



**FACULDADE TEOLÓGICA E FILOSÓFICA RATIO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM OPTOMETRIA**

PAULO SÉRGIO RODRIGUES CARVALHO

**INCIDÊNCIA DE TOXIDADE OCULAR EM COMUNIDADES
PRÓXIMAS A MINA DE URÂNIO DE ITATAIA
DEMONSTRADA COM O TESTE DE FARNSWORTH D-15**

FORTALEZA – CE

2022

PAULO SÉRGIO RODRIGUES CARVALHO

INCIDÊNCIA DE TOXIDADE OCULAR EM COMUNIDADES
PRÓXIMAS A MINA DE URÂNIO DE ITATAIA DEMONSTRADA
COM O TESTE DE FARNSWORTH D-15

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Coordenação do Curso
Superior de Tecnologia em Optometria, da
Faculdade de Teológica e Filosófica Ratio
como requisito para a obtenção do título
de Optometrista do curso de Tecnologia
em Optometria da Faculdade Ratio

Orientador: Prof. Marcelo Carrizosa

FORTALEZA – CE

2022

PAULO SÉRGIO RODRIGUES CARVALHO

INCIDÊNCIA DE TOXIDADE OCULAR EM COMUNIDADES
PRÓXIMAS A MINA DE URÂNIO DE ITATAIA DEMONSTRADA
COM O TESTE DE FARNSWORTH D-15

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Coordenação do Curso
Superior de Tecnologia em Optometria, da
Faculdade de Teológica e Filosófica Ratio
como requisito para a obtenção do título
de Optometrista do curso de Tecnologia
em Optometria da Faculdade Ratio

Orientador: Prof. Marcelo Carrizosa

Projeto de pesquisa aprovado em 04 de abril de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ma. Jessica Rabelo Bezerra
Faculdade Ratio

Prof. Esp. Fernando Sales
Faculdade Ratio

Prof. Esp. Helton Bernardino
Faculdade Ratio

FORTALEZA – CE

2022

A minha esposa e filhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, aos meus pais pela luta diária de sobrevivência e por tanto amor, a todos meus irmãos que não tiveram a oportunidade desse momento, a minha esposa e filhos pelo acolhimento, paciência e carinho e aos meus colegas de trabalho pelo suporte e companheirismo.

Serei eternamente grato a todos.

“...Vamos brincar perto da usina,
deixa pra lá a Angra é dois reis
porque se explicar se não existe perigo...”

Renato Russo.

RESUMO

A Mina de Urânio de Santa Quitéria (Itataia) – CE, fica localizada no Distrito Fósforo-Uranífero (P-U), na parte central do Estado do Ceará, a cerca de 45 km a sudeste da cidade de Santa Quitéria e 212 km da capital, Fortaleza. Vinculado ao Programa Nuclear Brasileiro, o Projeto Santa Quitéria (PSQ) trata da construção de um complexo minero-industrial de mineração e beneficiamento de urânio e fosfato de Itataia. Os compostos de urânio são particularmente resistentes à degradação química e bioquímica, sendo considerados recalcitrantes. Além disso, possuem uma meia-vida longa na água, no solo e nos sedimentos, causando grande impacto ao ecossistema. Assim, este estudo tem como objetivo principal investigar a incidência de toxicidade ocular em comunidades próximas a mina de urânio de Itataia através do teste de Farnsworth D-15. Para este fim, foi realizada a coleta de dados, na população do município de Santa Quitéria Lagoa foi amostrada totalizando 20 indivíduos com idade variando de 16 a aproximadamente 60 anos, a estes foram chamados de residentes. A análise destes estudos revelou que, dentre os 20 indivíduos, apenas uma pessoa apresentou disfunção, resultando em uma diferença de 5%. Essa diferença possivelmente pode ser congênita. Entretanto, não houve diferenças estatísticas na análise. Desta forma, este trabalho não observou toxicidade ocular na população estudada. São necessários mais estudos envolvendo outros testes toxicológicos e testes oftalmológicos para uma melhor comprovação da não toxicidade ocular observada no grupo de estudo.

Palavras-chave: toxicidade; mina de urânio de itataia; teste de farnsworth d-15.

ABSTRACT

The Santa Quitéria Uranium Mine (Itataia) – CE, is located in the Phosphorus-Uraniferous District (PU), in the central part of the State of Ceará, about 45 km southeast of the city of Santa Quitéria and 212 km from the capital, Fortaleza. Linked to the Brazilian Nuclear Program, the Santa Quitéria Project (PSQ) deals with the construction of a mining-industrial complex for mining and processing uranium and phosphate from Itataia. Uranium compounds are particularly resistant to chemical and biochemical degradation and are considered recalcitrant. In addition, they have a long half-life in water, soil and sediments, causing great impact on the ecosystem. Thus, the main objective of this study is to investigate the incidence of ocular toxicity in communities near the Itataia uranium mine through the Farnsworth D-15 test. For this purpose, data collection was carried out, in the population of the municipality of Santa Quitéria Lagoa was sampled, totaling 20 individuals ranging in age from 16 to approximately 60 years old, these were called residents. The analysis of these studies revealed that, among the 20 individuals, only one person had dysfunction, resulting in a difference of 5%. This difference could possibly be congenital. However, there were no statistical differences in the analysis. Thus, this study did not observe ocular toxicity in the population studied. More studies involving other toxicological tests and ophthalmological theses are needed to better prove the ocular non-toxicity observed in the study group.

Keywords: toxicity; itataia uranium mine; farnsworth test d-15.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Impactos causados pela instalação das Usinas	20
Figura 2 - Minério de urânio	33
Figura 3 - Localização geográfica das reservas brasileiras de Urânio.	35
Figura 4 - O olho projeta a cena visual em fotorreceptores da retina.....	41
Figura 5 - Camadas da Retina.....	43
Figura 6 - Bastonetes e cones apresentam estruturas semelhantes.....	45
Figura 7 - Espectros de sensibilidade para os três cones e o bastonete.....	46
Figura 8 - Diferenças clínicas entre os defeitos congênitos e os defeitos adquiridos da sensibilidade cromática	47
Figura 9 - Localização do município de Santa Quitéria no Estado do Ceará.	52
Figura 10 - Testes de ordenamento de cores de Farnsworth-Munsell D-15.....	55
Figura 11 - Localização, no diagrama da CIE de 1931 (x,y), das peças usadas no teste D-15.....	55
Figura 12 - Folha de resultados do teste Fransworth D-15	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais Propriedades Físicas do Urânio.....	33
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADECE	Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará
AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
CIE	Comissão Internacional da Iluminação
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CSQ	Consórcio Santa Quitéria
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INB	Indústrias Nucleares do Brasil S/A
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
ONU	Organização das Nações Unidas
PLANERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PPP	Parceria Público Privada
PSQ	Projeto Santa Quitéria
TRAMAS	Núcleo Trabalho Meio Ambiente e Saúde

LISTA DE SÍMBOLOS

H	Hidrogênio
O ₂	Oxigênio
U	Urânio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. DESENVOLVIMENTO.....	15
2. 1 Referencial teórico	15
2. 1. 1 Projeto Santa Quitéria (PSQ).....	15
2. 1. 2 Instalação do PSQ.....	15
2. 1. 3 Impactos sociais e ambientais.....	16
2. 1. 4 Quem foram os trabalhadores	20
2. 1. 4 . 1 Município de Itatira	21
2. 1. 4. 2 Município de Santa Quitéria	23
2. 1. 4. 2. 1 Comunidade de Barriguinha.....	25
2. 1. 4. 2. 2 Comunidade de Morrinhos e Queimadas	25
2. 1. 5 Resistência das comunidades à Usina de Santa Quitéria	27
2. 1. 6 Metais pesados.....	30
2. 1. 6. 1 Implicações da exploração de metais pesados	30
2. 1. 6. 2 Poluição do solo e água pela mineração.....	31
2. 1. 7 Urânio (U).....	32
2. 1. 7. 1 Efeitos tóxicos do U.....	36
2. 1. 7. 1. 1 Efeitos tóxicos do U na visão	38
2. 1. 8 Sistema Visual.....	39
2. 1. 8. 1 Visão	39
2. 1. 8. 2 Luz e Cor.....	39
2. 1. 8. 3 Retina	40
2. 1. 8. 3. 1 Camadas da Retina: anatomia e fisiologia macroscópica e microscópica	42
2. 1. 8. 3. 2 Processamento da Visão das Cores	43
2. 1. 8. 3. 3 Fotorreceptores e transdução	44

2. 1. 8. 3. 4 <i>Existem dois tipos de fotorreceptores: bastonetes e cones</i>	44
2. 1. 8. 4 <i>Saúde Visual</i>	47
2. 1. 8. 4. 1 <i>Saúde Ocular</i>	47
2. 1. 8. 4. 2 <i>Tipos de defeitos da sensibilidade cromática</i>	47
2. 1. 8. 4. 2. 1 <i>Defeitos congênitos</i>	47
1. 8. 4. 2. 2 <i>Defeitos adquiridos</i>	48
2. 1. 8. 5 <i>Testes de Visão das Cores</i>	49
2. 1. 8. 5. 1 <i>Testes de ordenação ou arranjo de cores</i>	50
2. 2 <i>Materiais e métodos</i>	52
2. 2. 1 <i>Tipo do Estudo</i>	52
2. 2. 2 <i>Local da pesquisa</i>	52
2. 2. 3 <i>População Estudada</i>	52
2. 2. 4 <i>Caracterização das Amostras Populacionais</i>	53
2. 2. 5 <i>Considerações Éticas</i>	53
2. 2. 6 <i>Critérios de Inclusão e Exclusão</i>	53
2. 2. 7 <i>Protocolo Experimental</i>	54
2. 2. 7. 1 <i>Anamnese</i>	54
2. 2. 8. 2 <i>Teste de Farnsworth D-15</i>	54
2. 2. 8. 3 <i>Aplicação do Teste de Farnsworth D-15</i>	57
2. 2. 9 <i>Análise Estatística</i>	57
2. 3. <i>Resultados</i>	58
2. 3. 1 <i>Coleta dos Dados</i>	58
2. 4. <i>Discussão</i>	60
3. <i>CONCLUSÃO</i>	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
APENDICE A - <i>DECLARAÇÃO DO RESPONSÁVEL PELA PESQUISA</i>	75
APENDICE B - <i>TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)</i>	76

APENDICE C - FICHA DE ANAMNESE78

1. INTRODUÇÃO

O Projeto Santa Quitéria (PSQ) compreende, diversas obras e instalações em sua fase de construção e operação, destacando a construção de um canteiro de obras e infraestrutura de apoio durante sua fase de implantação, estradas de acesso, a própria mina, barragem de rejeitos, instalação mínero-industrial, instalação nuclear, instalações administrativas, sistema de carga, descarga, transporte, transferência e estocagem, entre outras obras e instalações além de infraestrutura (fornecimento de água, energia, estradas e capacitação de mão de obra) sob responsabilidade do Governo do Estado (MONTEIRO, 2017).

Assim o PSQ age silenciosamente impactando a vida das comunidades. Essa margem de incertezas na qual se realiza a investidura de poder agir em conformidade a uma “hipótese legal de exceção às restrições ambientais” se soma aos sentimentos de desconfiança sobre os objetivos do Projeto entre os membros das comunidades. Sobretudo daquelas que vivem bem próximo à fazenda Itataia. Essa forma legalizada de atuar do Consórcio é legitimada pelos discursos de convencimento que descrevem o PSQ como um projeto sustentável e de interesse nacional, disfarçando, assim, os interesses privados anteriormente apresentados que têm participação nas decisões tomadas por aquele (MONTEIRO, 2017).

A Indústrias Nucleares do Brasil S/A (INB) é responsável pela produção do concentrado de U, que inclui a mineração, o beneficiamento, o enriquecimento, a fabricação de pó, pastilhas e do combustível que abastece as usinas nucleares localizadas no Brasil (INB, 2020).

Efeitos socioambientais de uma obra como se planeja para Santa Quitéria serão sentidos – de acordo com o posicionamento técnico da Articulação Antinuclear do Ceará – em outros municípios da região e por longos anos após o fechamento da mina, considerando o potencial poluidor do PSQ para os rios e lençol freático, e o risco que apresenta uma barragem de rejeitos com elementos radiativos (MONTEIRO, 2017).

Das 27 comunidades atingidas diretamente pelo empreendimento, quatro eram de assentamentos, famílias que saíram do regime de servidão e viviam com liberdade e num processo de reaprender a viver no coletivo. Nas outras comunidades, à exceção dos pequenos proprietários, as famílias ainda moravam e

trabalham em terras de patrão, subordinadas à lei do latifúndio. Apesar desta realidade, existe uma forte cultura camponesa arraigada na vida das pessoas: o roçado, o criatório de pequenos animais, as festas religiosas, as cacimbas, as cisternas, a casa de sementes, as reuniões e as celebrações, entres outras, são ações diárias de homens e mulheres que fazem e vivem a vida naquelas comunidades (SILVA; BARROS, 2013).

Apesar da importância econômica, existe preocupação ambiental com a deposição de rejeitos, principalmente no acúmulo de minério ao longo das extrações e, com isso, afetar os ciclos naturais, a distribuição espacial e a dinâmica de metais pesados e elementos nos solos da área. Além disso, este aporte pode resultar em grandes mudanças associadas à solubilidade e disponibilidade de metais, que poderão ser facilmente absorvidos pelas raízes e estocados nas paredes celulares das plantas, ou podem ser simplesmente lixiviados, atingindo e contaminando as fontes de água próximas a local sob influência da mineração. Deste modo, a definição de biodisponibilidade requer uma compreensão do funcionamento dos processos não somente no solo, mas também na interface solo-água-plantas (CUNHA, 2017).

A radiação ionizante do urânio pode interferir nas funções celulares em todos os níveis de organização da célula, induzindo toxicidades química e radiológica e envenenamento de baixa intensidade (inalação ou absorção pela pele) (LOURENÇO *et al.*, 2013; CHAUDHRY, 2008). O urânio produz envenenamento de baixa intensidade (inalação, ou absorção pela pele), produzindo também efeitos colaterais, tais como: náusea, dor de cabeça, vômito, diarreia e queimaduras, além de atingir o sistema linfático, sangue, ossos, rins e fígado (LOURENÇO *et al.*, 2013; DURAKOVIAE, 1999). Acrescenta-se ainda possíveis efeitos mutacionais no DNA resultantes de baixas doses de radiação (CHAUDHRY, 2008).

Queimaduras químicas nos olhos foram relatadas em humanos após exposição acidental ao hexafluoreto de urânio (KATHREN; MOORE, 1986). Conjuntivite e irritação ocular também foram relatadas em animais após exposição ao hexafluoreto de urânio (SPIEGL, 1949) e ao tetracloreto de urânio (DYGERT, 1949a). Os efeitos oculares foram devidos ao contato direto do olho com o vapor ou aerossóis. Como o fluoreto de urânio e o fluoreto de hidrogênio (um produto químico altamente irritante) são produzidos quando o hexafluoreto de urânio entra em

contato com a umidade, é possível que o urânio não tenha sido o agente causador dos efeitos oculares.

Nenhum estudo em humanos foi localizado em relação aos efeitos oculares em humanos após exposição oral de duração aguda, intermediária ou crônica a compostos de urânio (SERVICES, 2002). Porém, a exposição ocular resultou em absorção sistêmica significativa (SHARON; GWALTNEY-BRANT, 2013).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo geral investigar a incidência de toxicidade ocular em comunidades próximas a mina de urânio de Itataia através do teste de Farnsworth D-15. E como objetivos específicos, determinar a incidência de toxicidade ocular utilizando o teste de Farnsworth D-15 e estudar a relação entre os problemas de visão cromática com os possíveis efeitos tóxicos por urânio.

A presente pesquisa justifica-se, pelo fato de ser escasso ou inexistente estudos relacionados a toxicidade ocular em pessoas que tiveram contato com o urânio no Brasil. Como avaliador dos cuidados primários, os optometristas podem desempenhar um papel no reconhecimento de danos ou disfunções nas estruturas oculares ou nos componentes da via visual causado pelo urânio e no aconselhamento de pacientes nessas circunstâncias.

Os resultados do presente trabalho poderão contribuir para a caracterização das repercussões à saúde ocular em comunidades próximas as minas de urânio, possibilitar a comparação desses achados com a perda funcional da visão, bem como novas propostas de tratamento.

2. DESENVOLVIMENTO

2. 1 Referencial teórico

2. 1. 1 Projeto Santa Quitéria (PSQ)

Vinculado ao Programa Nuclear Brasileiro, o Projeto Santa Quitéria (PSQ) trata da construção de um complexo minero-industrial de mineração e beneficiamento de urânio e fosfato de Itataia (MELO, 2015). Situada a 212 km de Fortaleza, no município de Santa Quitéria, estado do Ceará, a jazida abriga uma reserva de 142,5 mil toneladas de urânio, sendo a maior do Brasil, detendo 46% da reserva total, e a quinta maior do mundo (INB, 2011).

Além do urânio, o fosfato é predominante na jazida, com reservas de 8,9 milhões de toneladas, o qual é matéria-prima para produção de fertilizantes agrícolas e produtos para a ração animal (EIA, 2014). A previsão é que sejam produzidas anualmente pelo Consórcio Santa Quitéria 240.000 toneladas de fosfato e 1.600 toneladas de concentrado de urânio (INB, 2019).

2. 1. 2 Instalação do PSQ

O PSQ é de responsabilidade do Consórcio Santa Quitéria (CSQ), uma parceria público privada (PPP) entre a Indústrias Nucleares do Brasil S/A (INB), vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), que integra o consórcio juntamente com a empresa privada Galvani Indústria (empresa produtora de fertilizantes fosfatados) sendo responsáveis pela instalação e operação da mina de urânio e fosfato de Itataia (MONTEIRO, 2017). O objetivo da parceria é intensificar a extração do urânio e o fosfato, encontrados de forma associada na jazida de Itataia, localizada no município de Santa Quitéria (Ceará), com o intuito de quadruplicar a produção nacional de concentrado de U (ADECE, 2015; INB, 2019).

As atividades da INB são licenciadas e fiscalizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), órgão vinculado à Organização das Nações Unidas (ONU), supervisiona a produção, realizando inspeções regulares à Fábrica de Combustível Nuclear (INB,

2020).

A formação do CSQ se apresenta, em um primeiro momento, como uma resposta política e institucional ao imperativo das condições naturais em que se apresenta o urânio e o fosfato em Santa Quitéria (MONTEIRO, 2017).

O minério, depois de extraído da jazida, passará por um processo de separação de elementos. O fosfato ficará com a Galvani, que irá utilizá-lo na fabricação de fertilizantes e de alimentação animal, e o urânio será entregue à INB para produção do concentrado de urânio (INB, 2019). A INB é detentora dos direitos minerários da jazida, localizada nos domínios da Fazenda Itataia, que tem 4.042 hectares (INB, 2020).

