2021

Aceito em: 10 de Março de 2022

Publicado online: 14 de Abril de 2022

Radioactivity was discovered in the 19th century by Becquerel, Marie and Pierre Curie, was seen with enthusiasm by everyone and radioactive materials started to be used for the most diverse purposes. One of the areas of great application of radioisotopes is medicine, both in diagnosis and in the treatment of cancer. Cesium 137, is one of the radioisotopes that was used in radiotherapy equipment and later would become the material cause of the radiological accident that occurred in Goiânia in 1987, when collectors of recycled materials found an abandoned radiotherapy device, and saw the opportunity to earn money by selling the lead contained in the equipment. In this way, this article sought to (re)do a reading of this accident from the Freirean perspective, seeking to understand the social relations that emerged in the context of the actions imbricated in the history of the accident and its consequences. We understand that this accident could have been avoided if those involved had basic knowledge about symbols related to the scientific context and specifically to radioactivity, which highlights the importance of attending a school and the development of an education capable of providing students with the appropriate of scientific knowledge through scientific literacy.

Keywords: Cesium 137; accident radiological; Paulo Freire.

1. Introdução

O século XIX foi um marco na história das ciências, ocasionado pelas várias descobertas científicas, principalmente na Europa, e teorias importantes foram propostas tanto na área da Física quanto da Química. Diversos estudos foram publicados, os quais contribuíram para um melhor entendimento da constituição da matéria e seus fenômenos,^{1,2} um dos que despertou muito interesse da comunidade científica foi a radiação, investigada, dentre outros, por Wilhelm Conrad Röntgen. Em 1895, Röntgen estudando a condutividade dos gases descobriu a existência de uma nova forma de radiação, denominada por ele de Raios-X.³ O anúncio da existência dos Raios-X despertou o interesse de vários cientistas que passaram então, a estudar tais raios, como Antonie Henri Becquerel, que descobriu em 1896, que um sal duplo sulfato de uranila e potássio quando deixado sobre placas fotográficas, era capaz de impressioná-las, ficando essas placas escuras, mesmo na ausência de luz.¹⁻³ Becquerel chegou à conclusão de que era o próprio elemento Urânio o responsável pela radiação, a qual ficou inicialmente conhecida como raios de Becquerel.³⁻⁶

Outra promissora cientista, Marie Curie, também se interessou em estudar mais sobre a radiação durante o seu doutoramento e, em 1897, iniciou suas pesquisas testando a mesma substância que Becquerel, o sal de Urânio.³ Continuando seu trabalho, ela testou o mineral uraninita e observou que ele possuía atividade maior que a do Urânio. Posteriormente, ela analisou o elemento Tório e se surpreendeu ao verificar que ele possuía atividade maior que a do Urânio e da uraninita. Na sequência ela testou o minério calcolita e verificou que ele também emitia radiação.⁵ E essa radiação foi denominada de radioatividade, por Marie e seu marido Pierre Curie.^{1-3,7}

Marie, começou então, a pensar que deveria haver outros elementos contidos nesses minerais que eram mais ativos que o Urânio e deu outro passo importante em sua pesquisa, ao isolar desses minerais possíveis novos elementos químicos. O casal Curie descobriu em 1898, dois elementos altamente ativos, posteriormente identificados e nomeados como Polônio (400 vezes mais ativo que o Urânio) e Rádio que é 900 vezes mais ativo que o Urânio, ambos presentes no minério uraninita.^{2,5,6} Um fato que merece destaque é que esses novos elementos apresentavam uma propriedade que encantou o casal Curie, o fato de serem luminosos.⁵ Assim, a luminosidade

dos elementos radioativos fazia deles encantadores de pessoas desde o século XIX. Tal encanto veio a se repetir em 1987 em Goiânia, quase 200 anos depois, mas de uma forma bastante perigosa.

Por suas descobertas, Becquerel, Marie e Pierre Curie ganharam o prêmio Nobel de Física em 1903.² Apesar de todos os estudos, o casal Curie tinha apenas hipóteses, mas eles não sabiam explicar por que alguns elementos emitiam radiação e qual a natureza dessas radiações, bem como não tinham noção dos riscos à saúde causados por tais elementos. Essa compreensão só foi possível com o decorrer dos anos e com os avanços das pesquisas na área de radioatividade. Primeiramente foram identificados dois tipos de radiação denominadas em 1899, pelo cientista britânico Ernest Rutherford, de alfa (α) e beta (β).^{1,4}

As partículas alfa (α) são formadas por dois prótons e dois nêutrons, possuem carga positiva (+2) e são representadas pelo símbolo ${}^4_2\alpha$.^{1,8,9} Quando um núcleo emite partícula alfa há a diminuição de duas unidades no número de prótons e de quatro unidades no número de massa, formando assim um novo elemento químico.¹ Devido a sua massa elevada, quando comparada a partícula beta, a partícula alfa possui baixo alcance, podendo ser barrada por uma folha de alumínio fino e, se irradiada sobre os seres humanos, é capaz de penetrar apenas a camada superficial da pele. No entanto, se ingerida pode ser muito danosa, pois transfere facilmente a sua energia aos tecidos provocando a ionização das moléculas, principalmente dos tecidos que se reproduzem rapidamente, como os nódulos linfáticos, a medula óssea e os tecidos formadores do sangue.^{1,8,10,11,12}

Já as partículas beta (β) são constituídas por elétrons, possuem carga negativa (-1) e são representadas pelo símbolo ${}^0_{-1}\beta$.^{1,7} Essas partículas são formadas a partir da transformação que ocorre no núcleo do átomo, onde um nêutron se transforma em um próton e, dessa forma, ao emitir uma partícula beta, o núcleo do átomo aumenta em uma unidade a quantidade de prótons e a massa permanece inalterada, uma vez que a massa do nêutron e do próton são praticamente iguais, o que leva à formação de um novo elemento químico que possui a mesma massa do seu precursor.¹

As partículas beta, por terem menor massa, apresentam poder de penetração, cerca de 100 vezes maior que as partículas alfa¹ e, no caso de atingirem os seres humanos, podem penetrar até alguns centímetros a partir da pele e, se ingeridas, provocam danos graves ao organismo, entretanto podem ser barradas por um material, tipo acrílico.^{8,11}

O terceiro tipo de radiação emitida pelos núcleos instáveis foi descoberto pelo cientista Paul Villard, que a denominou de radiação gama (γ), mantendo a proposta de Rutherford de usar letras do alfabeto grego.⁸ Essa radiação é constituída de ondas eletromagnéticas representada por ${}^0_0\gamma$, que se propagam com a mesma velocidade da luz $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$, sua emissão não altera nem a massa atômica e nem o número atômico do núcleo.^{1,2,13}