2. 1. 3 Impactos sociais e ambientais

Entre os municípios de Santa Quitéria e Itatira (CE) foi descoberta, em 1976, jazida de urânio e fosfato. Com a intenção de produzir 1.600 toneladas/por ano de concentrado de urânio para a geração de energia nuclear e 1.050,000 toneladas/por ano de derivados fosfatados para a produção de fertilizantes e ração animal, em 1990 foi iniciado o processo de licenciamento pela INB (MELO; MARQUES, 2014).

Após anos de tentativa e conflitos de competência para licenciar este empreendimento, em 2011 um novo processo de licenciamento foi iniciado junto ao Ibama, tendo agora à frente o “Consórcio Santa Quitéria”, formado pelas empresas INB e Galvani Indústria, Comércio e Serviço S.A (MELO; MARQUES, 2014).

Foram feitas muitas promessas de emprego, incremento do comércio, da infraestrutura local, além da promoção do desenvolvimento regional e aumento da renda atreladas à exploração da mina (SILVA; BARROS, 2013). No início, houve uma divisão de opiniões entre os moradores, mas muitos preferiram que a mina ficasse lá, intacta, permitindo que a vida continuasse, naquele território onde o sofrimento da seca e escassez de políticas públicas de apoio ao pequeno produtor calejam as suas feições, mas não impedem o sorriso largo e alvissareiro (MEDEIROS; DINIZ, 2015).

O lado emocional dos moradores foi visivelmente abalado, principalmente pela possibilidade de impacto no trabalho com a terra. Vizinhos da mina já são sabedores dos riscos que uma exposição radioativa acarreta, mas são confundidos, a todo momento, com o discurso de que não há riscos, ou de que o risco que

oferece é o mesmo oferecido pelo contato com bateria de um celular, ou ainda bem menor que a de um raio X de um dente (MEDEIROS; DINIZ, 2015).

A exploração da mineração de rocha fosfática pode promover a solubilidade e biodisponibilidade de teores naturais de metais pesados e elementos químicos no ambiente e causar contaminação, que com o passar do tempo pode gerar poluição (ANTUNES *et al.*, 2011; OBIORA *et al.*, 2016). A contaminação por metais pesados tem chamado atenção dos pesquisadores nos últimos anos devido a toxicidade, bioacumulação, persistência no solo (YU *et al.*, 2008) e efeitos desses elementos sobre os seres humanos e o meio ambiente (KELEPERTZIS, 2014).

A partir da experiência com a Nuclebras, durante a abertura das galerias para estudo e caracterização da Jazida de Itataia, foi concluído que a INB possui uma prática de omitir informações aos trabalhadores e à população sobre os riscos associados a mineração de urânio (MELO, 2015).

Existe um jogo ideológico que tenta colocar por terra os saberes acumulados ao longo do tempo, em troca de uma suposta verdade momentânea. A mídia local é utilizada em benefício do convencimento de que o normal é a exploração e que, em torno desta, só há vantagens. Para tanto, têm sido distribuídos panfletos, minicartilhas, realizadas visitas nas escolas, reuniões com as comunidades, e a rádio Itataia (rádio do município) disponibiliza espaço com frequência para a defesa das ideias do consórcio, práticas que alcançam o cotidiano das pessoas, martelando a ideologia intencionada (MEDEIROS; DINIZ, 2015).

O discurso de que não há riscos, ou a bandeira do emprego e renda que o empreendimento levanta, remete ao que Milton Santos chama de “Psicoesfera”. Os trabalhadores têm as suas convicções em relação à mina, sabem que se trata de um “dragão adormecido”, como eles mesmos dizem, mas se veem confundidos com o trabalho de convencimento que, por vezes, soa como uma ameaça, do tipo: “Se você não for a favor, ficará de fora dos benefícios que virão”, apontados pelo discurso assumido pelo governo local. Apoiando a empresa exploradora e noticiando as supostas vantagens - de emprego e renda, de melhoria da participação do Brasil na balança comercial, de diversificação da matriz energética, está o estado, lançando mão diretamente da ideologia, para organizar um consenso entre as classes (MEDEIROS; DINIZ, 2015).

Por isso, cabe aqui a reflexão sobre o Estado e o seu papel dentro da lógica do sistema, quando se constata que a sua manutenção se faz fundamentalmente

visando criar condições de regularização e produção da sociedade capitalista e, como bem disse Poulantzas: “É cada dia mais evidente que estamos enredados na prática de um estado que, nos mínimos detalhes, manifesta sua relação com interesses particulares e, conseqüentemente, bem precisos.” (POULANTZAS, 1985, p. 14).

Assim, a dinâmica que permeia o território o expõe continuamente a novas feições que vão se configurando a cada momento, de acordo com o contexto e com as correlações de forças, intensificando nos envolvidos o sentimento de identidade, de pertencimento, numa luta que, para alguns, é de defesa e sobrevivência, e, para outros, é busca de apropriação e poder (MEDEIROS; DINIZ, 2015).

Segundo Santos (2000), o território não é apenas o resultado da superposição de um conjunto de sistemas naturais e um conjunto de sistemas de coisas criadas pelo homem, é o chão e mais a população, uma identidade, o fato e o sentimento de pertencer àquilo que nos pertence. Sendo assim, o território é a base do trabalho, da residência, das trocas materiais e espirituais da vida, sobre os quais ele influi.

Ao passo que as empresas buscavam obter autorização ambiental para o empreendimento, comunidades que vivem próximas à jazida, movimentos e entidades sociais, como o Movimento dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais sem Terra (MST), a Comissão Pastoral da Terra (CPT) e a Cáritas Diocesana de Sobral, passaram a questionar a viabilidade socioambiental do projeto (MELO, 2015).

O impacto socioambiental é entendido, geralmente, como as ações de interferências introduzidas no meio natural e social pela ação humana (MONTEIRO, 2017).

Com efeito, podemos afirmar de outro modo que os impactos socioambientais sentidos pelas populações atingidas são efeitos de políticas de desenvolvimento que nascem e se concretizam na relação entre o Estado e as organizações multinacionais (MONTEIRO, 2017). Em uma perspectiva legalista, a definição de impacto ambiental dada pelo artigo 1º do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA no 1/86 – afirma:

“Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que,

diretamente ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança, e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais.”

A mineração do urânio visa o desenvolvimento local, mas tem como meta atender à demanda da região mais industrializada do país, fornecendo combustível para as usinas nucleares situadas no Rio de Janeiro, enquanto o fosfato permitiria uma autonomia na produção de fertilizantes para atender aos interesses do agronegócio (MONTEIRO, 2017).

O governo estadual, através da Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE), investirá em obras de infraestrutura, como pavimentação das estradas que dão acesso ao local da mina, adutora de água e fornecimento de energia (MONTEIRO, 2017).

Dentre os modos de legitimação do desenvolvimento do semiárido pelo PSQ, foram usados o discurso da redenção propriamente, que ressaltou a geração de empregos que virá com o empreendimento e as suas vantagens econômicas e fiscais para o município; o discurso da abundância dos bens naturais, como urânio e fosfato, que justificaria por si só a mineração destes; e o discurso da sustentabilidade, que defendeu a opção da geração de energia nuclear como mais limpa e sustentável (MONTEIRO, 2017). Além desses, houve ainda a produção de um discurso produtor que respondeu aos interesses do agronegócio de produzir fertilizantes a partir do fosfato associado ao urânio (MONTEIRO, 2017).

Referente à geração de energia nuclear, os impactos são sempre abrangentes e incomensuráveis. É recorrente a menção aos acidentes que estão relacionados ao funcionamento das usinas nucleares e às condições de armazenamento do lixo radioativo para dimensionar esses impactos (SILVA; BARROS, 2013).

Apesar do lugar secundário que os impactos da mineração do urânio ocupam na literatura especializada, a exploração mineral é uma atividade altamente impactante e transformadora do meio ambiente, gerando profundas modificações no meio físico, social e cultural no qual ela se desenvolve. Atrai milhares de trabalhadores, altera as dinâmicas socioeconômicas de uma região, modifica a paisagem natural, e as relações políticas entre comunidade e poder público são reconfiguradas mediante a existência do poder econômico do consórcio, causando

algum tipo de dano ao meio ambiente e à população (Figura 1) (MONTEIRO, 2017).

Figura 1 - Impactos causados pela instalação das Usinas

Alteração/Problema	Consequência	Repercussões sobre a Saúde Humana
<p>1. Comprometimento do acesso aos bens naturais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terra/território/moradia • Água • Biodiversidade 	<p>Ameaça à soberania e a segurança alimentar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Repercussões sobre o estado de saúde como um todo • Distúrbios nutricionais: desnutrição, subnutrição, obesidade • Aumento da mortalidade infantil • Maior vulnerabilidade a doenças
<p>2. Indução de processos de migração compulsória:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expulsão/inviabilização da permanência na terra • Atração do emprego 	<p>Alteração do modo de vida:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formas de sociabilidade • Trabalho • Padrões alimentares • Hábitos de vida 	<p>Exposição a diferentes formas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Violência • Exploração sexual • Gravidez indesejada e de adolescentes • Doenças sexualmente transmissíveis • Difusão do comércio e uso de drogas • Desagregação da família • Sofrimento psíquico • Doenças mentais: depressão, suicídio
<p>3. Processo de produção e trabalho</p>	<p>Introdução de riscos tecnológicos nos ambientes de vida e trabalho, de natureza:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Física • Química • Biológica • Mecânica • Psicossocial 	<ul style="list-style-type: none"> • Desastres • Acidentes de trabalho • Acidentes de trânsito • Intoxicações agudas • Câncer, malformações congênitas, doenças pulmonares, renais, neurológicas, endócrinas, etc

Fonte: (RIGOTTO *et al*, 2014, p. 27).

2. 1. 4 Quem foram os trabalhadores

Assentamentos e demais comunidades diretamente atingidas vivem da agricultura e, no seu cotidiano, ainda têm que lutar por assistência ao crédito e à técnica. Eles valorizam as conquistas já alcançadas, como o banco de sementes

crioulas, os quintais produtivos, as cisternas de placas e todos os projetos já conquistados que vieram a beneficiar a vida camponesa. Todos já enfrentam as dificuldades habituais da vida no semiárido, e, com estas, eles sabem lidar. Todavia, assombram-se com a possibilidade do perigo de ter uma exploração de urânio no seu entorno (MEDEIROS, DINIZ, 2015).

No Sertão Central do Ceará localizam-se as comunidades diretamente impactadas pela Mina de Itataia. Contabiliza-se, aproximadamente, seis mil famílias, distribuídas em 27 comunidades no município de Santa Quitéria e 15 no município de Itatira, que ficam a uma distância média de 20 km da Mina de Itataia (SILVA; BARROS, 2013).

Com a promessa de “desenvolvimento” da região, os governos municipal, estadual e federal, barganhados por um consórcio entre a estatal INB e a mineradora privada Galvani, fizeram discursos, desde a década de 1970, relacionando a Mina de Itataia ao progresso das comunidades, impondo o Projeto de Extração de Urânio e Fosfato (Projeto Itataia) (SILVA; BARROS, 2013).

Das 27 comunidades atingidas diretamente pelo empreendimento, quatro eram de assentamentos, famílias que saíram do regime de servidão e viviam com liberdade e num processo de reaprender a viver no coletivo. Nas outras comunidades, à exceção dos pequenos proprietários, as famílias ainda moravam e trabalham em terras de patrão, subordinadas à lei do latifúndio. Apesar desta realidade, existe uma forte cultura camponesa arraigada na vida das pessoas: o roçado, o criatório de pequenos animais, as festas religiosas, as cacimbas, as cisternas, a casa de sementes, as reuniões e as celebrações, entres outras, são ações diárias de homens e mulheres que fazem e vivem a vida naquelas comunidades (SILVA; BARROS, 2013).

2. 1. 4 . 1 Município de Itatira

Itatira pertence à macrorregião do Sertão Central do Ceará e à microrregião de Canindé e cerca de 216 km distante de Fortaleza (RIBEIRO, 2016). Itatira tem uma extensão territorial de aproximadamente 716 km² que se encontram limitados pelos municípios vizinhos de Boa Viagem, Santa Quitéria, Canindé e Madalena (SILVA; BARROS, 2013).

Significativamente menor que o município de Santa Quitéria, Itatira tem uma

uma população de 19.861 habitantes, sendo 52,8% a população urbana e 47,2% os que vivem no campo (IPECE, 2014). São distritos de Itatira as localidades de Bandeira, Cachoeira, Morro Branco, Itatira (distrito sede), além de Lagoa do Mato que é destaque por ser a mais estruturada (RIBEIRO, 2016).

O nome de Itatira é derivado do Tupi, Ita (Pedra) e Tira (Áspero), e significa pedra de aparência áspera e faz referência à paisagem da região, com grandes serras de pedra (TORRES, 2015). O município tem suas raízes na cultura indígena, já que a Serra do Machado foi habitada pelos índios Kanindé e, provisoriamente, pelos Jenipapo-Kanindé (SILVA; BARROS, 2013).

O relevo de Itatira é caracterizado por depressões sertanejas e maciços residuais, tendo destaque as regiões serranas se localizando no alto da Serra do Machado, possuindo clima frio e temperado (SILVA; BARROS, 2013). O relevo e o clima diferenciado dessas regiões tiveram importante papel na ocupação de Itatira, pois ofereciam condições favoráveis à agropecuária e as culturas do algodão, maniçoba, café e algumas leguminosas (TORRES, 2015). Assim como em Santa Quitéria, a ocupação histórica de Itatira foi marcada pelo latifúndio e pela exploração do trabalho de negros e nativos nas grandes fazendas, fato que marca a história de várias comunidades camponesas do município (SILVA; BARROS, 2013).

Atualmente a economia do município é baseada na agricultura (feijão, milho, mandioca e mamona), no setor da pecuária (com a criação de bovinos, ovinos, suínos e avícolas) e de serviços, sendo, juntos, importantes fontes de renda para o município (SILVA; BARROS, 2013; RIBEIRO, 2016).

Apesar de ter 63 anos de emancipação política, mesmo em comparação com outros municípios da região com menos tempo de autonomia, Itatira ainda possui considerável dependência de Canindé, principalmente no tocante ao comércio e à saúde; serviços básicos, como o recebimento de benefícios sociais, são realizados no município, mas sem comportar a demanda (SILVA; BARROS, 2013). Em contraponto, Itatira é culturalmente rico, mas pouco desenvolvido na preservação e reprodução dessa cultura devido à falta de incentivo e iniciativa dos gestores municipais.

Tomando como base, os dados do IBGE, no município, o grupo de pessoas com 15 anos ou mais de idade que não sabem ler e escrever é de 4.176, sendo a taxa de analfabetismo da população de 32,6 % (SILVA; BARROS, 2013). A população extremamente pobre do município, com renda per capita mensal de até

R\$ 70,00, perfazia um total de 7.554, que representava 39,98% da população, divididos entre a área urbana (3.197, ou seja, 33,57%) e a zona rural (4.357, representando um percentual de 46,49%). Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM), em 2008, era de 22,81 e sua colocação no ranking de posições era o número 137 (MEDEIROS, DINIZ, 2015).

Mesmo possuindo áreas serranas onde se encontram várias nascentes de rios, o município de Itatira também vive o drama da escassez de água. O abastecimento de água em Itatira se dá principalmente através de poços tubulares e pequenos açudes, além da adutora que vem da Barragem Umari, no município vizinho, Madalena. Há também o açude João Guerra, com capacidade de 4.430.000 m³ (RIBEIRO, 2016; MEDEIROS, DINIZ, 2015). Devido ao cenário de seca na região, atualmente os carros-pipa têm centralidade no abastecimento hídrico para as famílias de Itatira, que não é o mais adequado devido à qualidade e quantidade de água oferecidas (RIBEIRO, 2016).

Além dos riscos à biodiversidade local, gerados por atividades depredatórias da natureza, outras ameaças pairam sobre a população do município, como a poluição de alguns reservatórios hídricos e a possibilidade de exploração da mina de urânio e fosfato nos limites com o município de Santa Quitéria (SILVA; BARROS, 2013; RIBEIRO, 2016).

2. 1. 4. 2 Município de Santa Quitéria

O município de Santa Quitéria está situado no bioma caatinga, pertence à macrorregião do Sertão Central do Ceará (IPECE, 2014) e faz divisa com os municípios de Boa Viagem, Canindé, Catunda, Cariré, Forquilha, Groaíras, Hidrolândia, Itatira, Madalena, Monsenhor Tabosa, Pires Ferreira, Sobral e Varjota (RIBEIRO, 2016).

Com uma extensão territorial de 4.260 Km², Santa Quitéria é o maior município do Estado do Ceará, distante 222 km de Fortaleza. (RIBEIRO, 2016, SILVA; BARROS, 2013). Sua população total chega a 42.822 habitantes, sendo 22.260 (52,05%) residentes da área urbana e 20.503 (47,95%) residentes do campo (IPECE, 2014).

Santa Quitéria pertence quase que inteiramente à Bacia Hidrográfica do Acaraú, que tem seu principal rio, o Acaraú, com nascentes na Serra do Machado

em Itatira, abrangendo integralmente a área de 11 municípios e, parcialmente, a de outros 17 municípios (PLANERH, 2005 *apud* COGERH, 2010), dentre os quais está Santa Quitéria, com 96,84% de sua área territorial pertencente à Bacia (PACTO DAS ÁGUAS, 2009 *apud* COGERH, 2010). Outro rio tem destaque para o município é o Rio Groaíras, um dos principais afluentes do Rio Acaraú e onde foi construída em seu leito a Barragem Edson Queiroz, ou Açude Serrote como é popularmente conhecido o reservatório de água que abastece o município e que tem capacidade de 250,5 hm³ (CEARÁ, 2015).

De clima semiárido, Santa Quitéria possui um baixo índice pluviométrico, com chuvas que geralmente ocorrem entre os meses de fevereiro e abril. Seu relevo é caracterizado por depressões sertanejas e maciços residuais. Sua vegetação é caracterizada pela caatinga, numa vegetação arbustiva aberta ou em florestas caducifólias espinhosas (IPECE, 2014). Derivado do tupi ka'a - mata; tinga - branca, a “mata branca” pode parecer sem vida aos olhares, já que o verde das folhas e as próprias folhas, em períodos secos, não são características predominantes dessa vegetação, que é altamente adaptada ao ambiente e berço de uma grande biodiversidade (RIBEIRO, 2016).

Quanto à riqueza mineral, nas terras de Santa Quitéria foram registradas ocorrências de coridon, ametista, berilo, calcita, granada, calcário, mármore e, por último, o fosfato e o urânio (SILVA; BARROS, 2013).

O nome da cidade é uma homenagem a Santa Quitéria, mártir do século II e habitante da Lusitânia (SILVA; BARROS, 2013). A história da ocupação em Santa Quitéria é marcada pela agricultura e pecuária, e por grandes concentrações de terra (SILVA; BARROS, 2013). É a partir das ocupações de terra impulsionadas pelo Movimento dos Trabalhadores e MST e por trabalhadores e trabalhadoras organizados nos Sindicatos Rurais que essa realidade começa a mudar (SILVA; BARROS, 2013), originando assentamentos estaduais e federais, e as vilas e bairros rurais.

Atualmente, os quiterienses vivem das transferências diretas e indiretas de recursos federais e estaduais (aposentadorias, Bolsa-Família, FPM etc.), bem como dos empregos públicos que injetam recursos diretamente na economia; a movimentação financeira fica por conta do comércio e serviços. (SILVA; BARROS, 2013).

As famílias que vivem no campo têm como principal atividade a agricultura

(algodão arbóreo e herbáceo, mamona, milho e feijão) e a criação de animais. Dessa forma, os desafios são grandes, pois falta incentivos para as famílias camponesas que já possuem a terra e muitas ainda não tem sequer a terra, vivem em fazendas trabalhando apenas para o patrão e sobrevivendo dia a dia. Essas famílias possuem renda per capita de aproximadamente R\$ 162,00 (SILVA; BARROS, 2013).

2. 1. 4. 2. 1 Comunidade de Barriguinha

2. 1. 4. 2. 2 Comunidade de Morrinhos e Queimadas

As comunidades de Morrinhos e Queimadas estão localizadas a uma distância aproximada de apenas 3 km da jazida de Itataia, sendo as mais próximas e, reconhecidamente, as mais susceptíveis aos impactos do empreendimento (MELO, 2015).

É viva na memória de moradores dos assentamentos de Morrinhos e Queimadas, localizados a cerca de 3 km da jazida, experiências durante a na fase de pesquisa e caracterização de Itataia, uma vez que muitos deles trabalharam na construção das estruturas de suporte e na abertura de galerias subterrâneas. Relatam casos de violência física e verbal por parte de engenheiros da INB vindos de outros estados, de mulheres que foram abandonadas junto com filhos de relacionamentos com estes funcionários, um de acidente ocupacional que resultou em morte de um dos trabalhadores moradores de assentamento e falta de informações sobre riscos do trabalho com minerais radioativos (MELO, 2015).

Em Teixeira (2013) encontramos relatos de que os primeiros moradores de Morrinhos e Queimadas chegaram a estas localidades em 1966, em conjunto com o Luiz Pimentel. Este acabou por comprar as terras de Egberto Rodrigues, porém, após sua morte, houve uma disputa pela propriedade das terras e tentativas violentas de expulsão dos moradores que nela se encontravam. Tendo estabelecido ali sua vida e sem alternativas de outro lugar para onde ir, vários moradores resistiram às ameaças de violência física e em contato com sindicatos rurais passaram a lutar pela desapropriação da terra, realizada pelo INCRA no ano de 1994.

Em Morrinhos e Queimadas houve o contato da comunidade com os

pesquisadores responsáveis pelo levantamento de dados sobre a região para fins de produção do EIA/RIMA, que se iniciou por volta de 2011. Os moradores relatam que algumas pessoas trabalharam nessa ocasião como mateiros e guias das equipes responsáveis pelo estudo, registrando e coletando amostras de todas as espécies vivas que encontraram, e também que montaram equipamentos para coleta de dados sobre qualidade das águas, direção dos ventos, composição da poeira e índices de radiação nas comunidades. Porém, os moradores questionam o fato de que nenhum desses dados ou resultados das pesquisas jamais foram apresentados às comunidades, a partir do que compreendem que as empresas omitem informações delas, como podemos observar na fala abaixo (MELO, 2015).

Assentamento Morrinhos, situado na caatinga, integra o município de Santa Quitéria, Morrinhos se situa na confluência com Lagoa do Mato, distrito de Itatira, a 54,2 km da sede municipal (FROTA, 2014).

Oficializado como assentamento em 1995, Morrinhos começou com 28 famílias cadastradas junto ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e atualmente possui 52 famílias. A história do assentamento e da comunidade é uma história de conquista da terra através de muita luta por parte de seus moradores mais antigos, que enfrentaram a ganância do mercado de terras para garantir a permanência em seus territórios (RIBEIRO, 2016).

A comunidade atualmente se organiza como uma vila, tendo suas casas construídas em torno de uma rua principal. Com relação à oferta hídrica, o assentamento possui a estrutura de um açude. Morrinhos possui também um poço profundo que tem vinculado a ele um projeto de dessalinizador que o assentamento até já possui, mas encontra dificuldades na instalação junto ao governo do estado. Enquanto isso, o abastecimento de água está sendo suprido através de carros-pipa num número de 23 a 24 carros-pipa por mês para toda a comunidade. Todas as casas em Morrinhos já possuem as cisternas de placa de 16 mil litros (RIBEIRO, 2016).

A comunidade de Queimadas é um assentamento estadual e, diferentemente dos assentamentos federais não consolidados, em Queimadas os assentados são também os donos de suas terras (RIBEIRO, 2016). A história da comunidade de Queimadas é próxima à da comunidade de Morrinhos, já que são assentamentos vizinhos e antigas fazendas que pertenciam ao mesmo dono.

Os moradores são todos agricultores e pequenos criadores. Na produção

tem-se milho e feijão para consumo próprio, a mamona, que é comercializada com a Petrobras por meio de um convênio relacionado ao Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). As criações em sua maioria são de caprinos, suínos e ovinos, sendo bem poucos os que ainda criam o gado. Com relação ao abastecimento de água, todas as casas de Queimadas possuem as cisternas de placa de 16 mil litros. Há também dois poços em funcionamento no assentamento, mas assim como nas demais comunidades camponesas da região, o abastecimento de água atualmente vem sendo garantido através de carros-pipa que trazem água do Açude Edson Queiroz.

2. 1. 5 Resistência das comunidades à Usina de Santa Quitéria

Com o intuito de contribuir e proporcionar o debate e investigar sobre os impactos socioambientais da Mina de Itataia e, ao mesmo tempo, criar alternativas de enfrentamento e construir caminhos concretos capazes de empoderar as famílias das comunidades atingidas diretamente, nasce, no início de 2011, a Articulação Antinuclear do Ceará (AANCE), composta pelo MST, a CPT, a Cáritas Diocesana de Sobral e o Núcleo Trabalho, Meio Ambiente e Saúde da Universidade Federal do Ceará (TRAMAS-UFC), além de, atualmente, contar com a participação direta de membros das comunidades impactadas e entidades parceiras como a Paróquia de Santa Quitéria e o Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais de Santa Quitéria (SILVA; BARROS, 2013; MELO; MARQUES, 2014).

A AANCE tem como princípios básicos de ação a formação e mobilização das comunidades atingidas diretamente; contribuir na divulgação dos impactos ou antecipação de riscos; intercâmbio entre as comunidades atingidas no Ceará e as comunidades de Caetité na Bahia; acompanhamento do Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) feito pelo IBAMA; realizar atividades e ações que possam contribuir no enfrentamento da implementação da Mina junto às comunidades (SILVA; BARROS, 2013).

No Ceará, as resistências à Mina de Itataia e ao consórcio para exploração de urânio e fosfato em Santa Quitéria começaram no ano de 2010, com a iniciativa da Cáritas Diocesana de Sobral e do Núcleo Trabalho, Meio Ambiente e Saúde (TRAMAS-UFC) que, em parceria, realizaram, na comunidade Riacho das Pedras e com a participação de outras comunidades do município de Santa Quitéria, um

encontro coordenado pelo curso de Medicina da UFC (SILVA; BARROS, 2013).

O encontro foi um trabalho de extensão para construir a cartografia social das comunidades do entorno da mina e tornou-se, também, um marco inicial para a história antinuclear no Ceará. A ideia germinou diante da ameaça, pelas empresas que farão a extração dos minérios em Itataia, aos modos de vida camponeses, que asseguram a história de vida desenhada e retratada pelas comunidades (SILVA; BARROS, 2013).

Ainda em 2010, aconteceu uma audiência, na comunidade Riacho das Pedras, articulada pela Cáritas Diocesana de Sobral e com a presença do Núcleo TRAMAS-UFC, MST, CPT e Movimento Sindical dos Trabalhadores/as Rurais, entre outros, além de comunidades do entorno da Mina. Estiveram presentes, também, a prefeitura de Santa Quitéria, a Galvani (empresa privada) e representantes da empresa estatal INB, que fizeram parte da mesa juntamente com todas as outras instituições citadas. O resultado da audiência foi negativo, pois não se chegou a qualquer consenso sobre os malefícios da extração de urânio e fosfato e, muito menos, acerca dos pontos positivos apresentados pelo governo e as empresas (SILVA; BARROS, 2013).

Figura 2 - Manifestação do MST e Articulação Antinuclear do Ceará na cidade de Santa Quitéria



Fonte: (SILVA; BARROS, 2013).

Divulgada como energia limpa e segura, a energia nuclear é, na verdade, suja, cara, perigosa e sua cadeia produtiva consome grandes quantidades de energia (extração, enriquecimento, transporte) e grande quantidade de água (MEDEIROS; DINIZ, 2015).

Apoiado em dados do Greenpeace, Cornwall (2013) nos mostra que um único reator consome entre 35 e 65 milhões de litros de água por dia, e ainda gera lixo nuclear e nos põe em risco de acidentes. Foram tristes as oportunidades em que a humanidade pôde ver a força da energia nuclear agir fora de seu controle, em decorrência de falhas no manuseio dos equipamentos com estruturas defasadas e envolvendo um reator em funcionamento (MEDEIROS; DINIZ, 2015).

O maior acidente radiológico no Brasil ocorreu em 13 de setembro de 1987, em Goiânia, onde um instrumento de uso hospitalar, descartado indevidamente, foi encontrado por catadores de ferro-velho, que, depois de rompida a estrutura de proteção e repassado adiante, gerou mortes e afetou seriamente a saúde de centenas de pessoas, além dos prejuízos materiais (MEDEIROS; DINIZ, 2015).

O projeto foi orçado em R\$ 870 milhões de reais, e recebeu financiamento público do Banco do Nordeste do Brasil e, ainda, R\$ 85 milhões em investimento do Governo do Estado para obras de infraestrutura, dentre as quais a construção de uma adutora de 54 km levando água do açude Edson Queiroz. Este reservatório tem uma vazão de 170 litros por segundo; porém, apenas para a mineração serão necessários 260 litros por segundo (1 milhão de litros de água por hora), o que coloca em questão não apenas a utilização da água, mas também a viabilidade hídrica deste projeto (COSTA, 2015)

Enquanto isso, as comunidades no entorno do projeto têm que conviver com o abastecimento de água através de carros-pipa. Para termos uma ideia do que isto significa, o que o Projeto Santa Quitéria consumirá equivale a 115 carros-pipa por hora, enquanto as comunidades que há anos reivindicam uma adutora recebem em torno de 26 à 36 carros-pipa por mês. Isso significa que, em apenas um dia este projeto consumirá mais de 70 vezes a quantidade de água que as comunidades dali recebem por mês (MELO; MARQUES, 2014).

Para além do consumo exacerbado e discrepante estão os riscos de contaminação através de acidentes como vazamentos, derramamentos e desastres relacionados à precipitações⁵. O projeto prevê que a localização da pilha de estéril e fosfogesso estarão à montante do açude Quixaba e sobre um curso d'água, o que, em caso de acidente, levaria Rádio 226 e Rádio 228, ambos solúveis em água, contaminando a água da região, podendo inclusive alcançar o lençol freático (MELO; MARQUES, 2014).

Nenhum desses riscos foram citados no EIA-RIMA apresentado, sendo ste e

vários outros dados e análises que não constam no EIA-RIMA detalhadamente questionados em representação apresentada pelo Núcleo Tramas (Trabalho, Meio Ambiente e Saúde para a Sustentabilidade) da Universidade Federal do Ceará e outras entidades ao Ministério Público Federal. Itataia representa a injustiça hídrica em duas vertentes: no que se refere à quantidade, no balanço injusto da distribuição do acesso à água, e, em termos de qualidade, onde existe a possibilidade de sua (da água) contaminação radioativa (MELO; MARQUES, 2014).

2. 1. 6 Metais pesados

2. 1. 6. 1 Implicações da exploração de metais pesados

A exploração de minerais e metais podem causar alterações nos teores naturais de metais pesados no ambiente. A prática da mineração pode, assim, resultar em rejeitos de resíduos, representando um significativo risco pela sua possível toxicidade para o solo, água, plantas e organismos vivos. A contaminação a partir da resistência ao tempo, processos de lixiviação de rejeitos e inadequado tratamento das minas, aliados à drenagem deficiente, contribui com grandes quantidades de elementos e metais pesados para os compartimentos ambientais, e pode ser disponibilizado às plantas, através das suas formas trocáveis (CUNHA, 2017).

A jazida de urânio (U) e fosfato (PO₄) em Itataia-CE, é, atualmente, o desafio mais importante da mineração cearense. As imensas e diversificadas jazidas de natureza fósforo-uranífera, ricas em carbonato de cálcio (calcários), são fontes de matéria prima para produção de fertilizantes essenciais para agricultura, sendo, portanto, considerada como a de maior potencialidade mineral do Estado. Além da produção de insumos agrícolas, a geração de energia nuclear será outro fator importante do empreendimento, no qual contribuirá para a diversificação dos tipos de energia gerada no Brasil, redução da importação e aumento de emprego e renda (CUNHA, 2017).

Apesar da importância econômica, existe preocupação ambiental com a deposição de rejeitos, principalmente no acúmulo de minério ao longo das extrações e, com isso, afetar os ciclos naturais, a distribuição espacial e a dinâmica de metais pesados e elementos nos solos da área. Além disso, este aporte pode resultar em grandes mudanças associadas à solubilidade e disponibilidade de metais, que poderão ser facilmente absorvidos pelas raízes e estocados nas paredes celulares das plantas, ou podem ser simplesmente lixiviados, atingindo e contaminando as fontes de água próximas a local sob influência da mineração. Deste modo, a definição de biodisponibilidade requer uma compreensão do funcionamento dos processos não somente no solo, mas também na interface solo-água-plantas (CUNHA, 2017).

2. 1. 6. 2 *Poluição do solo e água pela mineração*

As atividades industriais têm o potencial de causarem contaminação e/ou poluição dos diversos compartimentos ambientais por substâncias tóxicas, sendo o solo e água os compartimentos ambientais mais afetados pelo processo de mineração.

Na contaminação há a presença de substâncias em concentração nocivas no ambiente que provoquem doenças ao ser humano, porém, que não alteram as relações ecológicas do meio ao longo do tempo (NASS, 2002). A poluição, por sua vez, é uma alteração ecológica causada por estas substâncias nocivas ou seres patogênicos, uma mudança desencadeada pelo ser humano na relação entre os seres vivos, afetando direta ou indiretamente a vida ou o bem-estar, como danos a água e ao solo, impedimento, assim, o uso dos recursos naturais (NASS, 2002).

A interligação rejeito - solo - lençol freático compromete a qualidade do solo e da água subterrânea, devido à presença significativa de metais pesados, impedindo, assim, o seu consumo (CAI *et al.*, 2013). Quanto maior for a quantidade de metais no ambiente, maior será a entrada desses elementos na cadeia alimentar, resultando em maiores efeitos danosos à saúde (CHANG *et al.*, 2008).

O solo atua como um tampão natural por meio do controle e transporte de elementos químicos e substâncias para a atmosfera, hidrosfera e biosfera (HUANG *et al.*, 2009). No ambiente aquático, alguns metais podem sofrer transformações

físicas, químicas e biológicas, podendo se associar a partículas de matéria orgânica, e assim precipitar e acumular nos sedimentos (LUNG; LIGHT, 1996).

Na exploração de uma mina, o minério bruto, que estava profundamente enterrado, é descoberto e empilhado em áreas locais e até mesmo em terras agrícolas. Esses resíduos estão altamente enriquecidos com metais pesados e representam uma ameaça para as águas subterrâneas próximas, córregos e terrenos agrícolas se forem mal manejados (SILVA; BARROS, 2013).

Estes incidentes ocorrem devido os processos de oxidação e redução que acontece nos rejeitos das minas, os quais geram a chamada drenagem ácida das rochas, que lixivia grandes quantidades de metais pesados, ameaçando a qualidade das águas subterrâneas e superficiais (CONCAS *et al.*, 2006). A drenagem ácida aumenta a mobilidade dos metais, principalmente em localidades perto das fontes de contaminação, podendo haver contaminação de forma secundária dos solos (GARCÍA- LORENZO *et al.*, 2014).

Os metais contidos em rochas subsuperficiais ou expostos em minas subterrâneas entram em contato com água, de pH baixo, a partir da erosão e posteriormente sedimentação, contaminando-os, sendo a topografia e as condições meteorológicas regionais e locais responsáveis por desempenhar um papel importante no processo de poluição (NAVARRO *et al.*, 2008).

Além disso, a contaminação de solo por metais pesados também pode ser causada pela emissão de pó de carvão produzido durante a exploração de minério (BHUIYAN *et al.*, 2010).

2. 1. 7 Urânio (U)

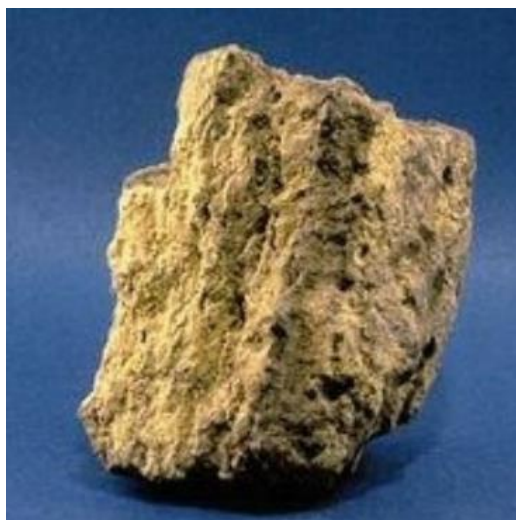
O elemento químico urânio é representado na tabela periódica pela letra (U) e apresenta 92 prótons, 92 elétrons, entre 135 e 148 nêutrons e uma densidade de $11,3 \text{ g cm}^3$, sendo considerado o metal mais pesado (LOTTERING *et al.*, 2008).

Foi descoberto em 1789 pelo Químico Alemão Martin Heinrich Klaproth (1743-1817), seu nome deriva do planeta Urânio, que na Mitologia Grega significa “Pai Celestial” (HORE-LACY, 2015; GUIMARÃES *et al.*, 2010; DURAKOVIAE, 1999).

O U se caracteriza por ser um metal branco-prateado e denso (Figura 3), encontrado naturalmente no solo e rochas; possuindo traços em águas e alimentos de muitas regiões no mundo; e dentre os elementos de ocorrência natural é o que

apresenta a maior massa atômica (Tabela 1) (KONIETZKA, 2015).

Figura 3 - Minério de urânio



Fonte: Hore-Lacy, 2015.

Tabela 1 - Principais Propriedades Físicas do Urânio

Propriedades	
Símbolo	U
Número Atômico	92
Raio Atômico	240
Massa Atômica (g mol ⁻¹)	238,029
Configuração eletrônica	[Rn], 7s ² , 5f ³ , 6d ¹
Ponto de Fusão (°C)	1135
Ponto de Ebulição (°C)	4131
Densidade	18,9

Fonte: Periodic Table of Elements: LANL. Disponível em: <<http://periodic.lanl.gov/92.shtml>>

Encontra-se na crosta terrestre em forma de minerais, sendo os principais tipos de minerais de urânio, a Pechblenda, a Uraninita, a Carnotita, a Autunita e a Torbenita (LOTTERING *et al.*, 2008).