A emissão gama geralmente acompanha outra emissão, como a alfa ou a beta, uma vez que representa parte da

energia perdida quando os núcleos se reorganizam.¹³ Por ser uma forma de energia, a emissão gama possui o maior poder de penetração dos três tipos de emissão, conseguindo atravessar diversos materiais, como o corpo humano, sendo, portanto, mais prejudicial para os seres vivos quando comparada às emissões alfa e beta, pois segundo Okuno¹⁴ “Os fótons de raios gama, diferentemente de partículas carregadas, perdem toda ou quase toda energia numa única interação com átomos, ejetando elétron deles que, por sua vez, saem ionizando átomos até pararem” (p. 186). Diante disso, para barrar a radiação gama é necessário usar placas de chumbo ou camadas grossas de concreto.^{1,14}

Isto posto, após a descoberta de alguns elementos radioativos, mesmo não tendo conhecimento dos efeitos das radiações, seguiu-se uma fase de entusiasmo tanto dos cientistas quanto da sociedade de modo geral, com as possíveis maravilhas que a radiação podia fazer. Várias aplicações surgiram, como em cosméticos, em ponteiros de relógios, compressas e almofadas radioativas contendo Rádio, tônicos e revigorantes, pasta de dente, cigarros, contraceptivos, alimentos, baralho, entre outros.¹⁵ Porém o que não se sabia era que essas radiações também poderiam trazer graves consequências aos organismos vivos, pois uma das características apresentadas por todos os tipos de radiação é a capacidade de interagir com o corpo dos seres vivos.¹⁰ E quando essas radiações são ionizantes, como as partículas alfa e beta, elas retiram elétrons dos átomos, transformando moléculas (água, proteínas, DNA e RNA) em íons ou radicais livres, provocando alterações nos organismos dos seres vivos, prejudicando a função biológica de cada uma dessas moléculas, levando as pessoas expostas a certa quantidade de radiações a desenvolverem problemas como radiodermite, radionecrose, cataratas, esterilidade masculina e feminina, câncer, entre outros.^{1,12-14,16,17} As radiações também podem provocar a morte das células.

É importante salientar que os malefícios produzidos pelas radiações dependem, dentre outros fatores, do local da fonte, ou seja, se esta encontra-se externa ou interna ao corpo humano. Comparando as radiações alfa, beta e gama, temos que os raios gama são mais prejudiciais quando externos ao corpo. No entanto, quando a fonte de radiação está dentro do corpo, o que pode ocorrer por meio da ingestão de um radioisótopo, são as partículas alfa as potencialmente mais perigosas, causando de 10 a 20 vezes mais danos que os raios gama devido a sua alta capacidade de transferir energia aos tecidos.^{1,8}

Ao longo dos anos, com o desenvolvimento das pesquisas na área, as propriedades dos elementos radioativos foram sendo conhecidas e se compreendeu que a alta energia emitida pelos radionuclídeos e a propriedade ionizante das radiações são capazes de trazer benefícios à sociedade, mas não da forma errada como foram utilizados nos primeiros anos após a sua descoberta, as quais poderiam provocar grandes danos aos seres humanos.¹

Atualmente a sociedade se beneficia das radiações emitidas pelos radioisótopos, uma vez que são utilizadas

em várias áreas do conhecimento como, por exemplo, na geração de energia através das usinas nucleares; datação de fósseis, utilizando o Carbono 14; agricultura, por meio de traçadores radioativos; preservação de alimentos por meio da irradiação; indústria pela gamagrafia; indústria farmacêutica para esterilizar materiais como seringas e luvas. Na medicina, as aplicações acontecem em aparelhos para o tratamento de câncer, para diagnóstico, medicamentos utilizados como contrastes para exames, entre outros.^{8,13,17-21} Foi justamente um equipamento da área médica, um aparelho de radioterapia, utilizado para o tratamento de câncer, o qual continha uma fonte de Césio 137, o responsável pelo maior acidente radiológico do mundo, ocorrido em Goiânia.

Sob o ponto de vista de proteção radiológica, de acordo com a CNEN,²¹ acidente é “[...] qualquer evento não intencional, incluindo erros de operação e falhas de equipamento, cujas consequências reais ou potenciais são relevantes” (p. 6). Esses acidentes são divididos em dois grupos: acidente radioativo ou nuclear e acidente radiológico. O primeiro tipo de acidente é aquele que envolve equipamento no qual ocorre a reação nuclear, como os reatores das Usinas Nucleares, a exemplo do acidente que ocorreu em Chernobyl, na Ex-união Soviética em 1986. Já acidente radiológico é aquele que envolve uma fonte radioativa, como o que ocorreu em Goiânia.²²

Situada na região Centro-Oeste do Brasil, a cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás, em 1987, tornou-se conhecida em todo o país e até no exterior e, por meses, foi centro das atenções e esteve nos holofotes da imprensa nacional e internacional, pois nela havia acontecido o maior acidente radiológico do mundo com uma fonte de Césio 137. Muito se falava sobre o acidente, mas pouco se sabia sobre o ocorrido, através da imprensa tanto impressa quanto televisionada; as pessoas liam e ouviam sobre Césio 137, radioatividade, radiação, entre outras palavras, e se perguntavam o que seria isso e qual era o seu perigo real.

O acidente marcou de forma trágica a história do estado de Goiás, a cidade de Goiânia e a sua população. No entanto, com o passar dos anos, esse acidente vem sendo silenciado. Atualmente, após mais de trinta anos do ocorrido, algumas pessoas ainda não sabem o que foi o acidente com o Césio 137 e suas consequências, ou pouco ouviram falar sobre o ocorrido. Isso evidencia a necessidade de que tais eventos, mesmo que negativos, não sejam esquecidos e silenciados historicamente, pois o resgate histórico pode propiciar reflexões sobre os equívocos que reverberaram nas situações ocorridas. No caso do acidente radiológico de Goiânia, houve uma série de aspectos, como desconhecimento dos perigos da radioatividade, desobrigação dos setores e departamentos responsáveis pelo equipamento, dentre outros, que precisam ser trazidos à luz no sentido de não apenas lembrar as situações, mas também de promover discussões que, de alguma forma, evitem a repetição de fenômenos semelhantes.