Os compostos de U são particularmente resistentes à degradação química e bioquímica, sendo considerados recalcitrantes. Além disso, possuem uma meia-vida longa na água, no solo e nos sedimentos, causando grande impacto ao ecossistema (CUNHA, 2017; AZEVEDO; CHASIN, 2004).

São encontrados naturalmente no meio ambiente principalmente na forma de óxidos misturado à argila, enxofre e outras impurezas, que, ao sofrerem degradação, resultam em produtos com toxicidade maior que o mineral o qual deu origem (AZEVEDO; CHASIN, 2004).

É considerado um elemento químico instável, sendo que seus dois isótopos naturais ^{238}U e ^{235}U dão origem a cadeias de decaimento radioativo, com um período de meia-vida que varia entre 713 milhões de anos para o ^{235}U e de 4,5 bilhões de anos para ^{238}U (BONOTO; SILVEIRA, 2006).

Entre os isótopos, o de maior importância é o urânio-235, pois é o único que pode sofrer uma reação de fissão nuclear e sustentar uma reação em cadeia (PRAT *et al.*, 2010; BEM; BOU-RABEE, 2004; BLEISE *et al.*, 2003). Uma tonelada desse metal na natureza contém apenas 7 quilos de urânio-235 (U-235), que poderá gerar energia nuclear. O principal composto restante é o menos aproveitável urânio-238 (U-238) que permanecerá no ambiente durante muito tempo com sérios riscos de radiações (SILVA; BARROS, 2013).

Em contato com o ar, o urânio tende a apresentar coloração escura devido à formação de uma fina camada de óxido, e pode inflamar-se espontaneamente à temperatura ambiente no ar, oxigênio e água. Sua oxidação pode provocar uma explosão, sendo o limite inferior para explosão de nuvens de pó de urânio de 55 mg / L (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2009; GAVRILESCU, 2009). O Urânio reage com a maioria dos elementos não-metálicos como um agente redutor forte (GAVRILESCU, 2009).

Na mineração, esses minérios são tratados para obtenção do Yellow Cake, uma mistura de óxidos de urânio de onde é extraído o urânio puro. Suas aplicações são variadas, indo de fotografia a indústria madeireira, mas, a sua principal aplicação é o uso na produção de energia, a Energia Nuclear (SILVA; BARROS, 2013).

O urânio é utilizado na indústria bélica (bombas atômicas e espoleta para bombas de hidrogênio) e na construção de usinas nucleares, com o objetivo de geração de energia elétrica (DURAKOVIAE, 1999). E quando empobrecido ou depletado (UE) é um subproduto da indústria nuclear utilizado na fabricação de armas (BAILEY *et al.*, 2015; NRC, 2008).

Os países com maior potencial de recursos de urânio são: Austrália, Cazaquistão, Canadá, Rússia, África do Sul, Nigéria e Brasil (INB, 2020).

O Brasil se destaca na produção de U e possui recursos significativos desse elemento, o que leva o país a ocupar a sétima posição em reserva natural do planeta, tendo capacidade de produção de 400 toneladas/ano, com recursos da ordem de 309.000 toneladas de urânio contido (U_3O_8), distribuídas entre os estados da Bahia, do Ceará e outros (Figura 4). (INB, 2020).

Figura 4 - Localização geográfica das reservas brasileiras de Urânio.



Fonte: INB, 2020.

Estima-se que os recursos sejam ainda maiores, uma vez que menos de um terço do território brasileiro foi alvo de pesquisas minerais. A região Norte do país tem potencial para abrigar mais de 300 mil toneladas de urânio e já foram identificadas potenciais áreas em Pitinga (Amazonas), onde o urânio encontra-se associado a outros minerais, e no Pará (INB, 2020).

No Brasil, nas instalações das INB, o urânio é enriquecido até 5% para a fabricação de elementos combustíveis usados nos reatores nucleares, tendo como finalidade de geração de energia elétrica (INB, 2019).

O primeiro complexo de mineração e processamento de urânio construído no Brasil encontra-se em Poços de Caldas, sul de Minas Gerais, desde 1982; e em 1995 a unidade da INB em Caldas encerrou a produção de urânio, entrando então na fase de descomissionamento. Sua produção tem sido empregada no reator nuclear de Angra I e em programas de desenvolvimento tecnológico (GOMES *et al.*,

2003).

O Nordeste é o principal extrator, principalmente, em jazidas no Ceará, onde há a presença de 142 mil toneladas de minerais associados a fosfatos.

2. 1. 7. 1 Efeitos tóxicos do U

A radiação ionizante do urânio pode interferir nas funções celulares em todos os níveis de organização da célula, induzindo toxicidades química e radiológica e envenenamento de baixa intensidade (inalação ou absorção pela pele) (LOURENÇO *et al.*, 2013; CHAUDHRY, 2008). O urânio produz envenenamento de baixa intensidade (inalação, ou absorção pela pele), produzindo também efeitos colaterais, tais como: náusea, dor de cabeça, vômito, diarreia e queimaduras, além de atingir o sistema linfático, sangue, ossos, rins e fígado (LOURENÇO *et al.*, 2013; DURAKOVIAE, 1999). Acrescenta-se ainda possíveis efeitos mutacionais no DNA resultantes de baixas doses de radiação (CHAUDHRY, 2008).

Seu efeito no organismo é cumulativo (o mineral é depositado gradualmente, sobretudo nos ossos), e a radiação assim exposta pode provocar o desenvolvimento de neoplasias. Em trabalhadores de minas, são frequentes os casos de câncer no pulmão (LOURENÇO *et al.*, 2013; DURAKOVIAE, 1999).

A radiação emitida pelo U pode afetar diretamente o DNA, através da deposição de energia, ou indiretamente, ionizando outras moléculas estritamente associadas com ela, como o oxigênio (O₂) e o Hidrogênio (H) formando radicais livres que facilmente quebram as ligações químicas no interior das biomoléculas (MILLER *et al.*, 2009; HARLEY, 2001; NEWMAN, 1998).

O Urânio empobrecido é um metal pesado radioativo e pirofórico, 1,7 vezes mais denso que o chumbo, e consiste em um elemento onde o isótopo ²³⁵U do urânio natural é parcialmente retirado, sendo utilizado como combustível nuclear. Compostos típicos de urânio empobrecido contém 99.8% da partícula ²³⁸U com meia vida radioativa de 4.5 × 10⁹ anos, e 0.2% da partícula ²³⁵U com meia vida radiativa de 700 milhões de anos. (SCHRODER *et al.*, 2003).

O Urânio empobrecido é radioativo e venenoso. Exposição a altos níveis deste elemento aumenta a incidência de alguns tipos de câncer, como o câncer de pulmão e leucemia, além de causar danos aos rins (WHO, 2001). O urânio solúvel é excretado preferencialmente pelos rins, o que explica sua ocorrência na urina e sua

nefrotoxicidade (SCHRODER *et al.*, 2003).

A exposição humana ao U empobrecido se deu principalmente nas Guerras do Golfo e dos Balcãs, onde este elemento passou a ser utilizado para a fabricação de munição para armas. Alguns veteranos dessas guerras desenvolveram uma síndrome chamada caracterizada por fadiga crônica, dor de cabeça, depressão, perda de memória e outros defeitos cognitivos, distúrbios do sono, agitação, desordens respiratórias e gastrointestinais, dores musculares e nas articulações, doenças da pele e febre intermitente. Acredita-se que muitos destes sintomas sejam devidos à exposição a altos níveis de urânio empobrecido (STRAND *et al.*, 2014; GUIMARÃES *et al.*, 2010; GAO, 2000).

Alguns efeitos que podem ter relação com a exposição a altos níveis de urânio empobrecido foram observados, sendo relatada a presença de *amplicons*, pedaços de DNA ou RNA que são fonte e/ ou produto de eventos de amplificação ou replicação, em células sanguíneas de veteranos da Guerra do Golfo (URNOVITZ *et al.*, 1999). Também foram relatados em outros estudos com veteranos da Guerra do Golfo diminuições no número de células imunocompetentes (ZHANG *et al.*, 1999), diminuição da capacidade em detoxificar inseticidas organofosforados, aberrações cromossômicas e trocas entre cromátides irmãs, encontradas em metáfases de linfócitos do sangue periférico (MACKNESS *et al.*, 2000).

Hahn e colaboradores (2002), demonstraram que ratos machos Wistar desenvolveram reações proliferativas locais e sarcomas, quando implantados com fragmentos de urânio empobrecido.

Em um estudo realizado por Milacic e colaboradores (2004) foi feito uma série de testes em residentes da antiga República da Iugoslávia (Sérvia e Montenegro), onde uma grande quantidade de urânio empobrecido foi utilizada durante o processo de separação em 1999. Dentre os testes foram feitos análise de amostras de sangue de residentes de áreas contaminadas por urânio empobrecido, através de análise espectrofotométrica, contagem sanguínea, observação de mudanças morfológicas celulares, atividade enzimática leucocitária e análise de aberrações cromossômicas. Foram encontradas alta incidência de aberrações cromossômicas e células envelhecidas, uma diminuição na contagem de células sanguíneas em apenas algumas amostras, mudanças morfológicas nucleares e citoplasmáticas e diminuição da atividade leucocitária enzimática em células com aberrações cromossômicas e alterações nucleares.

Com relação acinética de absorção, distribuição e excreção de urânio e seus compostos irá depender da forma química do composto, sendo sua absorção baixa por todas as vias de exposição (inalação, oral e dérmica), já nos fluidos corporais, o urânio geralmente está na forma do cátion bivalente uranila - UO_2^{2+} ; formando complexos com íons citrato e bicarbonato, ou com proteínas plasmáticas; sendo rapidamente absorvido pelos tecidos ou excretado na urina (SINGH *et al.*, 2008).

Entretanto, independente da via de penetração, a toxicidade é sobretudo de ordem química, afetando principalmente o rim, por ser órgão preferencial para a sua acumulação e toxicidade química. Assim, um sintoma precoce dos efeitos tóxicos do urânio é a presença de albumina na urina que é facilmente detectada. A toxicidade de natureza radiológica está associada, sobretudo a compostos insolúveis (ATSDR, 1999).

Ademais, existe ainda a preocupação mundial em relação à exposição a um gás inerte radioativo da cadeia de decaimento do ^{238}U , o radônio (^{222}Rn), que pode facilmente ser liberado do solo e de rochas contendo urânio para áreas fechadas como casas e minas subterrâneas (ALAVANJA, 2002).

Assim, a mineração de urânio é considerada como de alto risco à saúde devido às possibilidades de contaminação do solo e das águas por resíduos que, por sua vez, podem ser responsáveis por doenças que afetam as regiões ósseas e renais, causam diferentes tipos de câncer e têm chance de se constituir como fator mutagênico e com possíveis consequências hereditárias. Todas essas enfermidades podem vir a afetar seres humanos e animais que vivem na região (SILVA; BARROS, 2013).

2. 1. 7. 1. 1 Efeitos tóxicos do U na visão

Queimaduras químicas nos olhos foram relatadas em humanos após exposição acidental ao hexafluoreto de urânio (KATHREN; MOORE, 1986). Conjuntivite e irritação ocular também foram relatadas em animais após exposição ao hexafluoreto de urânio (SPIEGL, 1949) e ao tetracloreto de urânio (DYGERT, 1949a). Os efeitos oculares foram devidos ao contato direto do olho com o vapor ou aerossóis. Como o fluoreto de uranila e o fluoreto de hidrogênio (um produto químico altamente irritante) são produzidos quando o hexafluoreto de urânio entra em

contato com a umidade, é possível que o urânio não tenha sido o agente causador dos efeitos oculares.

Nenhum estudo em humanos foi localizado em relação aos efeitos oculares em humanos após exposição oral de duração aguda, intermediária ou crônica a compostos de urânio (SERVICES, 2002). Porém, a exposição ocular resultou em absorção sistêmica significativa (SHARON; GWALTNEY-BRANT, 2013).

2. 1. 8 Sistema Visual

2. 1. 8. 1 Visão

Cerca de 70% de todos os receptores sensoriais do corpo humano estão localizados no olho e quase metade do córtex cerebral está envolvido de alguma forma no processamento visual, fazendo da visão o mais importante e dominante dos 5 sentidos, (MARIEB; HOEHN, 2013). Dessa forma, a perda de visão traz consequências graves e dificuldades extremas ao cotidiano.

2. 1. 8. 2 Luz e Cor

O interesse e a curiosidade sobre o fenômeno da visão de cores remontam à antiguidade, com especulações feitas por vários filósofos e cientistas (BRUNI; CRUZ, 2006).

A avaliação da sensibilidade cromática é valiosa para entendermos como se processa esse fenômeno nos indivíduos normais e, principalmente, nos que apresentam alterações da sensibilidade cromática. A perfeita percepção das cores faz parte da interação do indivíduo com seu ambiente e com seu meio social.

Leonardo da Vinci, no século XVI, foi o responsável pela primeira visão do conjunto de dados que levariam à criação de uma teoria das cores. Postumamente e baseado em seus escritos, foi publicado “O tratado da pintura e da paisagem”, onde foi demonstrado experimentalmente que a cor branca é composta pela união das demais (PEDROSA, 1982).

Sir Isaac Newton, no século XVIII (1704), publicou o livro *Óptica: um tratado sobre a reflexão, a refração e as cores da luz*. Nessa obra, foi demonstrado o mecanismo de coloração dos corpos através da absorção e reflexão dos raios

luminosos, introdução do conceito de comprimento de onda, propriedade dos raios simples que permite defini-los quantitativamente (PEDROSA, 1982).

Johann Wolfgang von Goethe, em 1820, publicou seu “Esboço de uma teoria das cores”, que foi a base para a moderna divisão dos campos que estudam as cores: óptica fisiológica, óptica física e óptica físico-química (PEDROSA, 1982).

A teoria tricromática, proposta no início do século XIX por Young e Helmholtz, ambos fisiologistas, é a base da óptica fisiológica e mostra que o olho humano possui três tipos diferentes de receptores visuais, os cones, sensíveis às luzes vermelha, verde e azul (MOLLON, 2003). Entretanto, a teoria tricromática falhava ao explicar a variedade de fenômenos cromáticos encontrados na natureza. Em particular, ela falhava ao explicar por que certas combinações de cores cancelavam uma às outras e por que com outras combinações isso não ocorria. Assim, o fisiologista alemão Ewald Hering, em 1878, propôs a teoria da oponência das cores, que sugeria a existência de três canais de cores oponentes, mutuamente inibitórios: vermelho-verde, azul-amarelo e branco-preto (GOURAS, 1985).

Assim, essas duas teorias formaram a base do entendimento da visão das cores. Desde então, o estudo da sensibilidade cromática vem crescendo ao longo dos anos, com descobertas e avanços importantes.

2. 1. 8. 3 *Retina*

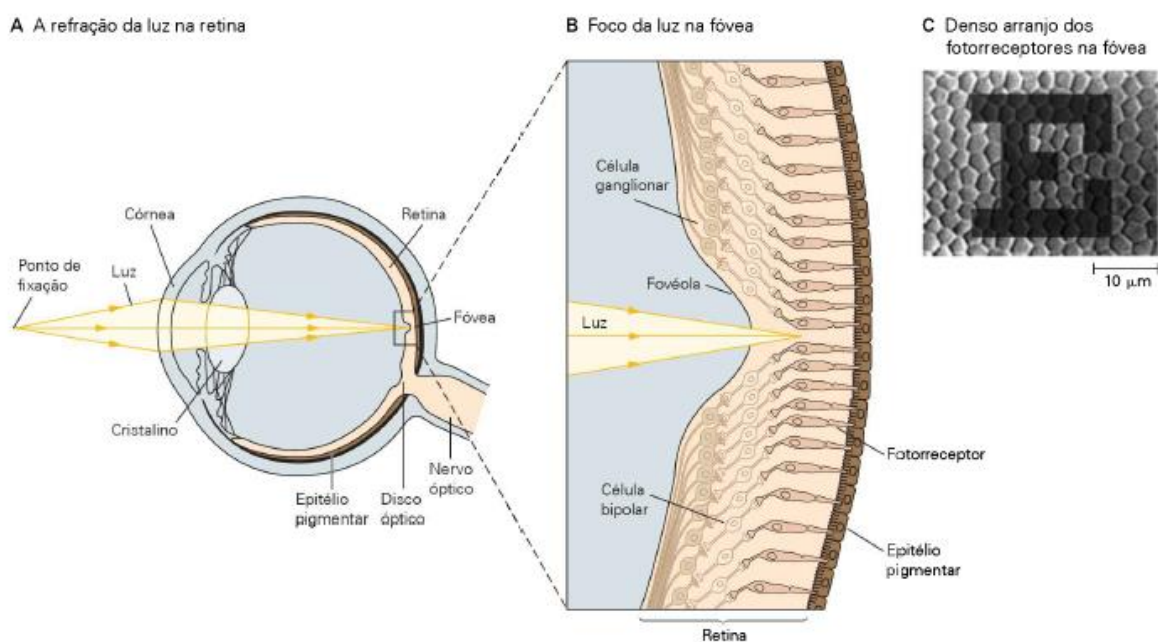
A retina é a janela do encéfalo para o mundo. Toda a experiência visual é baseada na informação processada por esse circuito neural no olho. A informação eferente da retina é transportada para o encéfalo por apenas um milhão de fibras do nervo óptico, e, ainda assim, quase metade do córtex cerebral é usada para processar esses sinais (ARTAL, 2014; HUNT; POINTER, 2011). A informação visual perdida na retina – pela estrutura da retina ou por deficiência – nunca poderá ser recuperada. Como o processamento da retina estabelece limites fundamentais sobre o que pode ser visto, há um grande interesse em entender como ela funciona (KANDEL *et al.*, 2003).

Também denominada de camada interna ou nervosa, está posicionada entre a coroide na face externa e o humor vítreo na face interior, ocupando uma grande extensão da parte interna e posterior do olho, possuindo um aspeto avermelhado (SNELL; LEMP, 1998; ARTAL, 2014; HUNT; POINTER, 2011; MALHOTRA, 2011).

Na superfície, o olho dos vertebrados parece atuar de forma semelhante a uma câmera, funcionando como um instrumento óptico, um receptor complexo e um transdutor eficaz (RIORDAN-EVA; WHITCHER, 2011). A pupila forma um diafragma variável, e a córnea e o cristalino proporcionam a óptica de refração que projeta uma imagem pequena do mundo exterior sobre a retina sensível à luz que reveste a parte posterior do globo ocular (Figura 5) (KANDEL *et al.*, 2003).

É o tecido mais complexo do olho, contendo estruturas como os cones e bastonetes na camada de fotorreceptores que transformam os estímulos luminosos em impulsos nervosos que são conduzidos através das vias visuais até o córtex visual occipital (RIORDAN-EVA; WHITCHER, 2011).

Figura 5 - O olho projeta a cena visual em fotorreceptores da retina.



A. A luz de um objeto no campo visual é refratada através da córnea e do cristalino e focada na retina. **B.** Na fóveola, correspondente ao centro do olhar, os neurônios proximais da retina são deslocados para o lado para que a luz tenha acesso direto aos fotorreceptores. **C.** Uma letra de cartilha de acuidade visual normal é projetada nos fotorreceptores densamente arranjados na fóvea. Apesar de ser menos nitidamente focado do que mostrado aqui, como resultado da difração pela óptica do olho, os menores traços visíveis da letra são da largura aproximada do diâmetro de um cone.

Fonte: (KANDEL *et al.*, 2003).

O circuito da retina realiza o processamento visual de nível inferior, o estágio inicial na análise de imagens visuais. Ela extrai certas características espaciais e temporais a partir das imagens primárias nos olhos esquerdo e direito e as transmite aos centros visuais superiores. As regras desse processamento são muito plásticas.

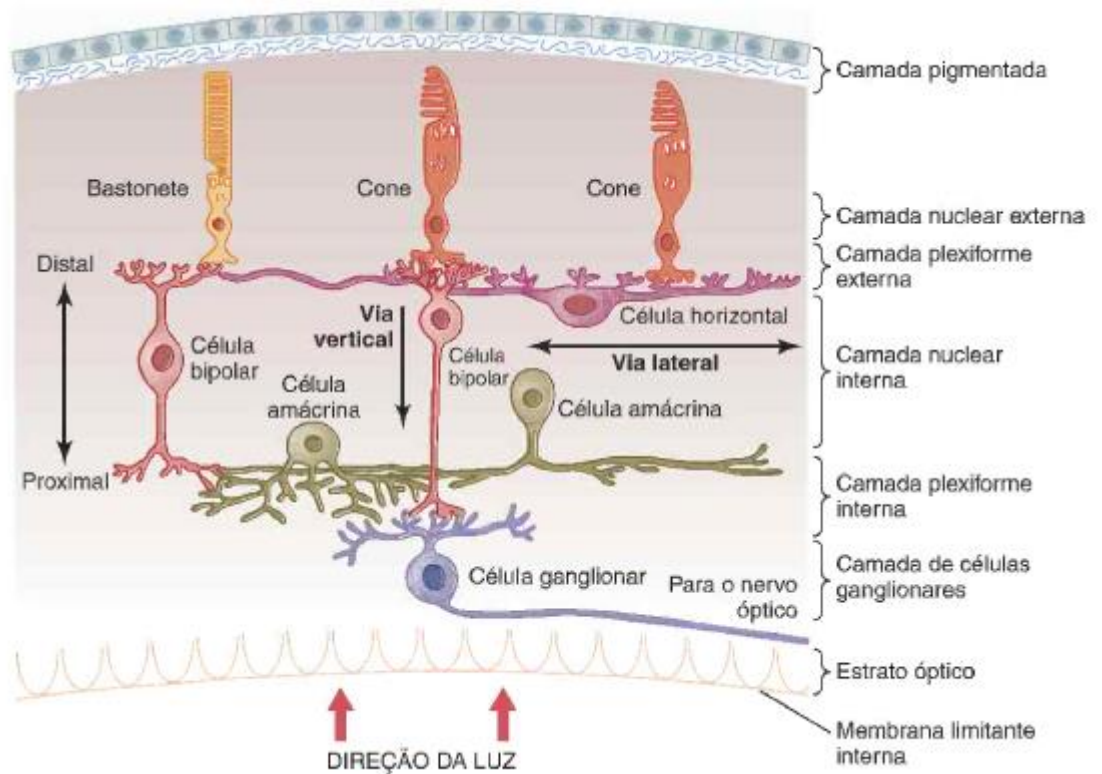
Em particular, a retina precisa ajustar a sua sensibilidade para constantes mudanças nas condições de iluminação. Essa adaptação permite à visão permanecer mais ou menos estável, apesar da vasta gama de intensidades de luz encontrada no decurso de cada dia (KANDEL *et al.*, 2003).

Três aspectos importantes da função retiniana: fototransdução, pré-processamento e adaptação. Mecanismos neurais pelos quais essas funções são realizadas como suas consequências para a percepção visual (KANDEL *et al.*, 2003).

2. 1. 8. 3. 1 Camadas da Retina: anatomia e fisiologia macroscópica e microscópica

A Figura 6 mostra os componentes funcionais da retina, que se dispõem em camadas: (1) membrana limitante interna, (2) camada de fibras do nervo óptico, (3) camada ganglionar, (4) camada plexiforme interna, (5) camada nuclear interna, (6) camada plexiforme externa, (7) camada nuclear externa, contendo os corpos celulares dos bastonetes e cones, (8) membrana limitante externa, (9) camada de bastonetes e cones que se projeta para a camada pigmentar e (10) camada pigmentar. A informação flui anteroposteriormente dos fotorreceptores para as células bipolares e dessas para as células ganglionares, bem como lateralmente por meio das células horizontais na camada plexiforme externa, e por meio das células amácrinas na camada plexiforme interna (PURVES *et al.*, 2001; KANDEL *et al.*, 2003).

Figura 6 - Camadas da Retina



Fonte: (GUYTON; HALL, 2011).

2. 1. 8. 3. 2 Processamento da Visão das Cores

A percepção das cores é o resultado de uma sensação visual causada pela absorção de fótons por parte dos fotopigmentos dos cones, de modo que uma determinada cor ou comprimento de onda é definido através de três características básicas: Tom ou Matiz, a Saturação e o Brilho (BENSON, 1995).

O olho humano é capaz de captar fótons com comprimentos de onda entre os 380nm e os 760nm e converter essa energia em impulso elétrico, que será levado ao cérebro (KRILL, 1972). Por outras palavras, a luz que entra no olho antes de ser processada pelo sistema nervoso central (SNC), atravessa quatro níveis em que o sinal poderá ser modificado (SWANSON, 1989). Os vários níveis pelos quais a luz irá passar são os filtros pré-receptoriais, os cones, os filtros pós-receptoriais e o último nível que são as células ganglionares (Figura 1). (POKORNY *et al.*, 1987).

Antes de atingir os fotorreceptores, a luz atravessa estruturas que funcionam como filtros pré-receptoriais que alteram o comprimento de onda da luz incidente, sendo elas a córnea, o humor aquoso, o cristalino, o humor vítreo e a fóvea. O

cristalino e a fóvea, são os filtros pré-receptoriais com o papel mais importante e mais significativo. O cristalino tem uma grande tendência para absorver comprimentos de onda curtos e a fóvea possui um pigmento xantófilo, que tem a capacidade de absorver o mesmo tipo de comprimentos de onda (POKORNY *et al.*, 1987; SAMPLE *et al.*, 1998). Os fotorreceptores, em particular os cones, desempenham o papel mais importante na fisiologia da visão das cores, porque se localizam nas camadas mais internas da retina e recebem a luz que ultrapassa as várias camadas retinianas, originando o impulso elétrico. (MELAMUD *et al.*, 2004).

Após atravessar os fotorreceptores, os sinais são modificados por processos pós-receptoriais para chegar ao último nível, a camada das células ganglionares e finalmente, a informação viaja através do nervo óptico, dando continuidade até ao SNC (MELAMUD *et al.*, 2004).

2. 1. 8. 3. 3 *Fotorreceptores e transdução*

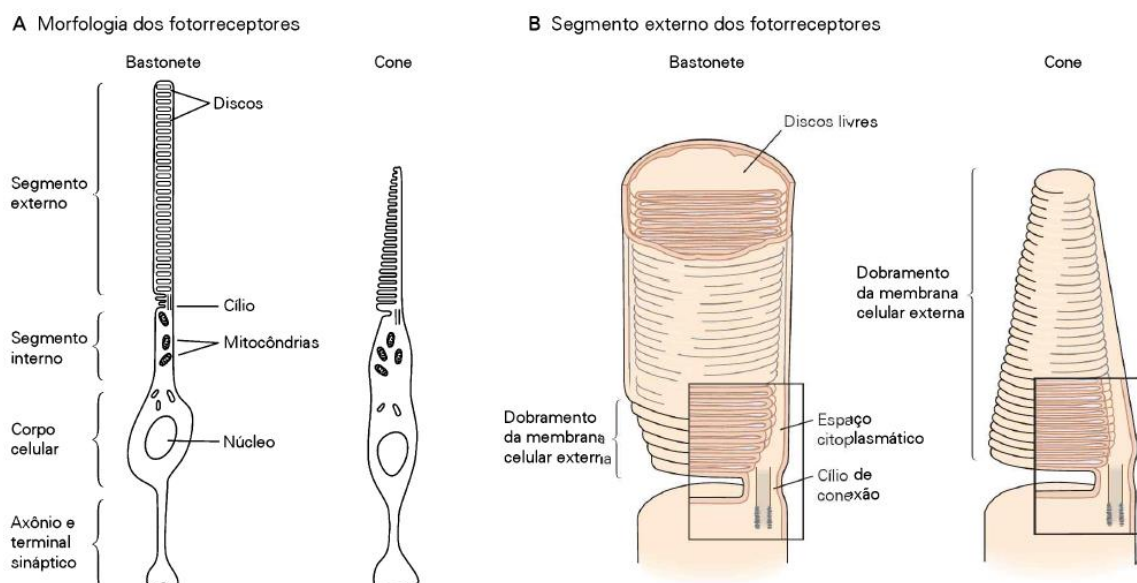
Os fotorreceptores são cerca de 125 milhões e estão localizados em uma camada específica da retina, transformando o padrão de luz e sombra da imagem retiniana em padrão correspondente de gradações na imagem neural. A partir de seus fotopigmentos, os fotorreceptores começam o processo de dar cor ao mundo (BEREZOVSKY, 2007).

2. 1. 8. 3. 4 *Existem dois tipos de fotorreceptores: bastonetes e cones*

Todas as células fotorreceptoras possuem uma estrutura em comum com quatro regiões funcionais: o segmento externo, localizado na superfície distal da retina neural; o segmento interno, localizado na parte mais proximal; o copo celular; e o terminal sináptico (Figura 7) (KANDEL *et al.*, 2003).

A maioria dos vertebrados tem dois tipos de fotorreceptores, cones e bastonetes, que se distinguem pela sua morfologia. O bastonete tem um segmento externo cilíndrico longo dentro do qual os discos empilhados são separados da membrana plasmática, enquanto o cone frequentemente tem um segmento cônico externo menor, e os discos são contínuos com a membrana externa (Figura 5) (KANDEL *et al.*, 2003).

Figura 7 - Bastonetes e cones apresentam estruturas semelhantes

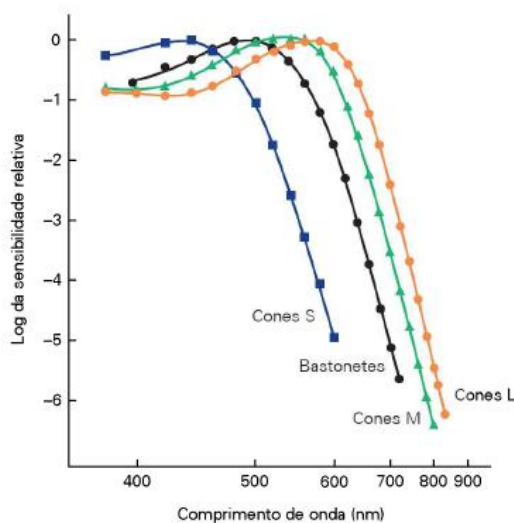


A. Tanto os bastonetes como os cones têm regiões especializadas, chamadas de segmentos externos e internos. O segmento externo, que está ligado ao segmento interno por um cílio, contém o aparato de transdução de luz. O segmento interno possui mitocôndrias e grande parte da maquinaria para a síntese proteica. **B.** O segmento externo é constituído por empilhamento de discos membranosos que contêm os fotorreceptores de absorção de luz. Em ambos os tipos de células, esses discos são formados por dobramento de membrana plasmática. Nos bastonetes, no entanto, as dobras desprendem-se da membrana, de modo que os discos ficam livres, flutuando no interior do segmento externo, ao passo que os discos em cones permanecem como parte da membrana plasmática.

Fonte: (KANDEL *et al.*, 2003).

Os bastonetes e os cones também diferem em sua função, sendo mais importante sua sensibilidade à luz. Os bastonetes podem sinalizar a absorção de um único fóton e são responsáveis pela visão sob iluminação fraca, como o luar. Contudo, à medida que o nível de luz aumenta no amanhecer, a resposta elétrica dos bastonetes se torna saturada e as células deixam de responder a variações na intensidade. Os cones são muito menos sensíveis à luz; eles não contribuem para a visão noturna, mas são responsáveis unicamente pela visão à luz do dia. Sua resposta é consideravelmente mais rápida do que a dos bastonetes. Os primatas possuem apenas um tipo de bastonete, mas três tipos de cones fotorreceptores, distinguidos pela faixa de comprimentos de onda a que eles respondem: os cones L (onda longa), M (onda média) e S (onda curta) (Figura 8) (KANDEL *et al.*, 2003).

Figura 8 - Espectros de sensibilidade para os três cones e o bastonete.



Em cada comprimento de onda, a sensibilidade é inversamente proporcional à intensidade da luz necessária para evocar uma resposta neural. A sensibilidade varia em um intervalo muito grande e, portanto, é mostrada em uma escala logarítmica. As diferentes classes de fotorreceptores são sensíveis a faixas amplas e sobrepostas de comprimentos de onda.

Fonte: (KANDEL *et al.*, 2003).

A retina humana contém cerca de 100 milhões de bastonetes e 6 milhões de cones, mas os dois tipos de células estão diferentemente distribuídos. A fóvea central não contém bastonetes, mas é densamente ocupada por pequenos cones. Poucos milímetros fora da fóvea os bastonetes são muito mais numerosos do que os cones. Todos os fotorreceptores tornam-se maiores e mais espaçados em direção à periferia da retina. Os cones S representam apenas 10 % de todos os cones e estão ausentes na fóvea central (KANDEL *et al.*, 2003).

O centro do olhar da retina é claramente especializado na visão diurna. A densa concentração de cones fotorreceptores na fóvea define os limites de acuidade visual. De fato, as menores letras que podem ser lidas na cartilha média de acuidade visual têm riscos cujas 20 imagens são apenas 1-2 diâmetros de largura do cone na retina, um ângulo de visão de cerca de 1 minuto de arco. Durante a noite, a fóvea central é cega, devido à ausência de bastonetes (KANDEL *et al.*, 2003).

2. 1. 8. 4 Saúde Visual

2. 1. 8. 4. 1 Saúde Ocular

Queimaduras químicas nos olhos foram relatadas em humanos após exposição acidental ao hexafluoreto de urânio (KATHREN; MOORE, 1986). Conjuntivite e irritação ocular também foram relatadas em animais após exposição a hexafluoreto de urânio (SPIEGL, 1949) e a tetracloreto de urânio (DYGERT, 1949a). Os efeitos oculares foram devidos ao contato direto do olho com o vapor ou aerossóis.

2. 1. 8. 4. 2 Tipos de defeitos da sensibilidade cromática

Os defeitos da sensibilidade cromática podem ser divididos em duas grandes classes: defeitos congênitos e defeitos adquiridos (Figura 9).

Figura 9 - Diferenças clínicas entre os defeitos congênitos e os defeitos adquiridos da sensibilidade cromática

Congênitas	Adquiridas
Presentes ao nascimento	Início após o nascimento
Alta prevalência em homens	Igual prevalência em homens e mulheres
Tipo e severidade do defeito são estáveis	Tipo e severidade do defeito podem variar
O defeito pode ser classificado precisamente	Podem ser difíceis de classificar. Geralmente são inespecíficos
Ambos os olhos são igualmente afetados	Diferenças de tipo e severidade entre OD e OE
Acuidade visual é inalterada (exceto no monocromatismo) e o campo visual é normal	Acuidade visual freqüentemente reduzida, podendo ser acompanhada de redução do campo visual
Predominam defeitos protan e deutan	Predominam defeitos tritan

Fonte: (BRUNI; CRUZ, 2006).

2. 1. 8. 4. 2. 1 Defeitos congênitos

O primeiro estudo feito sobre as alterações congênitas da visão de cores foi o do cientista inglês John Dalton, em 1798, baseando-se na sua própria dificuldade para ver as cores, pois era portador de protanopia (GREENAWAY, 1996). Por isso a deficiência congênita para visão de cores é popularmente conhecida como daltonismo.

Tipos de defeitos congênitos e nomenclatura

- **Tricromatismo normal:** quando se percebe a cor branca através de estímulos dos três tipos de cones, vermelho, verde e azul;
- **Tricromatismo anômalo:** percebe a luz branca através de proporções anômalas de vermelho, verde e azul;
- **Dicromatismo:** percebe branco com estímulos de apenas 2 tipos diferentes de cones;
- **Monocromatismo:** percebe branco com qualquer um dos estímulos;

Por convenção, os prefixos gregos para primeiro, segundo e terceiro “protos”, “deuteros” e “tritros” são usados para determinar as cores vermelha, verde e azul, respectivamente, ao se nomearem os defeitos de visão de cores (KRILL, 1972).

1. 8. 4. 2. 2 Defeitos adquiridos

Os defeitos adquiridos podem ser atribuídos a diferentes causas: alterações nos filtros pré-receptores (cristalino, pigmentos maculares, pupila), redução da densidade óptica dos fotopigmentos dos cones (vermelhos, verdes ou azuis), perda desequilibrada dos tipos de cones e alterações nos níveis de processamento pós-receptores (SWANSON, 2003).

Classificação dos defeitos adquiridos

Segundo Krastel e Moreland (1991), foram propostas várias classificações de defeitos adquiridos, porém, a mais usada é a de Verriest (1963), que subdivide os defeitos cromáticos em 3 tipos:

- **Tipo I:** defeito vermelho-verde (protan), com perda da sensibilidade aos comprimentos de onda longos, podendo evoluir da escotopização a acromatopsia, ocorrendo em processos distróficos da mácula envolvendo perda da função dos cones;

- **Tipo II:** defeito vermelho-verde (deutran), sem perda da sensibilidade aos comprimentos de onda longos, acompanhado por uma perda menos pronunciada da sensibilidade azul-verde e ocorre em doenças que afetam a transmissão de sinais do nervo óptico;

- **Tipo III:** defeito azul-amarelo (tritan), às vezes acompanhado por uma deficiência vermelho-verde menos pronunciada, relacionado com problemas na retina e coróide;

Segundo Fletcher e Voke (1985), outras denominações podem ser aplicadas aos defeitos adquiridos:

- **Acromatopsia:** seria sinônimo de monocromatismo ou ausência de percepção de cores;

- **Cromatopsia:** quando há uma distorção da percepção cromática, havendo mudança na sensação da cor percebida. Podendo levar a xantopsias, eritropsias, cianopsias e cloropsias, que são distorções cromáticas que tornam os objetos amarelados, avermelhados, azulados ou esverdeados, respectivamente;

- **Discromatopsia:** percepção anormal das cores, mais aplicável aos distúrbios adquiridos do que aos congênitos;

- **Agnosias cromáticas:** alterações de percepção cromática resultantes de danos corticais cerebrais;

2. 1. 8. 5 Testes de Visão das Cores

Ao longo dos anos, foram desenvolvidos vários testes para avaliar a visão das cores, contudo, atualmente encontram-se apenas alguns testes em circulação.