Considerando tais pressupostos, este artigo se propõe a apresentar os caminhos que levaram à ocorrência do acidente

radiológico de Goiânia e suas consequências tendo como balizador teórico o pensamento Freireano. Paulo Freire foi escolhido como interlocutor teórico deste artigo porque, durante toda a sua vida, seja na trajetória acadêmica ou profissional, inclusive à frente da Secretária de Educação da cidade de São Paulo, ele sempre pensou a existência humana, o homem dentro de uma sociedade capitalista, dividida em classes, em opressores e oprimidos, desumana com os mais desfavorecidos, com a classe popular. Aos oprimidos é negado o direito a uma educação de qualidade e a oportunidades iguais à classe favorecida, a elite opressora. A educação que temos foi e ainda continua sendo pensada pela elite e para a elite, como Freire sabiamente disserta e critica em suas obras.²³ Dessa forma, o pensamento de Freire coaduna-se com os fatos que levaram à ocorrência do acidente radiológico e suas consequências.

Salientamos ainda que o presente artigo se configura como um texto de caráter teórico, fundamentado em outros textos e notícias publicados à época do acidente, sendo eles discutidos com o referencial teórico vislumbrando construir uma argumentação que possa contribuir com o resgate do contexto passado para se pensar o presente e o futuro.

2. Os Acontecimentos que Levaram ao Acidente com o Césio 137

Em 1972, a Santa Casa de Misericórdia de Goiânia, administrada pela Sociedade São Vicente de Paulo e o Instituto Goiano de Radioterapia (IGR) firmaram um contrato no qual a Santa Casa emprestava ao IGR um prédio que possuía ao lado de suas instalações à época, no centro da cidade, entre as Avenidas Tocantins e Paranaíba, para que fosse instalada uma clínica. Em troca do empréstimo do prédio, o IGR deveria realizar exames gratuitos aos pacientes atendidos pela Santa Casa de Misericórdia, uma instituição privada de caráter filantrópico, criada em 1936, para atender pessoas de baixa renda. Por cerca de uma década, o acordo funcionou bem.^{24,25} No entanto, em 1984, sob a alegação de descumprimento do contrato por parte do IGR, a Santa Casa de Misericórdia acionou o instituto judicialmente, mas antes do desenrolar das questões jurídicas, vendeu o prédio para o Instituto de Previdência e Assistência do Estado de Goiás (IPASGO).^{25,26}

Tem início, então, uma batalha judicial entre o IGR, o IPASGO e a Santa Casa de Misericórdia, que se arrastaria pelos próximos anos. Somente em 1985 o IGR muda para outro endereço, desocupando o prédio cedido, mas deixa para trás mobiliários antigos e um aparelho de radioterapia modelo CESAPAN F-3000, o qual era utilizado no tratamento radioterápico de pacientes com câncer, tendo como fonte de radiação o Césio 137.²⁴⁻²⁷ Este aparelho havia sido adquirido pelo IGR em 1971 com autorização da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).²⁸

Ainda em meio ao conflito judicial, o IPASGO, instituição que passou a ser proprietária do prédio, resolve,

em maio de 1987, começar o processo de demolição da construção. Inicialmente foram retiradas as portas, as janelas e o telhado do prédio, no entanto, uma decisão liminar judicial impediu a conclusão da demolição.²⁵ Esse prédio em ruínas e aberto ficou abandonado, mas dentro dele foi deixado um aparelho de radioterapia que continha uma cápsula com cloreto de Césio 137 cuja radiação na época, era de 1375 Curies ($5,0875 \times 10^{13}$ Bq).²⁹ Essa radiação corresponde à atividade do radioisótopo, a qual pode ser medida tanto Curies, quanto Becquerel (Bq). A unidade Bq corresponde a uma desintegração nuclear por segundo, $Bq = 1 \text{ s}^{-1}$; e a equivalência entre as unidades é 1 Curie igual a $3,7 \times 10^{10}$ Bq.¹

Devido à presença do isótopo 137 do elemento químico Césio, o cloreto de Césio 137 é um sal radioativo, azul brilhante, emissor beta e gama, com meia-vida de aproximadamente trinta anos e solúvel em água.^{1,8,13,27} É importante destacar que o Césio 137, presente na fonte do aparelho de radioterapia, emitia radiação beta e gama espontaneamente e continuamente e, por isso, o aparelho continha uma blindagem feita de chumbo, que impedia a saída da radiação da fonte quando ele não estava sendo utilizado, uma medida de segurança, e dessa forma o aparelho não oferecia risco às pessoas.³⁰

3. O Acidente e Suas Consequências: Um Resgate Histórico

No dia 13 de setembro de 1987, dois catadores de materiais recicláveis, Roberto Santos Alves e Wagner Mota Pereira, adentraram as ruínas do prédio onde funcionava o IGR e encontram o aparelho de radioterapia abandonado.³ Desmontaram-no, retiraram a peça de chumbo e levaram para a casa de Roberto, na rua 57, no Centro de Goiânia, local simples em cujo terreno moravam seis famílias. Para transportar o metal pesado, utilizaram um carrinho de mão.²⁵ Fizeram isso porque viram a possibilidade de ganhar dinheiro vendendo o chumbo presente em parte do aparelho.

A possibilidade de ganhar dinheiro desses personagens reais evidencia a relação de classes sociais, que é discutida por Freire²³ ao denominar como opressores a elite, os detentores do poder, e como oprimidos, a classe popular, neste caso simbolizada pelos catadores, pessoas de baixa renda exploradas por uma minoria no contexto da sociedade capitalista. Importante destacar que os catadores de material reciclável são vistos constantemente nas grandes cidades e se constituem como trabalhadores na informalidade sem nenhum direito em termos salariais, de previdência ou de saúde. Invisíveis ao poder público, esse grupo de pessoas, na maioria das vezes vive abaixo da linha da pobreza. De acordo com Lima,³¹

A segregação cultural e discriminação social por relação à situação econômica das diferentes classes sociais podem ser percebidas pela classe dos catadores de lixo, estes que por falta de

estudo não encontraram oportunidades para um trabalho mais digno se sujeitando a viver no lixo, em locais insalubres, realizando atividade precária, correndo risco de vida e de saúde, sendo cidadãos excluídos socialmente (p. 60).³¹

Com a peça na casa de um dos catadores, à sombra de uma mangueira, eles começaram a desmontar a parte de chumbo e retiraram um recipiente de aço inoxidável que possuía um pequeno orifício vedado em cujo interior, estava o sal de Césio 137, misturado com material aglutinante.^{3,32} Eles romperam a vedação da cápsula, uma janela de irídio de 1 mm de espessura, expondo a substância radioativa e, a partir desse momento, pessoas e objetos começam a ser irradiados e contaminados pelo Césio 137, seja pela exposição ao material radioativo, seja pela água, solo, frutos e hortaliças contaminadas.^{28,32} Pessoas essas, que tinham um total desconhecimento do que era aquela cápsula, que não tinham a menor noção do que estava acontecendo e do risco de morte que estavam correndo. No mesmo dia em que desmontaram a peça, Wagner começou a apresentar os primeiros sintomas de contaminação/irradiação: ele teve diarreia, vômito, tontura, nos dias seguintes apareceram queimaduras nas mãos e outros sintomas. Roberto também começou a apresentar os mesmos sintomas do amigo.²⁸

Alguns dias depois, os dois catadores venderam o chumbo que fazia a blindagem da cápsula de Césio 137 para um ferro velho, de propriedade de Devair Alves Ferreira, que ficava na rua 26-A, no Setor Aeroporto, em Goiânia, e deixaram lá a cápsula contendo o cloreto de Césio 137.³ Posteriormente, parte do chumbo foi revendido a dois outros ferros velhos, localizados nas ruas 6 do Setor Norte Ferroviário e P-19 no Setor dos Funcionários respectivamente, no entanto a cápsula continuou com Devair.^{26,28}

Foi Devair quem descobriu, por um acaso, que aquela peça emitia uma luz azul brilhante, ficando encantado com o tal fenômeno. Luz essa que era decorrente da excitação dos elétrons do $^{137}\text{CsCl}$ pelas próprias desintegrações radioativas do Césio 137, por meio da emissão de partículas beta e raios gama.³⁵ Devair passou então, a mostrar e também a distribuir o pó para várias pessoas, principalmente seus familiares e amigos.^{3,34} Um dos presenteados com uma pequena porção do pó brilhante misterioso foi o seu irmão Ivo Alves Ferreira, o qual levou o pó para casa e mostrou para a sua família, bem como permitiu que sua filha de 6 anos, Leide das Neves Ferreira, brincasse com o material que era na verdade, cloreto de Césio, uma vez que ele emitia uma luz azul brilhante que encantava crianças e adultos. Essa criança ingeriu o pó, ao se alimentar com as mãos sujas do material, se contaminando internamente com o Césio 137.^{26,28,34}

O fascínio de Devair pela luz era tanto, que ele guardava a cápsula dentro da sua casa. Assim, com o passar dos dias, as pessoas que tiveram contato com o material brilhante começaram a passar mal, como os dois funcionários do ferro-velho, Admilson Alves de Souza e Israel Batista dos

Santos, bem como o próprio Devair, sua esposa Maria Gabriela Ferreira, entre outras. Outro fato que assustou e chamou a atenção da Maria Gabriela foi que os animais domésticos da família, como o passarinho de estimação, começaram a morrer.^{6,28,35}

Diante de tal situação, Maria Gabriela começa a desconfiar que a responsável por todos os fatos que estavam ocorrendo, era aquela peça que emitia uma luz azul brilhante. Resolve então, levá-la de ônibus coletivo urbano, no dia 28 de setembro de 1987, até a Vigilância Sanitária, com a ajuda de Geraldo Guilherme da Silva, um funcionário do ferro velho, um percurso que durou cerca de 15 minutos.²⁷ Chegando lá, colocaram a peça sobre a mesa de um dos funcionários e Maria Gabriela avisou “meu povo está morrendo”. Como não havia ninguém qualificado para identificar aquela peça, ela foi deixada em uma cadeira colocada na parte externa do prédio, para posterior análise.³⁶

Somente no dia seguinte, foi solicitada a presença de um físico, Walter Mendes, que identificou que se tratava de uma fonte de material radioativo. Imediatamente o Secretário Estadual de Saúde da época, Antônio Faleiros, foi comunicado e as primeiras providências começaram a ser tomadas, como o acionamento com urgência da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). É importante destacar que se passaram cerca de 15 dias entre a retirada da fonte das ruínas do prédio, no centro da cidade de Goiânia, até o entendimento de que se tratava de um acidente radiológico. Essa demora fez com que o acidente tivesse maiores proporções, uma vez que o material radioativo, em forma de pó, já havia se espalhado e contaminado além das pessoas, animais, objetos, casas, carros, entre outros. Logo uma das primeiras tarefas dos técnicos da CNEN foi encontrar o Césio que havia se espalhado.²⁸

Ao todo foram identificados sete focos principais de contaminação na cidade de Goiânia, nos setores Central (Rua 57, casa 68; Rua 63, casa 179), Aeroporto (Rua 17-A, Quadra 70, Lote 26B; Rua 26-A, Quadra Z, Lote 30; Rua 16-A, n 792), Norte-ferroviário (Rua 6, Quadra Q, Lote 18) e Setor dos Funcionários (Rua P-19, Quadra 92, Lote 4).²⁸ Esses locais correspondem aos ferros velhos denominados de I, II e III, por onde peças contaminadas do aparelho de radioterapia foram comercializadas, o prédio da Vigilância Sanitária e as residências de algumas vítimas e seus familiares que, de alguma forma, tiveram contato com o Césio 137.³⁶

Na época do acidente, a cidade de Goiânia possuía uma população de aproximadamente 900 mil habitantes e cerca de 112 mil pessoas foram monitoradas. Destas, 249 apresentaram alto grau de contaminação, sendo 120 com contaminação do vestuário e calçados, 129 com contaminação interna e/ou externa. Do total, 20 pessoas tiveram que receber tratamento médico, em nível hospitalar e 4 vieram a óbito: Maria Gabriela Ferreira, 38 anos, esposa de Devair, que ficou vários dias com a peça dentro de sua casa e foi quem levou a peça até a vigilância sanitária, permitindo que o acidente fosse descoberto. Maria Gabriela faleceu

no dia 23 de outubro de 1987, mesmo dia em que faleceu Leide das Neves Ferreira, sobrinha de Devair, que se tornou o símbolo do acidente, por ser uma criança de apenas seis anos, que foi contaminada inocentemente, ao brincar com o Césio 137. Outras duas mortes foram dos funcionários do ferro velho I, Israel Batista dos Santos (22 anos) e Admilson Alves de Souza (18 anos) que ocorreram nos dias 27 e 28 de outubro de 1987, respectivamente.^{6,28}