Segundo Dain e Melamud em 2004, os testes disponíveis no mercado têm diferentes características e podem agrupar-se nas seguintes categorias os testes pseudoisocromáticos (testes de arranjo de cor), os testes de equalização, os testes de nomeação e os testes computadorizados.

A psicofísica visual estuda a resposta comportamental de uma estimulação

física sensorial, permitindo uma avaliação da visão humana, como por exemplo a visão de cores (COREN, 2003).

Dentre os vários métodos eficientes na avaliação da visão cromática dos seres humanos, o teste psicofísico de ordenamento de cores Farnsworth-Munsell D-15 é um dos mais utilizados.

2. 1. 8. 5. 1 Testes de ordenação ou arranjo de cores

Farnsworth foi o criador dos testes Farnsworth Munsell 100-Hue e o Farnsworth Munsell D-15 no início dos anos 40. Posteriormente acrescentou modificações em ambos os testes (MELAMUD *et al.*, 2004).

O FM-100 foi desenvolvido por Farnsworth e teve como objetivo avaliar a visão das cores com papéis coloridos extraídos do livro de cores de Munsell, os quais diferem somente no tom ou matiz, mantendo a saturação e o brilho constantes, quando analisadas por indivíduos normais (FARNSWORTH, 1957).

No sistema de Munsell, são utilizadas cinco cores, o vermelho (R), o amarelo (Y), o verde (G), o azul (B) e o roxo (P). Estas são divididas por mais cinco tons, RY, YG, GB, PB, PR. Cada tom é subdividido em 10 passos, por exemplo 1PR para 10PR. Portanto existem 100 tons no sistema de Munsell, no entanto, não existem 100 tons no FM-100. Farnsworth descobriu que a dificuldade em distinguir tons adjacentes não era igual ao redor do círculo de cores de Munsell. Assim, numa tentativa de criar um espaçamento mais uniforme, removeu 15 cores (DAIN, 2004).

O Farnsworth Munsell D-15 também utiliza cores do círculo de Munsell, usando menos tons (FARNSWORTH, 1957). Este é composto por uma caixa com uma peça colorida fixa no início da sequência a ser reproduzida e 15 peças coloridas móveis. É pedido à pessoa que coloque as peças na sequência correta. A interpretação é dada pela inspeção visual da sequência montada. (BRUNI; CRUZ, 2006).

A visão das cores altera-se com a idade e, por este motivo, o teste de 100-Hue é dependente da idade do observador, ou seja, a performance neste teste atinge o auge aos 20 anos de idade e a partir daí vai diminuindo. Por esta razão, é necessário referenciar a idade neste teste. A seleção do iluminante usado para fazer o teste é também crítica nos resultados finais (DAIN, 2004). Não permite distinguir dicromatas de tricromatas anómalos severos, mas permite classificar a deficiência e

determinar o grau de severidade da mesma. Atualmente, não é muito utilizado na prática clínica devido ao tempo que consome a sua aplicação e inteiramente da colaboração e do entendimento do paciente (SCHWARTZ, 2010).

Uma aplicação importante do teste FM 100 é promover a classificação de indivíduos com visão cromática normal em grupos que possuem discriminação cromática alta, média e baixa, fator extremamente importante para o desempenho profissional em alguns setores específicos, como nas indústrias têxteis e de tintas (MCALPINE; MARITZ; WILLIAMS, 2018).

De forma a facilitar a sua aplicação, este teste foi reduzido a 15 tonalidades. Nesta configuração, o teste é denominado teste de Farnsworth D-15, um teste qualitativo, sendo um teste mais rápido e mais fácil para usar na prática clínica, frequentemente utilizado nos distúrbios cromáticos adquiridos FERNANDES *et al.*, 1998). O objetivo do teste é ordenar as peças móveis tendo como ponto de partida a peça fixa (DAIN, 2004). Este teste não permite distinguir dicromatas de tricromatas anómalos (SCHWARTZ, 2010).

A grande vantagem do uso desse teste é que ele pode ser aplicado em indivíduos com deficiências congênitas ou adquiridas. Porém, seu uso no estudo das deficiências congênitas é limitado, pois nem sempre consegue classificar o defeito em protan ou deutan (BENTO; TORRES, 2016).

2. 2 Materiais e métodos

2. 2. 1 Tipo do Estudo

Trata-se de um estudo epidemiológico analítico transversal, que buscou avaliar a incidência de toxicidade ocular em pessoas das comunidades próximas a mina de urânio de Itataia expostos de forma crônica aos efeitos tóxicos do urânio em comparação com indivíduos normais.

2. 2. 2 Local da pesquisa

Mina de Urânio de Santa Quitéria (Itataia) – CE (Figura 10), localizado no Distrito Fósforo-Uranífero (P-U), na parte central do Estado do Ceará, a cerca de 45 km a sudeste da cidade de Santa Quitéria e 212 km da capital, Fortaleza (INB, 2011).

Figura 10 - Localização do município de Santa Quitéria no Estado do Ceará.



Fonte: Adaptado de IBGE, 2011.

2. 2. 3 População Estudada

A população estudada foi a do município de Santa Quitéria no estado do Ceará.

2. 2. 4 Caracterização das Amostras Populacionais

No presente estudo, a população do município de Santa Quitéria Lagoa foi amostrada totalizando 20 indivíduos com idade variando de 16 a aproximadamente 60 anos, a estes foram chamados de residentes.

Para o grupo controle negativo, foram selecionados voluntários, obedecendo aos critérios previamente descritos e a estes foram chamados de não- residentes.

Todos os sujeitos participantes foram esclarecidos acerca dos objetivos da pesquisa, responderam a um questionário de anamnese em que foram indagados sobre seus hábitos, idade, antecedentes ou qualquer outro fator que pudesse influir no resultado da pesquisa, após esse momento foi solicitado a leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) - anexo, declarando estar ciente de todos os propósitos do estudo.

2. 2. 5 Considerações Éticas

O presente projeto de pesquisa foi submetido ao comitê de Ética em Pesquisa (COMEP) da Faculdade Teológica e Filosófica - Ratio, sendo aprovado em data de aprovação; (ANEXO C) antes do início do estudo.

Esta pesquisa foi realizada com dados adquiridos através dos questionários de anamnese e dados coletados através do teste de Farnsworth D-15 e utilizados somente para o que se referia aos objetivos da mesma, sendo as informações apresentadas de forma coletiva, sem qualquer prejuízo para as pessoas envolvidas, principalmente no que diz respeito à menção de nomes de voluntários ou profissionais de saúde envolvidos no atendimento destes. Os dados se encontram sob a guarda do pesquisador, sendo garantido seu sigilo e confidencialidade (parecer de aprovação do Comitê de Ética em anexo).

2. 2. 6 Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão para compor o grupo amostral, os participantes deveriam ser mulheres ou homens que façam parte de comunidades próximas a mina de urânio de Itataia através do teste de Farnsworth D-15.

Os critérios de exclusão foram: apresentar patologia retiniana ou doenças sistêmicas que podem afetar o olho como diabetes, hipertensão e glaucoma, apresentar pressão intraocular maior que 21 mmHg, possuir padrões visuais anormais, cirurgia intraocular prévia, fazer uso prolongado de medicamentos.

2. 2. 7 Protocolo Experimental

2. 2. 7. 1 Anamnese

Inicialmente, foi feita a aplicação de um instrumento de coleta de dados com questões abertas e fechadas aos participantes da pesquisa. O questionário possuía indagações sobre a idade, jornada semanal de trabalho, uso de equipamentos de proteção e presença de sintomas associados a profissão. Havia também perguntas sobre antecedentes pessoais e familiares a respeito de patologias sistêmicas e/ou visuais que pudessem alterar os resultados da pesquisa.

2. 2. 8. 2 Teste de Farnsworth D-15

O teste de Farnsworth-Munsell D-15 foi desenvolvido por Farnsworth e utiliza as cores do círculo de Munsell, porém usando muito menos tons que o teste inicial que possuía 100 tonalidades (FARNSWORTH, 1947). O objetivo deste teste é ordenar as peças de forma a criar uma progressão de cor entre as duas peças fixas e é utilizado para diagnosticar defeitos severos da visão associados a defeitos congênitos ou adquiridos (DAIN, 2004).

Este teste é composto por 16 peças coloridas que, quando ordenadas na sequência numérica, exibem uma transição gradual de cromaticidade (Figura 11). Assim, é pedido ao observador para ordenar as peças coloridas a partir de uma peça de referência, e de acordo com a sua tonalidade. (DAIN, 2004).

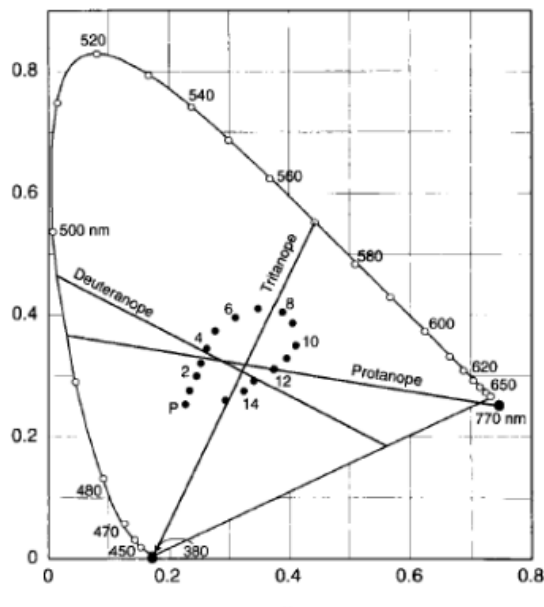
Figura 11 - Testes de ordenamento de cores de Farnsworth-Munsell D-15



Fonte: (MELAMUD *et al.*, 2004).

Essas peças formam um círculo de tonalidades ao longo do diagrama da Comissão Internacional da Iluminação (CIE) (SCHWARTZ, 2010) (Figura 12).

Figura 12 - Localização, no diagrama da CIE de 1931 (x,y), das peças usadas no teste D-15



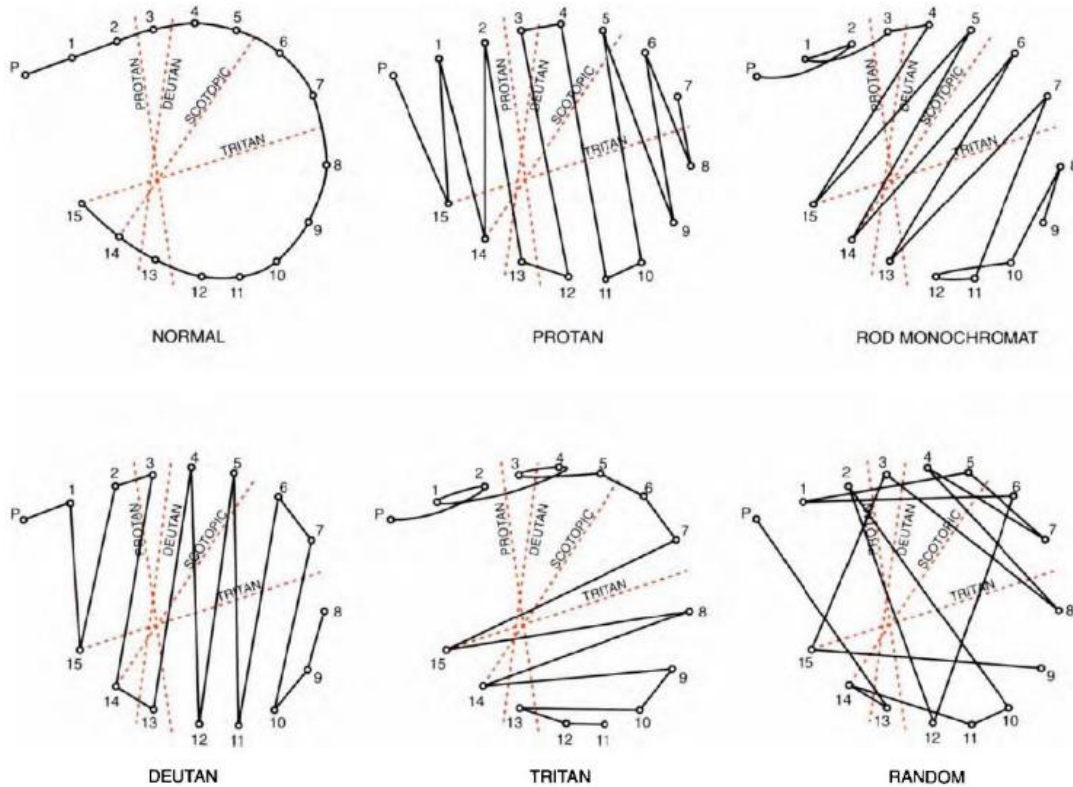
“P” é a cápsula de referência – e eixos das linhas de confusão de cada tipo de deficiência cromática.

Fonte: (Adaptado de Benjamin, 2006).

A folha de registo é constituída por uma série de pontos posicionados em forma de círculo que correspondem às peças e ao seu respetivo número (SCHWARTZ, 2010). A anotação dos resultados faz-se conforme a sequência dos

números das cápsulas ordenadas pelo observador, e a sua classificação baseia-se na direção das linhas de confusão de prota, deuteran e tritan (BENJAMIN, 2006; SCHWARTZ, 2010) (Figura 13).

Figura 13 - Folha de resultados do teste Fransworth D-15



Representação dos padrões típicos de um indivíduo com visão das cores normal (normal), e resultados tipo para observadores prota (protan), deuteran (deutan), trita (tritan) e ainda monocromata (rod monochromat).

Fonte: (Adaptado de BENJAMIN, 2006).

Antes do teste, cada participante teve um dos olhos vedados por um tapa olho e observou o ordenamento correto das matizes por um minuto. Feito isso, o pesquisador embaralhou as peças deixando apenas a primeira de referência e foi solicitado para que o participante reordenasse as peças usando a variação de matiz como critério. Os participantes não tiveram limite de tempo para completar o ordenamento dos matizes. Quando eles completavam o arranjo das peças, eram indagados se gostariam de mudar a posição de qualquer peça, para somente depois o teste ser finalizado.

A avaliação quantitativa do teste de Farnsworth-Munsell D-15 é determinada

através dos seguintes parâmetros: Índice de confusão de cor de Bowman (ICC) e análise vetorial de Vingrys e King-Smith (1988), onde são analisados o ângulo do erro do ordenamento, o índice de confusão (C-index) e o índice de seletividade (S-index).

Bowman (1982) propôs um método quantitativo para determinar uma pontuação total de erros através das somas das diferenças de cor entre tampas adjacentes, sem, todavia, calcular um eixo de erros, limitando a abrangência de extração de informações neste teste. Neste método, o resultado igual a 1 significa o ordenamento correto de todas as peças indicando a normalidade do teste, enquanto que o aumento desse valor eleva ao índice de confusão de cor, caracterizando prejuízo da discriminação de cor do participante.

2. 2. 8. 3 Aplicação do Teste de Farnsworth D-15

Os participantes foram orientados a organizarem as fichas de acordo com a cor mais próxima da inicial, seguindo uma sequência de coloração de proximidade. No total, foram utilizadas quinze fichas. As peças são numeradas no fundo de 1 a 15. Após os participantes organizarem as fichas, foi verificado se os mesmos haviam organizado na ordem correta das cores. Caso o participante não organize de forma correta, é um indicativo para a presença de disfunção visual.

Usando a luz ambiente, primeiro os participantes fazem o teste binocular para se familiarizarem com o teste e entenderem como funciona, e, caso for necessário, fazer a correção de óculos. Após a realização do teste binocular e da compreensão de como o teste funciona, foi feito o teste monocular e é anotado o resultado olho a olho.

2. 2. 9 Análise Estatística

As análises estatísticas foram feitas utilizando taxas de porcentagem.

2. 3 Resultados

2. 3. 1 Coleta dos Dados

Foi feita a coleta de dados, na população do município de Santa Quitéria Lagoa foi amostrada totalizando 20 indivíduos com idade variando de 16 a aproximadamente 60 anos, a estes foram chamados de residentes (Tabela 2).

Tabela 2 - Indivíduos que realizaram o teste

	Idade	Pesquisados
	16 a 30	6
	31 a 54	6
	46 a 60	6
	Acima de 60	2
Total de pesquisados		20

Fonte: Arquivo pessoal.

Com o objetivo de diferenciar defeitos severos da visão cromática dos defeitos médios e dos indivíduos normais, foi feito o teste de Farnsworth Munsell D-15, que consistiu em uma caixa contendo uma peça colorida fixa, no início da sequência a ser reproduzida, e 15 peças coloridas móveis. O indivíduo testado foi solicitado a arranjá-las na ordem correta. A interpretação foi dada pela inspeção visual da sequência montada.

Dentre os 20 indivíduos, apenas uma pessoa apresentou disfunção, resultando em uma diferença de 5% (Figura 14 e 15). Essa diferença possivelmente pode ser congênita. Entretanto, não houve diferenças estatísticas na análise.

Figura 14 - Folha de resultados do teste Fransworth D-15

Score Sheet Template for 15 Disc Color Vision Test

Name: _____ DOB: _____ Test Date: _____

Mode: Binocular _____ or OD _____ OS _____ Tester: _____

Copy this template onto your medical history or plain paper

Binocular Test 1
or OD Test 1

REFERENCE CAP

PROTAN

DEUTAN

TRITAN

Binocular Re-Test
or OS Test 1

REFERENCE CAP

PROTAN

DEUTAN

TRITAN

Richmond Products
4400 Silver Ave. SE Albuquerque NM 87108

Richmond Part Number 4428

Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 15 - Folha de resultados do teste Fransworth D-15 – Tritan

Score Sheet Template for 15 Disc Color Vision Test

Name: _____ DOB: _____ Test Date: _____

Mode: Binocular _____ or OD _____ OS _____ Tester: _____

Copy this template onto your medical history or plain paper

Binocular Test 1
or OD Test 1

REFERENCE CAP

PROTAN

DEUTAN

TRITAN

Binocular Re-Test
or OS Test 1

REFERENCE CAP

PROTAN

DEUTAN

TRITAN

Richmond Products
4400 Silver Ave. SE Albuquerque NM 87108

Richmond Part Number 4428

Fonte: Arquivo pessoal.

2. 4 Discussão

Este estudo foi desenvolvido nos municípios de Santa Quitéria e Itatira, ambos localizados na região do Sertão Central do estado do Ceará. O município de Santa Quitéria é o pretendido para receber as instalações Minerio Industriais e nucleares para a exploração do fosfato e do urânio correspondente ao projeto Santa Quitéria. Já o município de Itatira, faz fronteira com Santa Quitéria sendo o mais próximo do local pretendido para tal empreendimento. este estudo nos municípios de Santa Quitéria e Itatira, ambos localizados na região do Sertão Central do estado do Ceará. O município de Santa Quitéria recebeu instalações Minerio Industriais e nucleares para a exploração do fosfato e do urânio correspondente ao projeto Santa Quitéria, juntamente com o município de Itatira.

Como avaliador dos cuidados primários, os optometristas podem desempenhar um papel no reconhecimento de danos ou disfunções nas estruturas oculares ou nos componentes da via visual causado pelo urânio e no aconselhamento de pacientes nessas circunstâncias.