Todas as mortes ocorreram no Hospital Naval Marçílio Dias (HNMD), no Rio de Janeiro, local para onde as vítimas mais graves foram levadas e lá permaneceram internadas, uma vez que esse hospital era, e ainda é, referência no tratamento de vítimas de acidentes radioativos/radiológicos. No total, esse hospital recebeu 14 pessoas vítimas do acidente ocorrido em Goiânia, as quais receberam tratamento médico especializado, passaram pelos processos de descontaminação externa e interna, que envolveram entre outros procedimentos, banhos longos, sudorese excessiva, aplicação de pasta de dióxido de titânio e a ingestão do composto Azul da Prússia, o tris-hexacianidoferro(II) de ferro (III), $(\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3)$, também conhecido como ferrocianeto férrico.^{27,32}

Outras vítimas foram mantidas em tratamento em Goiânia, no hospital do Instituto Nacional de Assistência Médica da Previdência Social (INAMPS), e algumas consideradas de menor gravidade foram internadas na Fundação Estadual para o Bem Estar do Menor (FEBEM), a qual foi transformada temporariamente, naquele período, em hospital.^{25,28}

Enquanto os radioacidentados recebiam tratamento, uma força tarefa composta por funcionários da CNEN, polícia militar, defesa civil e Consórcio Rodoviário Intermunicipal (CRISA) trabalhavam incansavelmente em Goiânia nas áreas contaminadas, seja isolando-as, fazendo descontaminação e demolição das casas, arrancando árvores, removendo a camada superficial do solo, fazendo guarda nos focos de contaminação para evitar que as pessoas entrassem, ou mesmo trabalhando no transporte do lixo radioativo. É importante ressaltar que a maioria desses profissionais não tinham treinamento para lidar com o tipo de acidente ocorrido. Tudo isso gerou cerca de 6.000 toneladas de lixo radioativo que foram colocados em 4.223 tambores de metal 1.347 caixas metálicas, levadas para um depósito provisório e, posteriormente, acondicionadas no depósito definitivo localizado no município de Abadia de Goiás, distante cerca de 24 km de Goiânia.²⁸

4. Um Olhar Freireano Sobre o Acidente

Ao mesmo tempo em que as vítimas eram tratadas e alguns locais de Goiânia descontaminados, a população era informada pela mídia local e nacional sobre o Césio 137, radioatividade e seus efeitos. A partir daí, palavras que antes eram usadas por um grupo específico de pessoas, principalmente por técnicos e cientistas, passaram a ser vinculadas constantemente pela imprensa.³⁶ Muito

provavelmente, para a maioria das pessoas, era a primeira vez que ouviam tais palavras.

Segundo Borges²⁹ “Todos queriam saber o significado de Césio 137, discutia-se o assunto nos bares, cafés e universidades” (p. 57). Logo, fica evidente que a população, de modo geral, estava ávida por compreender o que de fato estava ocorrendo em Goiânia e qual era a periculosidade daquele tal Césio 137. Isso reflete uma falta de conhecimento científico e uma falha na formação das pessoas, de modo geral, que muito provavelmente não estudaram, durante a sua educação básica, o tema Radioatividade. Podemos estabelecer um paralelo temporal com os dias atuais, em que nos encontramos em situação de pandemia, e no qual termos como RNA, eficiência de vacina, proteína *spike*, dentre outros, são utilizados pela população, sem que se considere o conhecimento científico relacionado a tais termos.

Podemos nos indagar se até as pessoas nas universidades não tinham conhecimento sobre radioatividade, imaginem-se aquelas que estavam diretamente relacionadas com o acidente. Essa falta de conhecimento científico também era a realidade dos catadores e das demais pessoas envolvidas, uma vez que eles pertenciam à classe popular, que historicamente tem menos oportunidades de estudar. E, mesmo quando frequentam a escola, encontram diversas barreiras que dificultam a aprendizagem, começando por um currículo que não leva em consideração as características da população de baixa renda e seu saber de experiência feito.³⁷

Diante do exposto, compreendemos que o acidente de Goiânia foi também social, evidenciando a falta de acesso das camadas populares ao conhecimento, uma característica da separação de classes sociais em que as camadas mais pobres têm menos acesso à escola de qualidade e aos conhecimentos veiculados por essa instituição. Essa falta de conhecimento das pessoas da classe popular é própria do processo educacional existente na sociedade brasileira, a qual possuía, e ainda possui, uma educação de classe, pensada pela elite e para a elite, o que Paulo Freire chama de educação bancária, a qual vê o educando como um depósito a ser preenchido com conhecimento, que não tem nada a contribuir no processo de ensino e aprendizagem, que não é entendido como um sujeito, um ser inconcluso que deve participar ativamente de seu processo de aprendizagem junto com o educador, e que é capaz de apreender para posteriormente aprender.³⁷

Segundo Freire²³ “Só existe saber na invenção, na reinvenção, na busca inquieta, impaciente, permanente, que os homens fazem no mundo, com o mundo e com os outros” (p. 81). Dessa forma, fica clara a formação deficitária que essas pessoas receberam, e a necessidade de uma intervenção efetiva da escola, dos educadores e dos homens em conjunto, para que seja possível transformar essa sociedade opressora em que vivemos, proporcionando às pessoas da classe popular o acesso ao conhecimento científico. Segundo Freire³⁷ a educação deve ser “[...] denunciante da opressão e anunciante da liberdade” (p. 73).

Entende-se que, caso o conhecimento científico básico fosse acessível às pessoas, no contexto escolar, acidentes como o de Goiânia poderiam ser evitados, ou não teriam consequências tão drásticas. Era de se esperar que houvesse uma educação de qualidade, com viés problematizador e libertador, que alfabetizasse cientificamente os alunos, desde os primeiros anos da escolarização, e que ela pudesse proporcionar às pessoas a construção de significados, a partir dos conhecimentos escolares. O conhecimento, construído dessa forma permitiria aos sujeitos agir e transformar o mundo em que vivem, uma vez que eles seriam alfabetizados cientificamente.