O teste de Farnsworth Munsell D-15 foi utilizado por ter a finalidade de distinguir defeitos severos da visão cromática dos defeitos médios e dos indivíduos normais e também identifica defeitos no azul-amarelo e monocromacia (MELAMUD, 2004; BRUNI; CRUZ, 2013). Juntamente com o teste de Ishihara, é um dos testes mais aplicados nas baterias de testes clínicos, sendo também largamente usado na avaliação de defeitos adquiridos da sensibilidade cromática (COLLIN, 1966; BASSI *et al.*, 1993).

Devido ao escasso ou inexistentes estudos relacionados a toxicidade ocular em pessoas que tiveram contato com o urânio no Brasil, este trabalho tem como objetivo geral investigar a incidência de toxicidade ocular em comunidades próximas a mina de urânio de Itatira através do teste de Farnsworth D-15, e, mais especificamente, determinar a incidência de toxicidade ocular utilizando esse teste e a relação entre os problemas de visão cromática com os possíveis efeitos tóxicos por urânio.

Assim, foi feita a coleta de dados, na população do município de Santa Quitéria Lagoa foi amostrada totalizando 20 indivíduos com idade variando de 18 e 30 anos, com o objetivo de diferenciar defeitos severos da visão cromática dos defeitos médios e dos indivíduos normais, foi feito o teste de Farnsworth Munsell D-15, que consistiu em uma caixa contendo uma peça colorida fixa, no início da

sequência a ser reproduzida, e 15 peças coloridas móveis. O indivíduo testado foi solicitado a arranjá-las na ordem correta. A interpretação foi dada pela inspeção visual da sequência montada. Dos 20 indivíduos, apenas uma pessoa apresentou disfunção, resultando em uma diferença de 5% (Figura 14 e 15), não havendo diferenças estatísticas na análise. Essa diferença possivelmente pode ser congênita.

Experimentos em humanos e em animais são conclusivos a respeito dos efeitos metabólicos adversos e a nefrotoxicidade dos compostos de urânio. A toxicidade radioativa de isótopos do urânio foi descoberta no início da era nuclear, com evidências bem documentadas da toxicidade reprodutiva e do desenvolvimento, bem como consequências mutagênicas e carcinogênicas da contaminação pelo urânio (DURAKOVIAE, 1999).

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP – International Commission on Radiological Protection) considera que a massa de urânio no corpo humano oriundo de exposições ambientais é de 90µg, sendo distribuídos 66% nos ossos, 16% no fígado, 8% nos rins e 16% nos outros tecidos (ICRP, 1995).

O estudo epidemiológico de doenças crônicas depende cada vez mais o uso de biomarcadores moleculares, ou seja, parâmetros celulares e bioquímicos que podem ser avaliados relativamente de modo não invasivo, e que normalmente dá uma indicação de exposição ocupacional ou ambiental de um indivíduo a agentes tóxicos que possam causar instabilidade genética provocando o desenvolvimento de mutações e/ou câncer (COLLINS *et al.*, 2014; ZORIY *et al.*, 2010).

Essas mutações são resultados, frequentemente, de erros ocorridos durante a replicação do DNA e podem ocorrer, também, por exposição a misturas químicas complexas encontradas no ambiente ou no nosso estilo de vida e nas dietas. Esse último processo é denominado de “carcinogênese química” quatro etapas: iniciação, promoção, conversão para a malignidade e progressão tumoral. As mudanças genéticas resultante da interação química-DNA é definida como iniciação. Com o passar do tempo, ocorrem mudanças genéticas adicionais, oncogenes tornam-se ativos e genes supressores de tumor juntamente com genes de reparo do DNA tornam-se inativos, levando a uma instabilidade genômica. Com a continuidade do processo, o cenário direciona-se para as transformações malignas (expressão de fenótipos malignos), progressão tumoral e metástase (WANG *et al.*, 2015; HANAHAN; WEINBERG; 2011; WEINBERG, 2008; KUMMAR *et al.*, 2004; RIEGER, 2004; BERTRAM, 2001).

Muitas dessas características fenotípicas, chamadas de instabilidade genética, adquiridas por meio de mutações caracterizam-se como ganho de função e/ou amplificação de oncogenes juntamente com a perda de função e/ou silenciamento epigenético de genes supressores de tumor (HANAHAN; WEINBERG, 2002).

É possível que uma pessoa coma e beba grandes quantidades de urânio se viver em uma área com quantidades naturalmente maiores de urânio no solo ou na água ou se morar perto de um depósito de resíduos perigosos contaminado com urânio (COLLINS *et al.*, 2014). Também pode ser ingerido mais urânio se comer alimentos cultivados em solo contaminado ou beber água com níveis anormalmente altos de urânio. Normalmente, muito pouco do urânio dos lagos, rios ou oceanos chega aos peixes ou frutos do mar que comemos; as quantidades no ar são geralmente tão pequenas que podem ser ignoradas com segurança (TOXICOLOGICAL PROFILE FOR URANIUM, 1999).

Pessoas que são artistas, professores de arte ou artesanato, amadores de cerâmica ou trabalhadores do vidro que ainda usam certos vidrados ou esmaltes contendo urânio proibidos também podem estar próximos de níveis mais elevados de urânio, mas não necessariamente os incorporarão em seus corpos (HANAHAN; WEINBERG, 2002). Pessoas que trabalham em fábricas que processam urânio, trabalham com fertilizantes fosfatados ou vivem perto de minas de urânio têm uma chance de absorver mais urânio do que a maioria das outras pessoas. Pessoas que trabalham em giroscópios, contrapesos de rotores de helicópteros ou superfícies de controle de aviões podem trabalhar com urânio metálico pintado, mas o revestimento normalmente os impede de absorver qualquer urânio (WANG *et al.*, 2015).

Pessoas que trabalham com armas perfurantes que contêm urânio serão expostas a baixos níveis de radiação enquanto estiverem perto dessas armas, mas não é provável que absorvam urânio (WEINBERG; 2011). Aqueles que disparam armas de urânio, trabalham com armas com urânio danificado ou em equipamentos que foram bombardeados com essas armas podem ser expostos ao urânio e podem usar roupas de proteção e máscaras para limitar sua ingestão. Quantidades maiores do que o normal de urânio também podem entrar no meio ambiente devido à erosão de rejeitos de minas e fábricas de urânio e outros metais. Descargas acidentais de fábricas de processamento de urânio são possíveis, mas esses compostos se espalham rapidamente no ar (TOXICOLOGICAL PROFILE FOR URANIUM, 1999).

Quando uma substância é liberada de uma grande área, como uma planta industrial, ou de um recipiente, como um tambor ou garrafa, ela entra no meio ambiente ((KUMMAR *et al.*, 2004). Este lançamento nem sempre leva à exposição. Normalmente, você está exposto a uma substância apenas quando entra em contato com ela. Você pode ser exposto ao respirar, comer ou beber a substância ou pelo contato com a pele. No entanto, como o urânio é radioativo, você também pode ser exposto à sua radiação se estiver perto dele (WANG *et al.*, 2015).

Se você for exposto ao urânio, muitos fatores determinam se você será prejudicado. Esses fatores incluem a dose (quanto), a duração (quanto tempo) e como você entra em contato com ela. Você também deve levar em consideração os outros produtos químicos aos quais está exposto e sua idade, sexo, dieta, características familiares, estilo de vida e estado de saúde (KUMMAR *et al.*, 2004; RIEGER, 2004; BERTRAM, 2001).

3. CONCLUSÃO

A análise destes estudos revelou que, dentre os 20 indivíduos, apenas uma pessoa apresentou disfunção, resultando em uma diferença de 5%. Essa diferença possivelmente pode ser congênita. Entretanto, não houve diferenças estatísticas na análise. Desta forma, este trabalho não observou toxicidade ocular na população estudada.

Devido às limitações do teste e de uma necessidade de infraestrutura científica mais aplicada, são necessários mais estudos nesta região envolvendo outros testes toxicológicos e testes oftalmológicos para uma melhor comprovação da não toxicidade ocular observada no grupo de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KATHREN, R. L.; MOORE, R. H. Acute accidental inhalation of uranium: A 38-year follow-up. **Health Phys**, 51:609-620, 1986.

SPIEGL, C. J. Pharmacology and toxicology of uranium compounds. **McGraw-Hill Book Company, Inc.** 532-547, 1949.

DYGERT, H. P. Pharmacology and toxicology of uranium compounds. New York, NY: **McGraw-Hill Book Inc.**, 603-613, 1949a.

ALAVANJA, M. C. R. Biologic damage resulting from exposure to tobacco smoke and from radon: implication for preventive interventions. **Oncogene**, v. 21, p. 7365-7375, 2002.

ANTUNES, S.C., PEREIRA, R., MARQUES, S.M., CASTRO, B.B., GONÇALVES, F. Impaired microbial activity caused by metal pollution: a field study in a deactivated uranium mining area. **Science of the Total Environment**, v. 410, p. 87–95, 2011.

ARTAL, P. Optics of the eye and its impact in vision: a tutorial. **Adv. Opt. Photonics** 6, 340– 367, 2014.

ATSDR. Toxicological profile for uranium. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. **Agency for Toxic Substances and Disease Registry**. Atlanta, Georgia. 462 pp. 1999.

AZEVEDO, F. A.; CHANSIN, A. A. Da M. As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia. **Editora RIMA**, 2004.

BAILEY, M.R.; BERAL, V.; CLAYTON, B.; DARBY, S.C.; GOODHEAD, D.T.; HENDRY, J.H. The health hazards of depleted uranium munitions, 2001. Disponível em: <<https://royalsociety.org/policy/publications/2001/health-uranium-munitions-i/>>. Acesso em: 09 jan. 2020.

BASSI, C. J.; GALANIS, J. C.; HOFFMAN, J. Comparison of the Farnsworth-Munsell 100- Hue, the Farnsworth D-15, and the L' Anthony D-15 desaturated color tests. **Arch Ophthalmol**, 111(5): 639-41, 1993.

BEM, H.; BOU-RABEE, F. Environmental and health consequences of depleted uranium use in the 1991 Gulf War. **Environment International**, v. 30, p. 123-134, 2004.

BENJAMIN, W. J. Borish's Clinical Refraction. (**Butterworth Heinemann Elsevier**, 2006). doi:10.1016/B978-1-4160-5009-4.50004-2

BENSON, W. E. An introduction to color vision. In: Tasman W, Jaeger EA, editors. **Duane's Clinical Ophthalmology**. Philadelphia: Lippincott-Raven; p.1-19, 1995.

BENTO-TORRES, N. V. O.; RODRIGUES, A. R.; CÔRTEZ, M. I. T.; BONCI, D. M. D. O.; VENTURA, D. F, et al. Psychophysical Evaluation of Congenital Colour Vision Deficiency: Discrimination between Protans and Deutans Using Mollon-Reffin's

Ellipses and the Farnsworth-Munsell 100-Hue Test. **PLOS ONE** 11(4): e0152214, 2016.

BEREZOVSKY, A. Maturação funcional da retina em bebês prematuros. Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP. *Psicologia USP*, 18(2), 35–45, 2007.

BERTRAM, J.S. The molecular biology of cancer. **Molecular Aspects of Medicine**, v.21, p. 167-223, 2001.

BHUIYAN, M.A.H.; SURUVI, N.I.; DAMPARE, S.B.; ISLAM, M.A.; QURAIISHI, S.B.; GANYAGLO, S.; SUZUKI, S. Investigation of the possible sources of heavy metal contamination in lagoon and canal water in the tannery industrial area in Dhaka, Bangladesh. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.175, p. 633-649, 2010.

BLEISE, A.; DANESI, P. R.; BURKART, W. Properties, use and health effects of depleted uranium (DU): a general overview. **Journal of Environmental Radioactivity**, v.64, p. 93–112, 2003.

BONOTO, D. M.; SILVEIRA, G. de S. Geoquímica do Urânio aplicada a águas e minerais. São Paulo: Editora UNESP, 2006.

BRUNI, L. F.; CRUZ, A. A. V. Chromatic sense: types of defects and clinical evaluation tests. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 69(5), 766–775, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0004-27492006000500028>

BRUNI, L. F.; CRUZ, A. A. V. Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica”; *Arq. Brás. Oftalm*; 69(5):766-75, 2006.

CAI, Q.Y., MO, C.H., LI, H.Q., LU, H., ZENG, Q.Y., Li, Y.W., WU, X.L. Heavy metal contamination of urban soils and dusts in Guangzhou, South China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, p. 1095–1106, 2013.

CEARÁ. Secretaria de Recursos Hídricos. Atlas. 2015b. Disponível em: <atlas.srh.ce.gov.br>. Acesso em: 13 abril. 2020.

CHANG, A.C., PAGE, A.L., WU, L., KRAGE, N.J, CHEN, W. Fertilizer applications and trace elements in vegetable production soils of California. **Water Air Soil Pollution**, v.219, p. 190-219, 2008.

CHAUDHRY, M. A. Biomarkers for human radiation exposure. **Journal of Biomedical Science**, v. 15, p. 557–563, 2008.

COLLIN, H. B. Recognition of acquired colour defects using the panel D-15. **Aust J Optom**, 49:342-7, 1966.

COLLINS, A.; KOPPEN, G.; VALDIGLESIAS, V.; DUSINSKA, M.; KRUSZEWSKI, M.; MØLLER, P.; ROJAS, E.; DHAWAN, A.; BENZIE, I.; COSKUN, E.; MORETTI, M.; SPEIT, G.; BONASSI, S. The comet assay as a tool for human biomonitoring studies: **The ComNet Project. Mutation Research**, v. 759, p. 27 – 39, 2014.

COMPANHIA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. Revisão do plano de gerenciamento das águas das bacias metropolitanas e elaboração dos planos de gerenciamento das águas das bacias do litoral, Acaraú e Coreaú do estado do Ceará. Fortaleza, 2010.

CONCAS, A.; C. ARDAU, A.; CRISTINI, P.; ZUDDAS, G. C. A. O. Mobility of heavy metals from tailings to stream waters in a mining activity contaminated site. **Chemosphere**, v. 63, p. 244–253, 2006.

COREN, S. Sensation and Perception. In: WEINER, I. B. (Ed.) Handbook of Psychology, 1 ed. **New Jersey: John Wiley Professio**, 2003.

CORNWALL. Padre Ricardo. Amargor: o teste nuclear atmosférico clandestino sobre o sertão central, 06 de agosto de 1957. **Tipografia Iris**, Fortaleza: 2013.

CUNHA, C. S. M. **Metais pesados em solos, plantas e qualidade da água em área de mineração fósforo-uranífera**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

DAIN, S. J. Clinical colour vision tests. **Clinical and Experimental Optometry**, 87(4-5), 276-293, 2004. doi: 10.1111/j.1444-0938.2004.tb05057.x

DOMÉ, E. F. **Estudo do olho humano aplicado à optometria**. - 5^o edição – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2013 – (Série apontamentos).

DURAKOVIAE, A. Medical effects of internal contamination with uranium. **Croat Med J**, v. 40, p. 49-66, 1999.

DYGERT, H. P. Uranium tetrafluoride. In: Voegtlin C, Hodge HC, editors. Pharmacology and toxicology of uranium compounds. New York, NY: **McGraw-Hill Book Inc.**; pp. 603–614, 1949a.

EIA. Estudo de Impacto Ambiental – Projeto Santa Quitéria. São Paulo, Consórcio Santa Quitéria & Arcadis Logos Consultoria Ambiental, 2014.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Uranium in foodstuffs, in particular mineral water: Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. **The EFSA Journal**, v. 1018, p. 1-59, 2009.

FARNSWORTH, D. The Farnsworth dichotomous test for color blindness. **Journal of Consulting Psychology**, v. 11, n. 6, p. 339-340, 1947.

FARNSWORTH, D. The Farnsworth-Munsell 100-Hue Test for the examination of color discrimination. **Maryland: Munsell Color**; 1957.

FERNANDES, L. C.; URBANO, L. C. V.; LEÃO, N. N. R. Estudo comparativo dos testes portadores de visão subnormal. **ARQ. BRAS. OFTAL.** 61 (5), out. de 1998. <http://dx.doi.org/10.5935/0004-2749.19980028>

FLETCHER, R.; VOKE, J. Defective colour vision. Fundamentals, diagnosis and

management. **Bristol**: Adam Hilger; 1985.

FROTA, M. C. O IMAGINÁRIO ACERCA DA INSTALAÇÃO DA MINERAÇÃO DE URÂNIO EM SANTA QUITÉRIA, CEARÁ – ESTUDO SOBRE A RELAÇÃO DO SERTANEJO COM A TERRA. , v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2014.

GAO (United States General Accounting Office). Gulf War illness. Understanding of health effects from DU evolving but safety training needed. GAO/NSIAD-00–70, 2000.

GARCÍA-LORENZO, M. L.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, M. J.; PÉREZ-SIRVENT, C. Application of a plant bioassay for the evaluation of ecotoxicological risks of heavy metals in sediments affected by mining activities. **Journal of Soils and Sediments**, v.14, p.1753–1765, 2014.

GAVRILESCU, M.; PAVEL, L. V.; CRETESCU, I. Characterization of soil contaminated with uranium. **J. Harzard. Mater**, v.163, p. 475-510, 2009.

GOMES, A.J.P.; CRUZ, P.R.; BORGES, L.P. Recursos Minerais Energéticos: Carvão e Urânio. Capítulo IX, p. 577-601. In Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. CPRM, Brasília, 2003.

GOURAS, P. Color vision. In: Kandel EC, Schwartz JH, editors. Principles of neurologic science. **New York: Elsevier**; p.384-95, 1985.

GREENAWAY, F. John Dalton and the atom. New York: **Cornell University Press**; 1966.

GUIMARÃES, A.C. Avaliação dos efeitos carcinogênicos e genotóxicos do urânio como indicador de risco à saúde de residentes dos municípios de Monte Alegre, Prainha e Alenquer no Estado do Pará. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia Celular, Universidade Federal do Pará. Belém/PA, 2009.

GUIMARÃES, A.C.; ANTUNES, L.M.; RIBEIRO, H.F.; DOS SANTOS, A.K.; CARDOSO, P.C.; DE LIMA, P.L.; SEABRA, A.D.; PONTES, T.B.; PESSOA, C.; DE MORAES, M.O.; CAVALCANTI, B.C.; SOMBRA, C.M.; BAHIA, M DE O.; BURBANO, R.R. Cytogenetic biomonitoring of inhabitants of a large uranium mineralization area: the municipalities of Monte Alegre, Prainha, and Alenquer, in the State of Pará, Brazil. **Cell Biol Toxicol.**, v. 26, p. 403-419, 2010.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Tratado de Fisiologia Médica. 12ª ed. Rio de Janeiro, **Elsevier Ed.**, 2011.

HAHN, F.F.; GUILMETTE, R.A.; HOOVER, M.D. Implanted depleted uranium fragments cause soft tissue sarcomas in the muscles of rats. **Environ. Health Perspect.**, v. 110, p. 51–59, 2002.

HANAHAN, D., WEINGERG, R.A. The hallmarks of cancer. **Cell**, v. 100, 57-70, 2000.