Outro fato evidencia que a falta de conhecimento científico não é um problema apenas local, mais, sim, nacional, quiçá até internacional. Como o acidente ficou conhecido nacional e, também, internacionalmente, na época, os goianos passaram a ser discriminados, quando saíam do estado de Goiás, bem como os produtos produzidos aqui. Dessa forma, os produtores encontravam dificuldades para comercializar seus produtos em outras regiões, prejudicando, assim, a economia do estado.²⁷ Isso ocorreu porque as pessoas tinham medo de serem contaminadas pelo Césio, pois achavam que qualquer pessoa, ou produto que fosse de Goiás estaria contaminado; tal fato ratifica que o problema da falta de uma formação adequada na educação básica ocorre no Brasil, como um todo.^{25,29}

Outro ponto que merece destaque, por estar relacionado a essa leitura freireana do contexto histórico do acidente em Goiânia, é o compromisso do homem e do profissional com a sociedade. No primeiro caso, o compromisso como homem é o compromisso com o mundo, com a solidariedade, com a humanização, com aqueles que são deixados de lado na sociedade de classes, em busca de um mundo melhor e mais igual, o que exige ação e reflexão do homem diante da realidade. Já em relação ao compromisso profissional com seu conhecimento técnico, especializado, este deveria se unir ao compromisso do homem em busca da práxis. Para Freire, quanto mais capacitado e qualificado o homem se torna, mais responsabilidade possui diante dos outros homens. No entanto, o próprio Freire³⁸ critica que o compromisso profissional pode se dicotomizar do compromisso como homem, não se comprometendo verdadeiramente com a realidade, o que pode levar a uma burocratização do compromisso profissional e a uma “[...] inversão dolorosa de valores”, servindo “[...] mais aos meios que ao fim do homem” (p. 20).³⁸

Na leitura dos fatos históricos sobre o acidente radiológico de Goiânia, pode-se fazer uma análise relacionada ao pensamento freireano, considerando-se que não houve compromisso verdadeiro dos profissionais médicos, nesse caso, que eram proprietários do IGR, com a sociedade. Tal entendimento decorre do fato de que eles eram os detentores do conhecimento técnico e, mesmo assim, deixaram conscientemente um aparelho contendo uma fonte radioativa em um prédio abandonado, a qual, utilizada de forma inadequada, poderia ser letal – como foi.

Os médicos em questão só estavam comprometidos consigo mesmos e com seus interesses, deixando a população à mercê de um perigo iminente.

Enfatiza-se novamente que, provavelmente, o acidente não teria ocorrido, se as pessoas que tiveram acesso ao material possuíssem conhecimentos sobre os perigos que poderiam ser causados pela manipulação de material radioativo e se tivesse havido o diálogo e o compromisso, como homens e como profissionais, entre as pessoas envolvidas na situação conflituosa do empréstimo do prédio. Lembramos que o diálogo, para Freire, é amor, fé, humildade, e pressupõe que os homens e mulheres se enxerguem como iguais, sem relação de dominação, que confiem uns nos outros, que tenham o mesmo objetivo, o de transformar o mundo para melhor.³⁹

No entanto, nenhuma das duas coisas aconteceu, pois as pessoas da classe desfavorecida que acessaram o material não tinham conhecimento suficiente para entender os perigos que pode causar a radioatividade, mesmo tendo o símbolo impresso no material, e os envolvidos na disputa entre a Santa Casa e o IGR, pessoas esclarecidas, não tiveram compromisso social, pois, visando não ter despesas, relegaram os devidos cuidados ao equipamento que causou enormes danos às pessoas, ou seja, “[...] são pessoas do ter e não do ser” (p. 63).²³

Assim, analisando o contexto em que ocorreu o acidente, ficam evidentes, desde o início da narrativa, as características de uma sociedade opressora, configurada pela ganância da elite dominante, que busca sempre a maximização dos lucros, o desprezo e o descaso que possui pelos oprimidos, desde quando o IGR não cumpre com o acordo de fazer exames gratuitos aos pacientes da Santa Casa, que eram pessoas, na sua maioria, de baixa renda, até o abandono do material perigoso, em um local, sem os devidos cuidados.

Para essa elite, somente eles são pessoas humanas e têm direitos.²³ São incapazes de enxergar o outro, de dialogar com o outro, não só com os oprimidos, mas também com seus pares, o que se pode notar com o surgimento dos conflitos entre as elites dominantes, como no caso da posse do prédio do IGR. Segundo Freire⁴⁰ “[...] o diálogo deve ser entendido como algo que faz parte da própria natureza histórica dos seres humanos” (p. 64). O diálogo é reflexão e não só comunicação. Se tivesse havido diálogo entre o proprietário do prédio, o IGR e a Santa Casa, muito provavelmente eles teriam resolvido o conflito estabelecido entre eles, e o acidente poderia ter sido evitado.

Mas como isso não ocorreu, os populares, vítimas inocentes do acidente, sofreram, sofrem e sofrerão por anos as consequências desse triste acontecimento. Diante do exposto, após um acidente dessas proporções era de se esperar que lições fossem aprendidas e mudanças realizadas. Em nível internacional, o acidente de Goiânia contribuiu para a criação em 1990, pela Agência Internacional de Energia Atômica, de uma escala de acidentes, a International Nuclear and Radiological Event Scale (INES), que os classifica em níveis de 1 a 7. Os níveis 1 a 3 são chamados

de incidentes, os níveis 4 a 7 são chamados de acidentes e em todos eles há uma ordem crescente de gravidade. Assim, nível 1 é classificado como anomalia, o nível 2 é incidente, o nível 3 é incidente grave, o nível 4 é acidente com consequências locais, o nível 5 é acidente com consequências mais amplas, o nível 6 é acidente sério e o nível 7 é acidente grave.⁴¹ O acidente de Goiânia, por ter tido consequências apenas locais, foi classificado como nível 5. O intuito da escala é comunicar a população e a comunidade científica da ocorrência e das consequências de um acidente envolvendo radiação.⁴¹

Já, no Brasil, era esperado que, pelo menos, algumas áreas tivessem merecido atenção especial, como a área da educação, principalmente no estado de Goiás. Considerando a relevância do acidente ocorrido, em termos de consequências e danos à sociedade, seria importante que a formação dos professores da área de Ciências, como as licenciaturas em Química, abordassem a temática radioatividade, para que os futuros professores tivessem condições de, ao atuarem na educação básica e superior, abordassem com seus alunos conteúdos relacionados ao tema, como o símbolo da radioatividade, os conteúdos específicos, as principais aplicações, os benefícios e malefícios das radiações, o contexto histórico de sua descoberta e os acidentes que já ocorreram no mundo, dando ênfase ao acidente de Goiânia, em diversos aspectos, dentre eles, os sociais e econômicos. É preciso ter sempre em mente que “[...] o que fazemos na sala de classe não é um momento isolado, separado do mundo real” (p. 23),⁴⁰ faz parte desse mundo e por isso deve ser considerado. Mundo esse que é histórico e, por isso, precisamos mudar uma das características que prevalece, nos dias atuais, a de que “[...] todos os jovens de hoje crescem numa espécie de presente contínuo, sem qualquer relação orgânica com o passado público da época em que vivem” (p. 13).⁴²

Para isso, espera-se que os professores, principalmente da educação básica, sejam capazes de alfabetizar cientificamente seus alunos em relação à temática radioatividade, para que eles possam ter noções básicas de ciência e consigam agir de forma consciente diante de determinadas situações, como no encontro de um aparelho de radioterapia abandonado. No entanto, há evidências, de que isso não ocorre.

Muitas pessoas que frequentaram a escola, após o acidente, mesmo estudando em Goiânia, pouco ou nada aprenderam sobre o ocorrido, pois seus professores provavelmente não eram, e parte-se da hipótese de que ainda não são qualificados, em relação à discussão do tema radioatividade, pois não receberam formação específica sobre o assunto, materiais radioativos e acidentes radioativos e radiológicos. Isso evidencia que os cursos de formação de professores, especificamente, as licenciaturas em Química, não deram a devida importância ao acidente, e esta não é uma temática abordada como possibilidade de alfabetização científica, tanto nas licenciaturas quanto na educação básica, níveis em que atuam os professores formados nas Instituições de Ensino Superior (IES).

Tal situação pode ser identificada, a partir da pesquisa de doutoramento que dá origem ao recorte presente neste artigo em que identificamos que, das 16 IES que ofertam o curso de Licenciatura em Química, em Goiás, apenas uma possui disciplina que aborda acidentes nucleares, sendo que o esperado seria que a maioria, senão todas as IES abordassem, pelo menos, o acidente ocorrido em Goiânia com uma fonte de Césio 137.⁴³ Formar um professor numa perspectiva crítica, em que se busca uma formação pautada pelo viés da alfabetização científica, como um caminho da futura ação docente, também numa perspectiva crítica, demanda considerar a especificidade local, a regionalidade e o contexto histórico no qual ele está inserido. Para Freire³⁷ o “[...] ensino de conteúdos estará sempre associado a uma leitura crítica da realidade”, não é possível assim, “[...] o texto sem o contexto” (p. 29), pois somente considerando a realidade do aluno é que será possível uma educação pautada na problematização e reflexão, propiciando a alfabetização científica dos alunos.

Não podemos esquecer que o conhecimento é uma construção humana e histórica e, em decorrência disso, possui características próprias dos locais no qual foi construído. Enfim, para que uma escola de educação básica tenha uma prática pedagógica crítica e reflexiva, é de suma importância que o professor atuante nessa instituição também tenha tido essa formação durante a sua licenciatura.

5. Considerações Finais

Trouxemos neste texto um breve resgate histórico da descoberta da Radioatividade, bem como os benefícios e malefícios das radiações, estes últimos com o intuito de mostrar as consequências reais para as pessoas envolvidas no acidente de Goiânia. Além disso, a partir da apresentação dos fatos que levaram à ocorrência do acidente, é possível entender o seu contexto, o que nos possibilita fazer uma leitura freireana do acontecimento.

O acidente radiológico ocorrido, em Goiânia, em 1987, é considerado o maior acidente radiológico do planeta, até os dias de hoje, devido a suas proporções tanto em relação ao número de vítimas quanto à quantidade de rejeitos radioativos gerados. Dessa forma, ele poderia ter servido de exemplo em relação à importância do descarte correto das fontes de materiais radioativos, como também da necessidade de a população, de modo geral, ter acesso a conhecimentos que pudessem evitar esses tipos de acidentes, como o reconhecimento do símbolo da radioatividade e saber da sua periculosidade. Nesse sentido, destacamos o papel da educação e dos professores, em uma escola que aborde assuntos que ressignifiquem a vida dos estudantes, ou seja, uma escola transformadora de vidas em um coletivo social e que poderiam levá-los a transformar o mundo para melhor.

O acidente também expôs aspectos discutidos e criticados por Freire, como a pobreza, as condições precárias de vida

da população, a nítida divisão de classe social que existe, a falta de humanidade, de respeito e de empatia da classe mais favorecida, em relações às demais classes e ao ser humano. Dessa forma, entendemos que, ao retomarmos este assunto por meio de outros olhares, para além da Química, por meio de elementos sociais, explicitamos possibilidades de discussões que ainda não foram realizadas, mas que são necessárias, para que os diversos setores da sociedade estejam atentos para que ações causadas por ganância e desconhecimento não reverberem em prejuízos humanos e ambientais, como os ocorridos na cidade de Goiânia. Além disso, ressaltamos que eventos como estes não podem ser silenciados ou esquecidos, pois tanto científica quanto socialmente, o resgate histórico simboliza o alerta, para que os erros e omissões não se repitam e não se perpetuem.

Referências Bibliográficas

1. Brown, T. L.; Lemay Jr, H. E.; Burten, B. E.; Murphy, C. J.; Woodward, P. M.; Stoltzfus, M. W.; *Química a Ciência Central*, 13a. ed., Pearson Education do Brasil: São Paulo, 2016.
2. Kotz, J. C.; Treichel, P. M.; Townsend, J. R.; Treichel, D. A.; *Química Geral*, 1, 9a. ed., Cengage Learning: São Paulo, 2016.
3. Okuno, E.; *Radiação: efeitos, riscos e benefícios*, Oficina de Textos: São Paulo, 2018.
4. Cordeiro, M. D.; Peduzzi, L. O. Q.; Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física* **2011**, 33, 1. [[Crossref](#)]
5. Quinn, S.; *Marie Curie: uma vida*, 1a. ed., Scipione Cultural: São Paulo, 1997.
6. Xavier, A. M.; Lima, A. G.; Vigna, C. R. M.; Verbi, F. M.; Bortoleto, G. G.; Goraieb, K.; Collins, C. H.; Bueno, M. I. M. S.; Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. *Química Nova* **2007**, 30, 83. [[Crossref](#)]
7. Atkins, P.; Jones, L.; *Princípios de Química*, 5a. ed., Bookman: Porto Alegre, 2012.
8. Kotz, J. C.; Treichel, P. M.; Townsend, J. R.; Treichel, D. A.; *Química Geral*, v. 2, 9a. ed., Cengage Learning: São Paulo, 2015.
9. Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J.; *Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna*, 9a. ed., LTC: Rio de Janeiro, 2014.
10. Buonocore, T. C. C.; Oliveira, A. I. B.; Farias, D. S.; Martinez, F. A.; Silva, G. E.; Lezo, T. C.; Rocha-Lima, A. B. C.; Energia das radiações: radioatividade natural e artificial, radiações ionizantes e excitantes. *UNISANTA Bioscience* **2019**, 8, 447. [[Link](#)]
11. Mazzilli, B. P.; Máduar, M. F.; Campos, M. P.; *Radioatividade no meio ambiente e avaliação de impacto radiológico ambiental*. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN): São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/conteudo/posgraduacao/arquivos/201103311026310-Apostila%20TNA-5754%20abr-2011.pdf>. Acesso em: 22 setembro 2020.
12. da Silva, R. C.; da Silva, R. M.; Aquino, K. A. S.; A Interação da Radiação Gama com a Matéria no Processo de Esterilização. *Revista Virtual de Química* **2014**, 6, 1624. [[Link](#)]

13. Carvalho, R. P.; Oliveira, S. M. V.; *Aplicações da Energia Nuclear na Saúde*. SBPC: São Paulo; IAEA: Viena, 2017. [Link]
14. Okuno, E.; Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. *Estudos Avançados* **2013**, *27*, 185. [Crossref]
15. Lima, R. S.; Pimentel, L. C. F.; Afonso, J. C.; O despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX. *Química Nova na Escola* **2011**, *33*, 93. [Link]
16. Nouailhetas, Y.; *Radiações Ionizantes e a vida*. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN): Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<https://www.gov.br/cnen/pt-br/material-divulgacao-videos-imagens-publicacoes/publicacoes-1/radiacoesionizantes.pdf>>. Acesso em: 21 agosto 2021.
17. Miguel, F. L. F.; Efeitos ambientais resultantes do uso das tecnologias nucleares. *Kulongesa - TES* **2020**, *2*, 215. [Link]
18. Cardoso, S. C.; Barroso, M. F.; Rápida introdução à Física das Radiações. Disponível em: <<http://omnis.if.ufrj.br/~marta/cederj/radiacoes/fr-unidade3.pdf>>. Acesso em: 12 abril 2021.
19. Carvalho, R. P.; *Aplicações da energia nuclear: indústria, meio ambiente, produção de alimentos, bens culturais*. AIEA: Viena, sd. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/Livros-e-Estudos/Aplicacoes-da-energia-nuclear_virtual.pdf>. Acesso em: 19 agosto 2021.
20. Tezzoto-Uliana, J. V.; Silva, P. P. M.; Kluge, R. A.; Spoto, M. H.; Radiação Gama em Produtos de Origem Vegetal. *Revista Virtual de Química* **2015**, *7*, 268. [Link]
21. Sítio da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Instalações Radioativas: Áreas e Práticas. 2020. Disponível em: <<http://antigo.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/drs/cgmi/Instalacoes-Radiativas-v4.pdf>>. Acesso em: 28 setembro 2020.
22. Cardoso, E. M.; *A Energia Nuclear e suas Aplicações*, 3a. ed., Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN): Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://antigo.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/apostila-educativa-aplicacoes.pdf>>. Acesso em: 31 março 2021.
23. Freire, P.; *Pedagogia do Oprimido*, 50a. ed., Paz e Terra: Rio de Janeiro, 2011.
24. Vasconcelos, C. H.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Goiás, 2019. [Link]
25. Vieira, S. A.; Césio 137 um drama recontado. *Estudos Avançados* **2013**, *27*, 217. [Link]
26. Oliveira Junior, E. M.; *Tese de Doutorado*, Universidade de Brasília, 2016. [Link]
27. Oliveira, A. R.; Carvalho, A. B.; Brandão-Mello, C. E.; Almeida, C. E. V.; Hunt, J. G.; Curado, M. P.; Valverde, N. J. L.; Farina, R.; Revisitando o Acidente Radiológico de Goiânia 12 anos após. 2000. Disponível em: <<https://inis.iaea.org/Collection/NCLCollectionStore/Public/50/035/50035667.pdf>>. Acesso em: 12 julho 2021.
28. Alves, R. N.; Relatório do Acidente Radiológico em Goiânia. 1988. Disponível em: <<http://memoria.cnen.gov.br/manut/ImprimeRef.asp?AN=19076677>>. Acesso em: 01 agosto 2021.
29. Borges, W.; *Eu também Sou Vítima – A verdadeira história sobre o acidente com o cézio 137 em Goiânia*, Kelps: Goiânia, 2003.
30. Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Curso para técnicos em radioterapia. Rio de Janeiro: INCA, 2000. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//pqrt_man_tec_rdrtrp.pdf>. Acesso em: 20 agosto 2021.
31. Lima, C. S.; Os riscos e as vulnerabilidades vinculadas aos catadores de lixo. *Terceiro Incluído* **2013**, *3*, 57. [Crossref]
32. Rocha, S. F.; Acidente Radioativo com o cézio 137: a participação da marinha no atendimento as vítimas. *Revista Navigator* **2008**, *4*, 9. [Link]
33. Collins, K. E.; Jardim, I. C. S. F.; Collins, C. H.; O que é Césio-137? *Química Nova* **1988**, *11*, 169. [Link]
34. Schumann, B.; Berwing, J. A.; O desastre radiológico do cézio 137: lições após 30 anos de sua ocorrência. *Direito, Estado e Sociedade* **2019**, *54*, 62. [Link]
35. Schumann; B.; Berwing, J. A.; Césio 137: o maior desastre radiológico e os possíveis caminhos para a gestão dos riscos futuros. *Revista Duc In Altum - Cadernos de Direito* **2018**, *10*, 195. [Link]
36. Chaves, E. G.; *Tese de Doutorado*, Universidade Estadual de Campinas, 1998. [Link]
37. Freire, P.; *A educação na cidade*, 7a. ed., Cortez: São Paulo, 2006.
38. Freire, P.; *Educação e Mudança*, 29a. ed., Paz e Terra: Rio de Janeiro, 2006.
39. Freire, P.; *Conscientização: Teoria e Prática da Libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire*, 3a. ed., Moraes: São Paulo, 1980.
40. Freire, P.; Shor, I.; *Medo e Ousadia: O Cotidiano do Professor*, Paz e Terra: Rio de Janeiro, 1986.
41. Santos, M. T. R.; Silva, M. V. C.; Cardoso, T. A. O.; Sistema de Comando de Incidentes e comunicação de risco: reflexões a partir das emergências nucleares. *Saúde Debate*, **2020**, *44*, 98. [Link]
42. Hobsbawn, E.; *A Era dos Extremos*, 1a. ed., Companhia das Letras: São Paulo, 1995.
43. Nunes, L. D.; Mesquita, N. A. S.; *Resumo do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Natal, Brasil, 2019. [Link]