HANAHAN, D.; WEINBERG, R.A. Hallmarks of Cancer: The Next Generation. **Cell**, v.

144, p. 646-674, 2011.

HARLEY, N.H. Toxic effects of radiation and radioactive materials. In Caserett and Doull's. Toxicology. **The Basic Science of Poisons**. Ed. By Curtis D. Klassen. 6th Ed. McGraw Hill International Edition, USA. Pp.917-944. 2001.

HORE-LACY, I. Uranium. In: Encyclopedia of Earth, Washington, D.C. 2015. Disponível em: <<http://www.eoearth.org/article/Uranium>>. Acesso em: 19 jan. 2020.

HUANG, H.; ZHANG, S.; WU, N.; LUO, L.; CHRISTIE, P. Influence of *Glomus etunicatum*/*Zea mays* mycorrhiza on atrazine degradation, soil phosphatase and dehydrogenase activities, and soil microbial community structure. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, p. 726–734, 2009.

HUNT, R. W. G.; POINTER, M. R. Measuring Colour. **John Wiley & Sons**, Ltd, 2011. doi:10.1007/978-1-4419-1197-1

ICRP. “Age-Dependent Doses To Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 3, Ingestion dose coefficients.” ICRP Publication 69. International Commission on Radiological Protection. **Pergamon Press**, Oxford, 1995.

INB – Indústrias Nucleares do Brasil. Qual a porcentagem de enriquecimento de urânio no Brasil? Setembro de 2019. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/qual-a-porcentagem-de-enriquecimento-de-uranio-no-brasil?Origem=1102>. Acesso em 26 de jan. de 2019.

INB – Indústrias Nucleares do Brasil. **Quem somos**. 2019. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/A-INB/Quem-somos/WebForms/interna?secao_id=48.%20> Acesso em: 19 dez. 2019.

INB – Indústrias Nucleares do Brasil. **Recursos**. 2020. Disponível em: <<http://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ur%C3%A2nio/Recursos>>. Acesso em: 19 dez. 2019.

INB – Indústrias Nucleares do Brasil. **Reservas**, 2011. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/Interna2.aspx?secao_id=48>. Acesso em: 19 dez. 2019.

INSTITUTO DE PSQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Anuário estatístico do Ceará. Fortaleza, 2014. Disponível em <<http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2014/territorio/divisao.htm>> . Acessado em: 14 abril 2020.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H; JESSEL, T. M. Princípios da neurociência. **Pereira ACG**, tradutor. 4th ed. São Paulo: Manole; p. 1412., 2003.

KATHREN, R. L.; MOORE, R. H. Acute accidental inhalation of uranium: A 38-year follow-up. **Health Phys.**;51:609–620, 1986.

KELEPERTZIS, E. Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterranean: insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. **Geoderma**, v. 222, p. 82–90, 2014.

KRASTEL, H.; MORELAND, F. D. Colour vision deficiencies in ophthalmic diseases. In: Foster DH, editor. *Inherited and acquired colour vision deficiencies: fundamental aspects and clinical studies*. **Boca Raton**: CRC Press; 1991.

KRILL, A. E. Evaluation of color vision. In: Krill AE, editor. *Hereditary retinal and choroidal diseases*. **London: Harper & How**; p.309-40, 1972.

KUMMAR, V.; ABBAS, A.; FAUSTO, N.; ROBBINS, S.L.; COTRAN, R.S. *Pathology Basis of Disease*, 7th edn., **WB Saunders**, China, 1552p., 2004.

LANTHONY, P. The desaturated panel D-15. **Documenta Ophthalmologica**, 46 (1), 185-189, 1978.

LINO, L.H. Optometria na atenção básica: uma proposta de melhoria na qualidade da saúde
NICK, J.; MCLANE, M. D.; DENIS, M.; CARROLL, M. D. Ocular manifestations of drug abuse. **Survey of Ophthalmology**. Volume 30, Issue 5, Pages 298-313, March–April 1986.

LOTTERING, M.J., LORENZEN, L., PHALA, N.S., SMIT, J.T., SCHALKWYK, G.A.C., 2008. Mineralogy and uranium leaching response of low-grade South African ores. **Minerals Engineering**, v. 21, p. 16–22, 2008.

LOURENÇO, J.; PEREIRA, R.; PINTO, F.; CAETANO, T.; SILVA, A.; CARVALHEIRO, T.; GUIMARÃES, A.; GONÇALVES, F.; PAIVA, A.; MENDO, S. Biomonitoring a human population inhabiting nearby a deactivated uranium mine. **Toxicology**, v. 305, p. 89-98, 2013.

LUNG, W. S.; LIGHT, R.N. Modelling copper removal in wetland systems. **Ecological Modelling**, v. 93, p. 89-100, 1996.

MACKNESS, B.; DURRINGTON, P. N.; MACKNESS, M. I. Low paraoxonase in Persian Gulf War veterans self-reporting Gulf War syndrome. **Biochem. Biophys. Res. Commun**, v. 276, p. 729–733, 2000.

MALHOTRA, A.; MINJA, F. J.; CRUM, A.; BURROWES, D. Ocular Anatomy and Cross-Sectional Imaging of the Eye. **Semin. Ultrasound, CT MRI** 32, 2–13, 2011.

MARIEB, E. N.; HOEHN, K. *Human Anatomy and Physiology*. (**Pearson Education**, Inc, 2013). doi:10.1007/BF00845519

MEDEIROS, M. A. ; DINIZ, A. S. A mina de tataia em Santa Quitéria- CE: o urânio e os riscos da exploração. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 17, n. 1, p. 80-96, Mar. 2015.

MELAMUD, A.; HAGSTROM, S.; TRABOULSI, E. I. Colour vision testing. **Ophthalmic Genetics**; 25(3):159-87, 2004.

MELO, R. D. De. RISCOS AMBIENTAIS, PROCESSOS DE VULNERABILIZAÇÃO E

CONTROVÉRSIAS EM TORNO DO PROJETO DE MINERAÇÃO DE URÂNIO E FOSFATO EM SANTA QUITÉRIA, CEARÁ. 2015. v. 53, n. 9, p. 1689–1699.

MELO, R. D. **Riscos ambientais, processos de vulnerabilização e controvérsias em torno do projeto de mineração de urânio e fosfato em Santa Quitéria, Ceará.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza 2015.

MILACIC S, PETROVIC D, JOVICIC D, KOVACEVIC R, SIMIC J. Examination of the health status of populations from depleted-uranium-contaminated regions. **Environmental Research**, v. 95, p. 2-10, 2004.

MILLER, A.C.; STEWART, M.; RIVAS, R. DNA methylation during depleted uranium-induced leukemia. **Biochimie**, v. 91, p. 1328-1330, 2009.

MOLLON, J. D. Introduction. In: Mollon JD, Pokorny J, Knoblauch K, editors. Colour and defective colour vision. New York: **Oxford University Press**.; 2003.

MONTEIRO, J. F. H. **O dragão de Itataia: mineração e modos de contestação e de legitimação dos discursos do desenvolvimento.** Tese (Doutorado em Sociologia) - Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

NASS, D. P. O Conceito de Poluição. Revista Eletrônica de Ciências. n. 13, 2002. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_13/poluicao.html>. Acesso em 19 de dezembro de 2019.

NAVARRO, M.C.; PÉREZ-SIRVENT, C.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, M.J.; VIDAL, J.; TOVAR, P.J.; BECH, J. Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: a case study in a semi-arid zone. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 96, p. 183–193, 2008.

NEWMAN, M.C. Fundamentals of Ecotoxicology. **Lewis Publishers**, Boca Raton, USA. 1998.

NRC (National Research Council). Review of the toxicologic and radiologic risks to military personnel from exposures to depleted uranium during and after combat. Washington, DC: **The National Academies Press**; 2008.

OBIORA, S. C., ANTHONY CHUKWU, THEOPHILUS C. Davies. Heavy metals and health risk assessment of arable soils and food crops around Pb e Zn mining localities in Enyigba, southeastern Nigeria. **Journal of African Earth Sciences**, v. 116, p. 182–189, 2016.

Optometria – Ciência da Visão: Joao de Sousa cunha Filho – 2012. Disponível em :<<http://www.croosp.org.br/wp-content/uploads/2013/04/Aspectos-Juridicos.pdf>> Acesso em 12/11/2018.

PEDROSA, I. Leonardo da Vinci e a teoria das cores. In: Pedrosa I, editor. **Da cor à cor inexistente**. Rio de Janeiro: Universidade de Brasília; p.37-51, 1982.

POKORNY, J.; SMITH, V. C.; LUTZE, M. Aging of the human lens. **Appl Optics**; 26:1437–1440, 1987.

POULANTZAS, Nicos. O Estado, o poder, o socialismo. Rio de Janeiro: **Graal**, 1985.

PRAT, O.; BÉRENGUER, F.; STEINMETZ, G.; RUAT, S.; SAGE, N.; QUÉMÉNEUR E. Alterations in gene expression in cultured human cells after acute exposure to uranium salt: Involvement of a mineralization regulator. **Toxicol In Vitro**, v. 24, p. 160– 168, 2010

PURVES, D.; AUGUSTINE, G. J.; FITZPATRICK, D.; KATZ, L. C.; LAMANTIA, A. S.; MCNAMARA, J. O.; WILLIAMS, S. M.; EDITORS. Neurociências. 2nd ed. Sunderland (MA): **Sinauer Associates**; 2001.

RIBEIRO, L. A. D. **Riscos e injustiça hídrica no semiárido: contribuição à avaliação de equidade ambiental do projeto de mineração de urânio e fosfato em Santa Quitéria, Ceará**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Programa de Pós- Graduação da Universidade Federal do Ceará, p. 188., 2016.

RIEGER, P.T. The Biology of Cancer Genetics. **Seminars in Oncology Nursing**, v.20, p.145-154, 2004.

RIGOTTO, R. M.; AGUIAR, A. C. P.; COSTA, D. S.; ALMEIDA, E. F. Análise do Estudo de Impacto Ambiental do projeto Santa Quitéria em suas relações com a Saúde Pública, a Saúde dos Trabalhadores e das Trabalhadoras e a Saúde Ambiental. Fortaleza, 2014.

RIORDAN-EVA, P; WHITCHER, J. Oftalmologia Geral de Vaughan & Asbury. Editora: **Mcgraw Hill**. Edição: p. 480., 17ª ed. 2011.

SAMPLE, P. A.; ESTERTON, F. D.; WEINREB, R. N, et al. The aging lens: in vivo assessment of light absorption in 84 human eyes. **Invest Ophthalmol**; 29:1306–11, 1988.

SANTOS, Milton. Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal. 16ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2008.

SCHWARTZ, S. H. Visual Perception - A Clinical Orientation, **McGraw-Hill Companies, Inc.**, 2010.

SERVICES, H. Toxicological Profile for Uranium. **ATSDR's Toxicological Profiles**, , n. September, 2002.

SHARON, M.; GWALTNEY-BRANT. Haschek and Rousseaux's Handbook of Toxicologic Pathology, **Third Edition**), 2013.

SILVA, E. C.; BARROS, M. R. S. Cartilha. No Ceará: a peleja da vida contra o urânio. Sobral: Cáritas Diocesana de Sobral, 2013.

SINGH, I.S.; JAISWAL, D.D.; NAIR, S.; VIJAYAGOPAL, P.; BHATI, S.; GARG, S.P.

Comparison of observed body retention of uranium in natural condition in an average Indian adult with the values predicted by the ICRP biokinetic model. **Radiat Prot Dosimetry**, v. 131, p. 425-430, 2008.

SNELL, R. S.; LEMP, M. A. Clinical Anatomy of The Eye. **Blackwell Science**, Inc., 1998. doi:10.1016/j.ophtha.2015.11.023

SPIEGL, C. J. Pharmacology and toxicology of uranium compounds. New York, NY: **McGraw- Hill Book Company**, Inc.; . pp. 532–547, 1949.

STRAND, L.A; MARTINSEN, J.I; BORUD, E.K. Cancer risk and all-cause mortality among Norwegian military United Nations peacekeepers deployed to Kosovo between 1999 and 2011. **Cancer Epidemiology**, v. 38, p. 364–368, 2014.

SWANSON, W. H. Color vision: assessment and clinical relevance. In: Fuller DG, Birch DG, editors. **Ophthalmology clinics of North America**. Philadelphia: WB Saunders Co; p.391- 413, 1989.

SWANSON, W. H.; COHEN, J. M. Color vision. **Ophthalm Clin North Am**;16 (2):179-203, 2003.

TEIXEIRA, A. C. A. Territorialização em Saúde: estudo das relações produção, ambiente, saúde e cultura na atenção primária à saúde. Programa de Apoio a Projetos Institucionais com Participação de Recém Doutores – CAPES/UFC, 2013.

TOXICOLOGICAL PROFILE FOR URANIUM. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. **Agency for Toxic Substances and Disease Registry**, 1999.

URNOVITZ, H.B.; TUIITE, J.J.; HIGASHIDA, J.M.; MURPHY, W.H. RNAs in the sera of Persian Gulf War veterans have segments homologous to chromosome 22q11.2. **Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology**, v. 6, p. 330–335, 1999.

VERRIEST, G. Further studies on acquired deficiency of color discrimination. **J Opt Soc Am.**;53:185-95, 1963.

WANG, E.; ZAMAN, N.; MCGEE, S.; MILANESE, J.S.; MASOUDI-NEJAD, A.; O'CONNOR-MCCOURT, M. Predictive genomics: A cancer hallmark network framework for predicting tumor clinical phenotypes using genome sequencing data. **Semin Cancer Biol**, v. 30, p. 4-12, 2015.

WEINBERG, R.A. A Biologia do Câncer. **Artmed**, Porto Alegre, 864p., 2008.

WHO, Department of Protection of the Human Environment. Depleted uranium sources, exposure and health effects. **WHO/SDE/PHE/01**, Geneva: WHO, 2001.

ZHANG, Q.; ZHOU, X. D.; DENNY, T.; OTTENWELLER, J. E.; LANGE, G.; LA MANCA, J. J.; LAVIETES, M. H.; POLLET, C.; GAUSE, W. C.; NATELSON, B. H. Changes in immune parameters seen in Gulf War veterans but not in civilians with chronic fatigue syndrome. **Clin. Diagn. Lab. Immunol**, v. 6, p. 6–13, 1999.

ZORIY, P.; OSTAPCZUK, P.; DEDERICHS, H.; HÖBIG, J.; LENNARTZ, R.; ZORIY, M. Biomonitoring of environmental pollution by thorium and uranium in selected regions of the Republic of Kazakhstan. **J Environ Radioact**, v. 101, p. 414-420, 2010.

APENDICE A - DECLARAÇÃO DO RESPONSÁVEL PELA PESQUISA

Eu, MARCELO CARRIZOSA MURCIA, declaro para os devidos fins e a quem possa interessar que no desenvolvimento do projeto de pesquisa “ INCIDÊNCIA DE TOXIDADE OCULAR EM COMUNIDADES PRÓXIMAS A MINA DE URÂNIO DE ITATAIA DEMONSTRADA COM O TESTE DE FARNSWORTH D-15”, e cumprirei os termos da Resolução CNS 196/96 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Declaro, ainda, que não há conflitos de interesses entre os pesquisadores e participantes da pesquisa. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto em questão.

Fortaleza, 27 de fevereiro de 2019.

Marcelo Carrizosa Murcia
Pesquisador orientador responsável.

Paulo Sergio Rodrigues Carvalho

Pesquisador principal.

APENDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você participa de um projeto de pesquisa sobre “INCIDÊNCIA DE TOXIDADE OCULAR EM COMUNIDADES PRÓXIMAS A MINA DE URÂNIO DE ITATAIA DEMONSTRADA COM O TESTE DE FARNSWORTH D-15”, da Faculdade RATIO, campus Fortaleza - Rogaciano através do curso de Tecnologia em Optometria. Temos como objetivo comparar

A decisão de participar deste projeto é sua. E para tanto, este documento contém todas as informações que você precisa saber para decidir se gostaria de participar ou não da pesquisa. Porém, se concordar em participar, deve ler atentamente as informações abaixo, esclarecer suas dúvidas com o pesquisador responsável pelo projeto e assinar esta declaração dando sua permissão para realização dos procedimentos.

1. Os procedimentos para avaliação optométrica são realizados por um acadêmico de optometria, sendo supervisionado pelo professor-pesquisador responsável.
2. Os testes realizados pelo acadêmico são procedimentos não invasivos e indolores.
3. O avaliado, ou seu responsável tem o direito de interromper a avaliação a qualquer momento.
4. Os procedimentos não terão custo nenhum para o avaliado.
5. Os procedimentos podem ser filmados ou fotografados para posterior apresentação dos resultados.

Endereço do(s) responsável (is) pela pesquisa:

<p>Pesquisador Responsável: Paulo SÉRGIO Rodrigues Carvalho Instituição: Faculdade RATIO, campus Fortaleza - Rogaciano / Endereço: Telefones para contato: (85) E-mail:</p>
--

O abaixo assinado _____, _____, anos, RG: _____, declara que de livre e espontânea vontade que está participando da pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro ainda estar recebendo uma cópia assinada deste termo e que minha participação é de caráter voluntário e não serei remunerado.

Cidade, ____/____/2019. Instituição de Ensino: _____

(nome e assinatura do representante legal / paciente)

(assinatura do responsável pela instituição de ensino)

(assinatura do acadêmico pesquisador)

APENDICE C - FICHA DE ANAMNESE

Nº de Controle: _____ Data da Avaliação: _____ / _____ / _____

1 – DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

1.1 Nome: _____

1.2 Sexo: Masculino (); Feminino ();

1.3 Data de Nascimento: _____ / _____ / _____

1.4 Idade: _____

1.5 Faixa Etária: De 16 à 30 anos (); De 31 à 45 anos ();De 46 à 60 anos (); Acima de 60 anos ();1.6 Cor: Branco (); Pardo (); Preto ();1.7 Estado Civil: Solteiro (); União Estável (); Casado ();Divorciado (); Viúvo ();1.8 Escolaridade: Fund. Incompleto (); Fund. Completo ();Médio Incompleto (); Médio Completo (); Superior Incompleto ();Superior Completo (); Pós-Graduação ();

1.9 Telefones para Contato: Residencial: _____ Celular: _____

2 – HISTÓRICO

2.1 Profissão atual: _____

2.2 Quanto tempo de trabalho

2.3 Jornada de trabalho semanal (horas) _____

2.4 Uso de equipamento de proteção individual? Não (); Máscara de
proteção (); Outros ();

Qual? _____

2.5 Profissão anterior _____

2.6 Dificuldades em discriminar cores? Sim (); Não ();2.7 Familiares com problemas em discriminar cores? Sim (); Não ();2.8 É fumante? Não (); Sim (); Quantos cigarros por dia?

2.9 Ingeri bebidas alcóolicas? Não (); Sim (); Quantas vezes por semana?
_____ **A quantidade é Pouca (); Moderada (); Muita ();**

2.10 Doenças Oculares (antecedentes pessoais e familiares)

2.11 Doenças Neurológicas

2.12 Medicamentos em uso

3. Doenças da fase adulta e infantil

4. Pressão Arterial:

5. Observações:
