



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

LUCAS SOUSA DIAS

**A VISÃO DA SOCIEDADE ARAGUAINENSE SOBRE FÍSICA  
NUCLEAR E SUAS APLICAÇÕES**

ARAGUAINA

2019

LUCAS SOUSA DIAS

**A VISÃO DA SOCIEDADE ARAGUAINENSE SOBRE FÍSICA  
NUCLEAR E SUAS APLICAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao colegiado de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial para a obtenção de título de Licenciado em Física.  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Érica Cupertino Gomes

ARAGUAINA

2019

LUCAS SOUSA DIAS

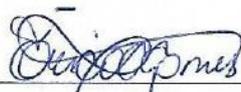
**A VISÃO DA SOCIEDADE ARAGUAINENSE SOBRE ENERGIA  
NUCLEAR E APLICAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao  
colegiado de Licenciatura em Física da  
Universidade Federal do Tocantins, como  
requisito parcial para a obtenção de título  
de Licenciado em Física.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Érica Cupertino  
Gomes

Aprovada em: 04 / 12 / 2019 .

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Érica Cupertino Gomes (orientadora)



---

Prof. Dr. Alexandre Silvestre da Rocha



---

Msc. Edgar Duarte Da Silva

Dedico esse trabalho a Deus, que nos criou e foi criativo nesta tarefa. Seu fôlego de vida em mim foi sustentado e me deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades. E aos meus pais, Rosilene B. Sousa e José Carlos Dias, cuja capacidade de amar e educar sempre esteve como vertente primordial na definição de família.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida.

Sou grato aos meus pais José Carlos Dias e Rosilene B. Sousa e minhas irmãs Vanessa Sousa Dias e Valeria Sousa Dias pelo incentivo aos estudos e pelo apoio incondicional.

À minha orientadora Dra. Érica Cupertino Gomes pela sua dedicação e paciência durante o projeto. Seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado final deste trabalho.

Gratidão pela participação dos professores Dr. Alexsandro Silvestre da Rocha e Msc. Edgar Duarte Da Silva na banca examinadora.

Também agradeço à Universidade Federal do Tocantins e aos seus docentes que nos incentivaram a percorrer o caminho da pesquisa científica.

*“Amargas são as raízes amargas da árvore da vida, porém doce são seus frutos”.*

*Aristóteles*

## RESUMO

Apresenta-se neste trabalho uma pesquisa de opinião pública com a população da cidade de Araguaína, visando o mapeamento do grau de conhecimento dos temas de Energia e Física Nuclear e suas aplicações na ciência e tecnologia. O objetivo desta abordagem é verificar entendimento da população do interior do Brasil frente à avanços tecnológicos da área Nuclear. Também foi possível compor uma base de informações que poderão ser utilizados como referência para trabalhos futuros. O trabalho foi realizado à partir da obtenção de dados por meio de pesquisa qualitativa aleatória e análises estatísticas. Como resultado geral observou-se a falta de informações confiáveis por parte da população araguainense.

**Palavras-Chaves:** Ciência, Tecnologia e Sociedade; Física Nuclear, Radioterapia, Irradiação de alimentos.

## **ABSTRACT**

This paper presents a public opinion survey with the population of the city of Araguaína, aiming to map the degree of knowledge of the themes of nuclear energy and physics and their applications in science and technology. The objective of this approach is to verify understanding of the population of the interior of Brazil in face of technological advances in the nuclear area. It was also possible to compose a database that can be used as a reference for future work. The work was performed from the data collection through random qualitative research and statistical analysis. As a general result, there was a lack of reliable information on the part of the Araguaina population.

**Keywords:** Science, Technology and Society; Nuclear Physics, Radiotherapy, Food Irradiation.

## LISTA DE SIGLAS

AIEA: Agência Internacional de Energia Atômica.

Aneel: Agência Nacional de Energia Elétrica.

AL: Acelerador Linear

BP: British Petroleum.

Bq: Sistema Internacional.

BR: Brasil;

CNEN: Comissão Nacional de Energia Nuclear.

CNEN: Comissão nacional de Energia Nuclear.

CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade

INB: Indústrias Nucleares Brasileiras.

IEA: International Energy Agency.

PT: Português.

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais.

PCN+: Parâmetros Curriculares Nacionais.

UNACON: Unidade de Radioterapia de Araguaína.

SC: Sistema Convencional.

TWh: Terawatt-hora.

WEC: World Energy Council.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Grau de escolaridade dos entrevistados:.....	26
Gráfico 2: Conhecimento sobre Física/Energia Nuclear:.....	27
Gráfico 2.1: Nunca ouviram falar sobre Física/Energia nuclear: .....	27
Gráfico 3: O que pensa o entrevistado sobre o tema: .....	28
Gráfico 3.1: Classificação outro:.....	29
Gráfico 4: Benefícios da Física/Energia nuclear: .....	29
Gráfico 4.1: A favor ou contra o uso de F.N em pesquisa ou tecnologia :.....	30
Gráfico 5: Favorável ou contrário ao uso de Física em ciência : .....	31
Gráfico 5.1: Grau de escolaridade:.....	31
Gráfico 5.2: Orientação dos que foram contrário ao estudo ou utilização da F.N: ....	32
Gráfico 5.3: Relação do tema Física Nuclear com sensacionalismo :.....	32
Gráfico 6: Física Nuclear aplicada na Medicina : .....	33
Gráfico 7: Conhecem a unidade de radioterapia do Tocantins : .....	34
Gráfico 8: Faz/Fez tratamento de radioterapia: .....	34
Gráfico 9: Conhece a diferença entre Teleterapia e Braquiterapia:.....	35
Gráfico 10: Física Nuclear na agricultura : .....	35
Gráfico 11: Acha que existe diferença entre Hidroelétrica e termoelétrica:.....	36
Gráfico 12: Irradiação de alimento: .....	37
Gráfico 13: Física nuclear na indústria : .....	37
Gráfico 14: Agencia de controle de energia nuclear :.....	38

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS).....</b>	<b>14</b>
<b>3. ENERGIA NUCLEAR.....</b>	<b>15</b>
3.1. O USO DA ENERGIA NUCLEAR NA MEDICINA.....	16
3.2. USO DA ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA .....	18
3.3. USO DA ENERGIA NUCLEAR NA INDÚSTRIA.....	19
3.4. USO DA ENERGIA NUCLEAR NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	21
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
4.1. PLANEJAMENTO E USO DE QUESTIONÁRIO PARA PESQUISA QUALITATIVA .....	23
4.2. INFERÊNCIA ESTATÍSTICA .....	24
<b>5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>39</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO APLICADO.....</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As grandes descobertas e a expansão da ciência, a partir do século XX, proporcionou e está oportunizando um melhor entendimento das propriedades e natureza da matéria, com profundas e revolucionárias aplicações no desenvolvimento científico e tecnológico. Assim, surge uma nova maneira de ver o mundo com mais tecnologia e uma ciência mais moderna e satisfatória, como destaca, Araújo (2013, pg. 63) “é importante caracterizar um grandioso movimento da Física e da história da ciência moderna, que trouxe profundas modificações na maneira de ver o mundo.”

Um grande avanço foi a razão carga/massa do elétron enunciada por J.J. Thomson. Também, Roentgen com a descoberta de um tipo de radiação que atravessava corpos opacos (CNEN, História da Física Nuclear. 2015, pg.05). Essas e outras descobertas foram aos poucos impulsionando a ciência moderna e tiveram um grande papel na sociedade por serem diretamente proporcionais a evolução do pensamento científico e aos avanços tecnológicos.

Já quase no final do séc. 19 Niepce de Saint Victor enunciou que radiações emitidas por um sal de urânio impressionavam uma chapa fotográfica (CNEN, História da Energia Nuclear. 2015, pg.05). Quase trinta anos depois Henri Becquerel, entusiasmado com os avanços da época, demonstrou que os sais de urânio emitem radiações análogas às dos Raios X e que impressionam chapas fotográficas. Infelizmente, os conhecimentos científicos da época não permitiram tirar maiores proveitos dessas descobertas. Tempos depois, Madame Curie, em Paris, descobriu, ao mesmo tempo que Schmidt na Alemanha, que entre os elementos conhecidos, o Tório apresentava características radioativas, do Urânio. Segundo a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN, 2015, pg. 06) “O casal Curie já explicava a radioatividade como uma propriedade atômica”.

Com o modelo atômico bem mais satisfatório que o anterior proposto por Thomson (1904), e com a ciência moderna bem satisfatório, Ernest Rutherford empenhou-se no estudo do núcleo do átomo, abrindo assim uma nova janela a Física que mais tarde seria conhecida como Física Nuclear. Segundo a (CNEN, 2015, pg.07) “Ernest Rutherford estabeleceu o modelo atual de átomo. Foi um dos físicos mais importantes do nosso século”.

Para acompanhar e entender os avanços científicos contemporâneos, dependemos cada vez de conhecimentos baseados na utilização de radiações e nos avanços na área da microtecnologia. Assim, como descrito no Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+):

Introduzir esses assuntos no ensino médio significa promover nas jovens competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática. (PCN+, 2018, pg. 77).

No contexto social, a Física Nuclear está presente no dia a dia de todos nós. Podemos falar em sua aplicação na geração de energia elétrica, medicina, indústria, (particularmente a farmacêutica), e na agricultura.

Sobre o papel da escola na qualificação científica o PCN+ (2018, pg. 77), destaca: “O cotidiano contemporâneo depende, cada vez mais intensamente, de tecnologias baseadas na utilização de radiações e nos avanços na área da microtecnologia”. Assim, fica evidente que cada vez mais a escola precisa atentar-se ao estudo de ciências baseada não só na construção do saber, mas também em aplicações científicas.

Realizar uma abordagem introdutória da Física Nuclear aos alunos do nono ano do ensino Fundamental é um desafio que abrirá as portas para o estudo da Física Moderna no Ensino Médio, uma vez que as informações e os conhecimentos adquiridos nesta área lhe servirão para a vida e para a sociedade. (SILVA, E.D, pg 13)

A compreensão desses aspectos pode propiciar um novo olhar sobre o impacto da tecnologia nas formas de vida contemporânea, além de introduzir novos elementos para uma discussão consciente da relação entre ética e ciência. (PCN+, 2018, pg. 77). Tendo como ponto de partida a visão da sociedade Araguainense sobre a Energia Nuclear e suas aplicações, esse trabalho buscou o mapeamento qualitativo e quantitativo do grau de conhecimento das aplicações básicas de Física e Energia Nuclear articulado com o papel da escola, internet e da mídia na formação do senso crítico sobre tema em questão. E ainda se buscou a composição de uma base de dados que poderá ser utilizada como referência para trabalhos futuros.

## 2. CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS)

Segundo Cutcliffe e Mitcham (2001, p. 84 apud Miranda, 2012, p. 57, tradução livre) “A educação científica deve preparar os indivíduos para usar a Ciência para melhorar as suas vidas e para lidar com um mundo cada vez mais tecnológico.”

O CTS é o movimento que pretende despertar o interesse da sociedade na criticidade e reflexão democrática dos fenômenos científico-tecnológicos, tendo em vista principalmente os aspectos socioambientais da sociedade contemporânea. (VAZ; FAGUNDES; PINHEIRO, 2009, P.100).

Para uma melhor compreensão acerca do que é CTS, seguimos a definição:

“a ciência como sendo um conhecimento verdadeiro para as descobertas de fenômenos, já a tecnologia diz respeito ao conjunto de conhecimentos científicos utilizados para otimizar a produção, a melhoria de bens e serviços. A sociedade é um grupo de indivíduos que vivem e compartilham um determinado sistema”. (VAZ; FAGUNDES; PINHEIRO, 2009, P.100).

A inclusão dos conhecimentos científicos na sociedade além de democratizar a ciência, provoca uma mudança na postura argumentativa e de entendimento do indivíduo frente as discussões acerca de temas do cotidiano relacionado a ciência e tecnologia. Essa mudança reflete nos níveis econômicos, político, social e também na evolução humana.

Cada pessoa apresenta um ponto de vista e postura sobre as questões científico- tecnológicas que, muitas vezes, vão de encontro aos próprios objetivos. Desse modo precisamos de uma imagem de ciência e de tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico-tecnológico, entendido como um produto resultante de fatores (PINHEIRO, 2005).

Neste sentido o trabalho visa expor o entendimento da comunidade araguainense, sociedade no interior do Brasil, frente a ciência e a tecnologia, na área da Física Nuclear.

### 3. ENERGIA NUCLEAR

O termo *energia* é tão amplo que é difícil pensar em uma definição simples, mas podemos seguir a definição da CNEN (2015) onde “a energia pode ser definida como resultado da realização de um trabalho”. Na prática, podemos observar a energia é observada pelos seus efeitos, podendo ser classificadas como: Energia Cinética, Energia Potencial, Energia Química, Energia Elétrica, entre outras.

Ao longo do desenvolvimento humano, muitas das tecnologias adquiridas foram usadas para fins diversos, pacíficos ou bélicos. Isso acontece com a eletrônica, a nanotecnologia, a medicina, as engenharias e também com a física nuclear. Os conhecimentos podem ser aplicados, e muita das vezes são, na guerra, mas também contribuem para melhorar a qualidade de vida da população. A Energia Nuclear, conhecida popularmente pelas bombas lançadas em 1945 sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, e também pelos acidentes césio 137 ocorridos no Estado do Goiás – ganhou um estigma que até hoje prejudica uma discussão ponderada sobre os riscos e benefícios advindos dessa tecnologia. No entanto, inúmeras atividades presentes em nosso dia a dia empregam, direta ou indiretamente e de modo seguro, as radiações nucleares.

Em 2006, a Energia Nuclear ocupou o penúltimo lugar entre as principais formas de produção de Energia Elétrica do mundo, segundo a *International Energy Agency* (IEA) cerca de 15% da produção mundial. O Brasil é o 11º consumidor mundial de Energia Nuclear, segundo dados da British Petroleum (BP, 2008), consumindo 12,4 TW correspondendo a 0,4% da nossa geração. O Brasil em 2007 segundo a *World Energy Council* (WEC, 2008) ocupava o 7º lugar em reservas de urânio e o 23º em centrais nucleares e potência instalada segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel, 2008).

As Indústrias Nucleares Brasileiras (INB) tem o monopólio da extração e processamento do urânio e demais minerais radioativos. A companhia é vinculada à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), uma autarquia federal subordinada ao Ministério da Ciência e Tecnologia e constituída para, em nome da união, exercer o monopólio da mineração de elementos radioativos, produção e comércio de materiais nucleares.

### 3.1. O USO DA ENERGIA NUCLEAR NA MEDICINA.

A Medicina Nuclear pode ser definida como:

Uma modalidade da Medicina direcionada essencialmente ao estudo de anomalias metabólicas e funcionais. É uma modalidade que, embora possa envolver procedimentos terapêuticos, tem no diagnóstico de patologias funcionais sua principal ação. (GARCEZ; SILVA e PAES, 2012, pg. 01).

O dia 8 de novembro de 1895 marca início a uma nova era, não só para a Física – particularmente a Física atômica e Nuclear – como também para a Medicina, para as ciências em geral, para a indústria e para a arte e teve como protagonista um professor de Física da Universidade de Würzburg, Wilhelm Conrad Röntgen. Na tarde daquela sexta-feira, Röntgen, trabalhando com um tubo catódico, descobriu “eine neue Art von Strahlen” (“um novo tipo de radiação”), que ele chamou de X-Strahlen (“raios X”). (CESARGO, 2010, pg. 13).

Em dezembro de 1895 Röntgen anuncia ao mundo a grande descoberta do Raio X, esse feito provocou um enorme interesse tanto para a comunidade científica quanto a não científica. Em Paris, Henri Poincaré fez um relato sobre o assunto e salientou o fato de que os raios X provocavam fosforescência tanto na parede do tubo de vácuo quanto sobre um écran<sup>1</sup> externo revestido de material fosforescente. (CESARGO, 2010, pg. 14). Ao ouvir isso, Henri Becquerel pensou imediatamente, em investigar outros materiais fosforescentes em condição de emitir raios semelhantes. Assim, descobriu a radioatividade natural emitida por sais de urânio, abrindo, desse modo, caminho para o nascimento da Física Nuclear. Henri Becquerel recebeu o Prêmio Nobel de Física, em 1903. (CESARGO, 2010, pg. 14).

No final de 1891, Marie Curie, residindo em Paris, onde pretendia estudar química na Universidade Paris-Sorbonne, deu prosseguimento às pesquisas de Becquerel. Formou-se na Sorbonne e, em 1896, casou-se com Pierre Curie, que já era um Físico de sucesso. (CESARGO, 2010, pg. 14).

Ao avançar ainda mais as pesquisas no campo da Física Nuclear, Marie Curie, universalmente conhecida como Madame Curie, descobriu que existiam elementos químicos muito mais radioativos do que o urânio: o tório, o rádio e o polônio (os dois

---

<sup>1</sup> superfície sobre a qual se reproduz a imagem de um objeto

últimos descobertos pelo casal Curie). Pierre e Marie Curie foram agraciados com o Prêmio Nobel em 1903, e o dividiram com H. Becquerel. (CESARGO, 2010, pg. 14). A grande descoberta do tório deu um novo impulso à pesquisa dos “raios de Becquerel”. Agora, percebia-se que esse não era um fenômeno isolado, que ocorria só no urânio. Marie Curie é quem dá a esse fenômeno o nome “radioatividade” e já defendia claramente a ideia de que a radioatividade é uma propriedade atômica. (MARTINS, 1990, pg.40).

Atualmente com o avanço da radiologia em diversas áreas médicas, o número de possibilidades terapêuticas utilizando a radiação ionizante aumentou consideravelmente. A radioterapia, por exemplo, está entre as principais aplicações terapêuticas. (SANTOS, 2014, pg.02)

Uma ferramenta importante no tratamento e diagnóstico de doenças são os radiofármacos, que são obtidos a partir de radioisótopos produzidos em reatores nucleares ou em aceleradores de partículas. Os radiofármacos são utilizados no diagnóstico de diversas patologias e são produzidos pela CNEN. (BiodieselBR, 2011)

Outra aplicação terapêutica da radiação ionizante é a Medicina Nuclear Terapêutica (MNT) que faz uso de fontes abertas de radiação, que são depositadas seletivamente em tumores ou órgãos específicos, sendo muitas vezes uma alternativa ao tratamento médico cirúrgico em casos de doenças benignas, como a tireotoxicose e a artrite (CHATAL; HOEFNAGEL, 1999).

As radiações nucleares são utilizadas também em diversas terapias, principalmente no tratamento de câncer. Uma das formas de aplicação da radiação consiste em se colocar uma fonte externa ao paciente, a uma certa distância do tumor a ser tratado (teleterapia). Os equipamentos utilizados em teleterapia com raio-X são aceleradores lineares (AL), máquinas de raio-X e os equipamentos com fontes radioativas (geralmente  $Co^{60}$ ) (GOMES, 2011). Outra forma de aplicação da radiação consiste na radioterapia mediante uma ou mais fontes seladas emissoras de raios gama ou beta utilizadas para aplicações superficiais, intracavitárias ou intersticiais (braquiterapia) (GOMES, 2011 *Apud* CNEN, 1990).

No Brasil, segundo a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) a produção desses radioisótopos no Brasil ocorre no Instituto de pesquisas energéticas e nucleares (Ipen), em São Paulo, e no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), no Rio

de Janeiro, ambos da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Por terem a meia vida muito curta, os radiofármacos para o uso em tomografia por emissão de pósitrons e elétrons são utilizados no local de produção. (BiodieselBR, 2011)

Hoje, na Medicina Nuclear as aplicações são diversas, indo do uso da radiação eletromagnética para diagnóstico e tratamento médico a radioterapia para tratamentos terapêuticos. Radioisótopos administrados a pacientes passam a emitir suas radiações do lugar (no caso, órgão) onde têm preferência em ficar. Um exemplo prático bem conhecido é o uso do iodo-131 (I-131), que emite partícula beta, radiação gama e tem meia-vida de oito dias. (BiodieselBR, 2011)

### 3.2. USO DA ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

A agricultura é a “artificialização pelo homem do meio natural, com o fim de o tornar mais apto ao desenvolvimento de espécies vegetais e animais, elas próprias melhoradas” René Dumont (BARROS, 1975).

A agricultura moderna, sobretudo a partir de meados da década de 1950, surge priorizando um modelo tecnológico baseado no preparo intensivo do solo, no uso de adubos minerais de alta solubilidade e agrotóxicos. (KAMIYAMA, 2011, pg.02). Esse modelo elevou a produtividade das culturas, mas gerou incontestáveis problemas ambientais, com destaque para a degradação dos solos por erosão, perda de matéria orgânica e compactação, devido à adoção de práticas agrícolas inadequadas, e os consequentes impactos sobre os recursos hídricos.

Com o fim da segunda guerra mundial, muitos fertilizantes nitrogenados, que eram usados na guerra como armamento bélico foram em grande parte realocados para a agricultura, para não serem descartados por não haver mais mercado.

Passou-se poucos anos e esse novo *modus operandi* da agricultura foi desgastando-se pelos incalculáveis prejuízos ambientais, assim, houve a necessidade de executar novas técnicas de operação agrícola.

Hoje se utiliza a Física Nuclear para muitas atividades agrícolas. Temos o exemplo do uso de traçadores radioativos, usado para acompanhar o metabolismo das plantas, verificando o que elas precisam para crescer, o que é absorvido pelas

raízes e pelas folhas, onde um determinado elemento químico fica retido. Uma planta que absorveu um traçador radioativo pode ser “radiografada”, permitindo localizar o radioisótopo. Para isso, basta colocar um filme, semelhante ao usado em radiografias e abreugrafias<sup>2</sup>, sobre a região da planta durante alguns dias e revelá-lo.

Nos alimentos para consumo humano,

A radiação gama elimina microrganismos patogênicos, como a *Salmonella typhimurium*. A irradiação de frutas, além de suprimir infestações indesejadas, eleva a vida útil do produto e aumenta o tempo para seu consumo, ao contrário da desinfecção com calor, que acelera o processo de amadurecimento. (BiodieselBR, 2011)

Outra aplicação na agroindústria é a aplicação da técnica ‘macho estéril’ para o combate de pragas na lavoura. Nessa técnica, a capacidade de reprodução das pragas é controlada pela produção de macho esterilizado da praga a ser combatida e que depois são soltos na região infestada, diminuindo a população ao afetar sua capacidade de reprodução. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) esse processo é usado por países como Estados Unidos, México, Guatemala e Argentina no combate à mosca-da-fruta (*Ceratitis capitata*). No Brasil, está em implantação um projeto semelhante no Nordeste, na região de produção de mangas e uvas, com patrocínio de prefeituras, governos estadual e federal, contando com auxílio da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). (BiodieselBR, 2011)

### 3.3. USO DA ENERGIA NUCLEAR NA INDÚSTRIA

O uso da Energia Nuclear na indústria moderna nos países desenvolvidos tem sido muito importante para a melhoria dos processos de medição, automação e controle de qualidade.

---

<sup>2</sup> Método de fixar em chapa fotográfica de dimensão reduzida a imagem obtida por radioscopia.

No Brasil, segundo dados do BiodieselBR a indústria é uma das maiores usuárias das técnicas nucleares, respondendo por cerca de 30% das licenças para utilização de fontes radioativas. Essas técnicas são empregadas para as seguintes aplicações:

Elas são empregadas principalmente para a melhoria da qualidade dos processos nos mais diversos setores industriais. As principais aplicações são na medição de espessuras e de vazões de líquidos, bem como no controle da qualidade de junções de peças metálicas. (BiodieselBR, 2011)

A aplicação de radioisótopos mais conhecida na indústria é a radiografia de peças metálicas ou gamagrafia industrial. Utilizam-se com maior frequência nesses processos fontes como Cobalto-60, o Irídio-192, o Césio-137 e o Amerício-241. Seu uso torna-se indubitável em medidores de nível, espessura e umidade, devido a facilidade de penetração da radiação em diversos materiais, como também a variação de sua capacidade de perda gradual de intensidade com a densidade do meio que atravessa, seu uso torna-se bem evidente (GUIMARÃES, 2018). Na indústria de papel, esses medidores são utilizados para garantir que todas as folhas tenham a mesma espessura (padrão de gramatura), para atender às exigências de qualidade do mercado mundial, enquanto, na indústria de bebidas, a radiação é usada para controle de enchimento de vasilhames.

Outro uso importante das radiações nucleares está na aplicação de traçadores radioativos. Nesse método, uma substância com material radioativo é injetada em um meio, e é feito um acompanhamento de seu comportamento nos processos que se deseja observar. Traçadores radioativos também têm sido cada vez mais utilizados para detectar problemas de vazamentos e mau funcionamento em grandes plantas da indústria química, permitindo economia de tempo e de dinheiro.

Na exploração de petróleo, fontes de nêutrons são utilizadas em processos para determinar o perfil do solo, enquanto outras podem auxiliar a distinguir, nesse processo, a quantidade de água, gás e óleo existentes no material extraído, facilitando e barateando o processo de exploração.

Cada vez mais utilizados, os irradiadores industriais são instalações com compartimentos onde o material a ser tratado é exposto à radiação que irá matar bactérias e microrganismos, podendo ser usado como um processo de esterilização.

Segundo a Biodiese IBR, existem no mundo hoje cerca de 160 irradiadores industriais funcionando, sendo seis no Brasil. Essas instalações são utilizadas para irradiar e esterilizar materiais cirúrgicos, remédios, alimentos, materiais de valor histórico etc.

### 3.4. USO DA ENERGIA NUCLEAR NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A Energia Nuclear, na era moderna, por muitos anos foi a grande esperança da humanidade por ser considerada uma energia praticamente inesgotável (PEREIRA, 2001): afinal, 10 kg de óxido de urânio ( $U_3O_8$ ) são capazes de produzir tanta energia quanto 1 tonelada de petróleo (BEN, p. 152 - EPE, 2005). Porém, com os acidentes em Three Mile Island (1979) e Chernobil (1986), a ausência de solução definitiva da disposição do lixo atômico e os altos custos da geração retardaram por um período a sua veloz tendência de crescimento. (BRASIL, PDN, 2007, pg.13)

Com a grande expansão científica e tecnológica, a metodologia científica foi-se aprimorando e assim melhorando cada dia mais as análises e prognósticos dos fenômenos e eventos no mundo. Com uma roupagem mais moderna e ferramentas mais precisas, novos debates foram ganhando espaço nas academias de ciência, e problemas como; mudanças climáticas associadas ao aquecimento global, somado a pressão de demanda do mercado globalizado e os preços dos hidrocarbonetos com a busca pela segurança de suprimento energético, favorecem a opção nuclear, reativando novamente a discussão sobre a opção energética nuclear (PDN, 2007, pg.13). A Energia Nuclear terá um importante papel a cumprir nas próximas décadas na geração de Energia Elétrica, embora haja dúvidas quanto à sua magnitude (IAEA, 2004). Muitos países estão reexaminando sua estratégia neste ponto.

No Brasil, uma das principais finalidades da energia nuclear produzida a partir do átomo de urânio é a geração de Energia Elétrica. Podemos definir Usina Nuclear como sendo “usinas térmicas que usam o calor produzido na fissão para movimentar vapor de água, que, por sua vez, movimenta as turbinas em que se produz a eletricidade”. (BiodieselBR, 2011).

Conhecida desde a década de 40, nos últimos anos, a Energia Nuclear passou a ser considerada uma fonte limpa, uma vez que sua operação gera baixos volumes

de emissão de gás carbônico CO<sub>2</sub>, principal responsável pelo efeito estufa e, em consequência, pelo aquecimento global, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Em 2006, a Energia Nuclear ocupou o penúltimo lugar entre as principais formas para produção de Energia Elétrica do mundo, segundo a *International Energy Agency* (IEA) foi superada por hidroeletricidade, gás natural e carvão e superou apenas o petróleo. Ainda assim, de acordo com a estatísticas da IEA, em 2006 responderam por 1,4% da produção total da produção energética Brasileira. Como a Energia Nuclear é usada quase que exclusivamente para a produção de Energia Elétrica, sua participação no ranking global de fontes de Energia primária (que também considera outros usos da Energia) é menor: 6,2% ou 727,94 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, segundo a *International Energy Agency* (IEA).

O Brasil possui 3 termonucleares, são elas; Angra 1,2 e 3. Na praia de Itaorna, município de Angra dos Reis (RJ), está localizada a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – CNAAA, composta de duas usinas em operação – Angra 1, de 640 MW, de fornecimento Westinghouse, e Angra 2, de 1.350 MW, de fabricação Siemens/KWU, ambas utilizando a tecnologia dos reatores a água pressurizada. No mesmo sítio está localizada a usina Angra 3, em fase de construção, semelhante a Angra 2, porém, com potência nominal elevada para 1.405 MW. As duas usinas nucleares da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – CNAAA, têm uma potência nominal de 1990 MW (ELETRONUCLEAR,2018).

## 4. METODOLOGIA

O passo inicial consistiu-se de uma pesquisa qualitativa com o uso de questionários de opinião pública, previamente elaborado, que foi respondido por voluntários escolhidos aleatoriamente em vias principais da cidade de Araguaína.

Por se tratar de pesquisa de opinião pública não identificada, o trabalho não foi avaliado pelo Conselho de Ética em Pesquisa (CEP). De acordo com a Resolução 510 de 2016, art. 1º, parágrafo único: “Não serão registradas nem avaliadas pelo sistema CEP/CONEP: I – pesquisa de opinião pública com participantes não identificados”.

Com o uso do questionário buscamos quantificar o grau de entendimento da sociedade Araguainense sobre as aplicações da Física Nuclear em ciência com o objetivo de levantar informações para compor uma base de dados que poderão ser utilizados como referência para trabalhos futuros.

### 4.1. PLANEJAMENTO E USO DE QUESTIONÁRIO PARA PESQUISA QUALITATIVA

Um questionário é tão somente um conjunto de questões, elaborado com o intuito de obter dados necessários para verificar se os objetivos de um projeto foram atingidos. Para construí-lo é necessário aplicar tempo e esforço no planejamento das questões elaboradas. Infelizmente não existe uma metodologia padrão para o desenvolvimento de questionários, porém existem recomendações de diversos autores com relação a essa importante tarefa no processo de pesquisa científica.

Segundo Antonio José Manzato (2012) “Um questionário deve obedecer a algumas regras básicas onde a principal é que possua uma lógica interna na representação exata dos objetivos e na estrutura de aplicação, tabulação e interpretação”. Assim, neste trabalho a elaboração do questionário segue-se da seguinte forma: após a identificação do pesquisador, do pesquisado e dos filtros da pesquisa, foram colocadas as questões propriamente ditas do questionário (Apêndice 1).

Existem três tipos de questionários: questionário aberto, fechado e misto (Ricardo Arturo, 2001); (Tomás García, 2003). O questionário do tipo aberto é aquele que favorece o livre pensamento e a originalidade. Já o questionário do tipo fechado tem maior objetividade quanto ao que foi questionado.

“O questionário do tipo aberto é aquele que utiliza questões de resposta aberta. Este tipo de questionário proporciona respostas de maior profundidade, ou seja, dá ao sujeito uma maior liberdade de resposta, podendo esta ser redigida pelo próprio[...]. O questionário do tipo fechado tem na sua construção questões de resposta fechada, permitindo obter respostas que possibilitam a comparação com outros instrumentos de recolha de dados. Este tipo de questionário facilita o tratamento e análise da informação, exigindo menos tempo. (PEIXOTO; AMARO, 2006).

O outro tipo de questionário é o misto, pois como o próprio nome indica apresenta questões de resposta aberta e de resposta fechada.

Na pesquisa, foi utilizado o questionário do tipo misto. Cada questão foi examinada em termos de capacidade de satisfazerem as propostas e objetivos.

## 4.2. INFERÊNCIA ESTATÍSTICA

A Teoria Estatística é a ferramenta científica que define os procedimentos para os planejamentos amostrais e técnicas de estimativa. As técnicas de amostragem, tal como o planejamento amostral, são amplamente utilizadas para conhecer as características da população. Segundo Steven K. Thopmson (2012) “Amostragem consiste em selecionar parte de uma população para observar, de modo que seja possível estimar alguma coisa sobre toda a população. ”

Nos planejamentos amostrais, a coleta dos dados deve ser realizada seguindo-se uma metodologia adequada para que os resultados sejam generalizados para a população como um todo. Assim, o processo de inferir uma característica ou propriedade de uma população a partir de uma amostra de tamanho possivelmente reduzido, selecionada de maneira aleatória (probabilística) daquela população. (VIEIRA e BESSAGATO, 2013, pg.14)

A pesquisa utilizou o cálculo amostral para recolher e registrar de maneira aleatória, os dados sobre o assunto estudado, como discriminado a abaixo;

$$n = \left( \frac{N \cdot p \cdot q \cdot (Z)^2}{p \cdot q \cdot (Z)^2 + (N - 1) \cdot E^2} \right)$$

Onde:

$n$  - amostra calculada

$N$  – Valor da população – 177527 Habitantes estimulado para 2018, IBGE.

$Z$  – Valor crítico para o grau de confiança desejado – foi utilizado 1,96 (95%)

$E$  – Erro padrão – foi utilizado  $\pm 5\%$

$p$  – proporção de resultados favoráveis da variável na população

$q$  – proporção de resultados desfavoráveis da variável na população.

Substituindo na expressão citada acima, obteve-se;

$$n = \left( \frac{177517 \cdot (0.25) \cdot (1.96)^2}{(0.25) \cdot (1.96)^2 + (177517 - 1) \cdot (0.05)^2} \right)$$

$$n = 394 \text{ pessoas}$$

Portanto, arredondou-se o número para 400 pessoas pesquisadas, assim os requisitos mínimos necessários desse caráter foram obedecidos. Como o formulário possui perguntas condicionadas a respostas anteriores esse número amostral diminui.

## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

A pesquisa ocorreu na cidade de Araguaína no estado do Tocantins entre os dias 22/07 ao dia 07/08 de 2019 e foi realizada com 400 voluntários escolhidos aleatoriamente, de diferentes graus de escolaridade, que trafegavam pela avenida principal da cidade. O questionário foi realizado com adultos. As idades não foram objeto de pesquisa em função de que o foco é a escolaridade, independentemente da idade.

Segue abaixo no gráfico 1 os dados da pesquisa referente a primeira pergunta que se tratava do grau de escolaridade dos entrevistados.

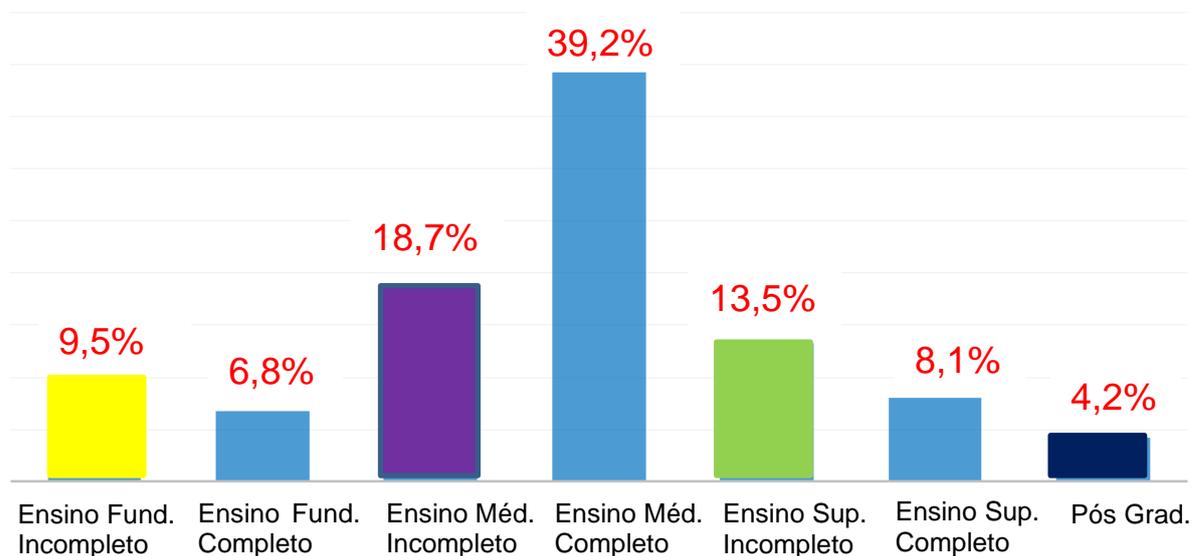


Gráfico 1: Percentual dos entrevistados segundo o grau de escolaridade

Conforme observado no gráfico 1: 39,2% dos pesquisados possuem nível médio completo de escolaridade, 18,7% ensino médio incompleto, 13,5% superior incompleto, 9,5% ensino fundamental incompleto, 8,1% superior completo, 6,8% ensino fundamental completo e 4,2% pós-graduação. A maioria dos entrevistados possuem escolaridade acima do ensino médio completo e este fato será destacado, pois 310 entrevistados são a favor da utilização da Física/Energia Nuclear tanto para pesquisa quanto para usos em tecnologia, mostrando assim a grande influência do nível de escolaridade no posicionamento sobre o tema.

Quando perguntado aos entrevistados sobre conhecimentos de Física Nuclear eles responderam conforme o gráfico 2.

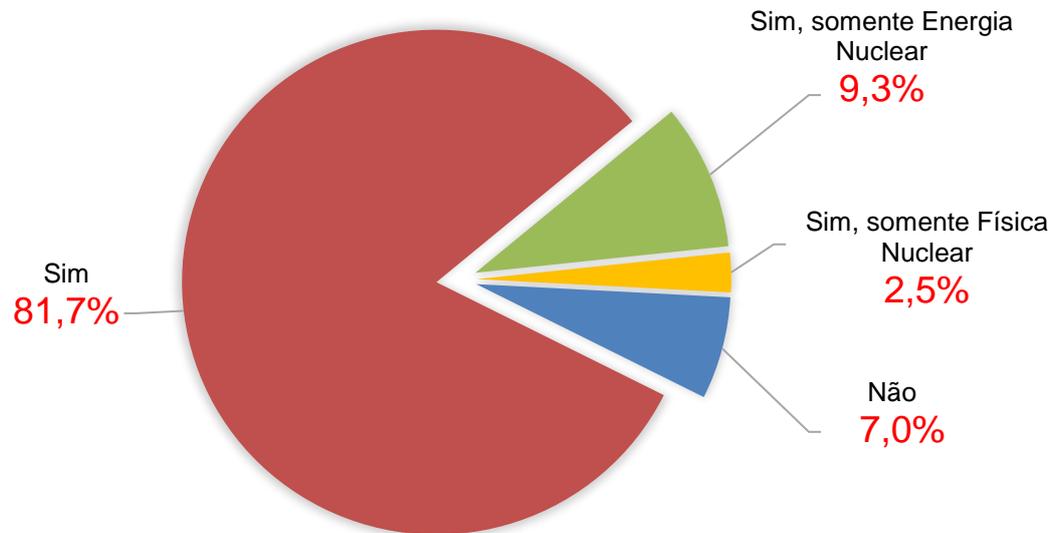


Gráfico 2: Percentual de pessoas com conhecimentos sobre Física/Energia Nuclear

Do gráfico 2 podemos verificar que 81,7% dos pesquisados já ouviram falar sobre Física/Energia Nuclear, 9,3% somente Energia Nuclear e 2,5 % somente Física Nuclear. Dos 7,0% que relataram nunca ter ouvido falar sobre Física/Energia Nuclear, destaca-se no gráfico 2.1 o grau de escolaridade dos relacionados.

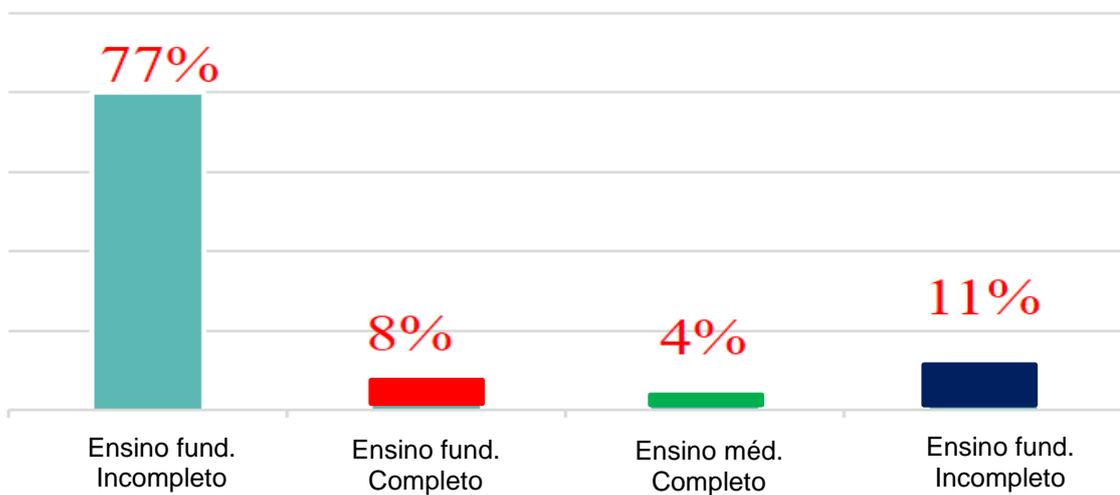


Gráfico 2.1: Percentual de pessoas que nunca ouviram falar em Física/Energia Nuclear

Do gráfico 2.1 pode-se observar que o grau de conhecimento sobre o tema é inversamente proporcional ao grau de escolaridade que os entrevistados possuem, haja vista, que; 77,0% das pessoas que relataram nunca ter ouvido falar sobre Física/Energia Nuclear possuem o ensino fundamental incompleto; 11,0% ensino

médio incompleto; 8,0% ensino fundamental completo e apenas 4,0% possuem ensino médio completo.

Segue abaixo, no gráfico 3, os dados da pesquisa referente a terceira pergunta do questionário que se refere ao pensamento do entrevistado quanto Física Nuclear. Essa pergunta e as seguintes foram feitas somente a 372 pessoas que relataram conhecer o tema Física/Energia Nuclear, 93.0% da amostra total. Os 7% que afirmaram não conhecer o tema Física/Energia nuclear não participaram das perguntas seguinte.

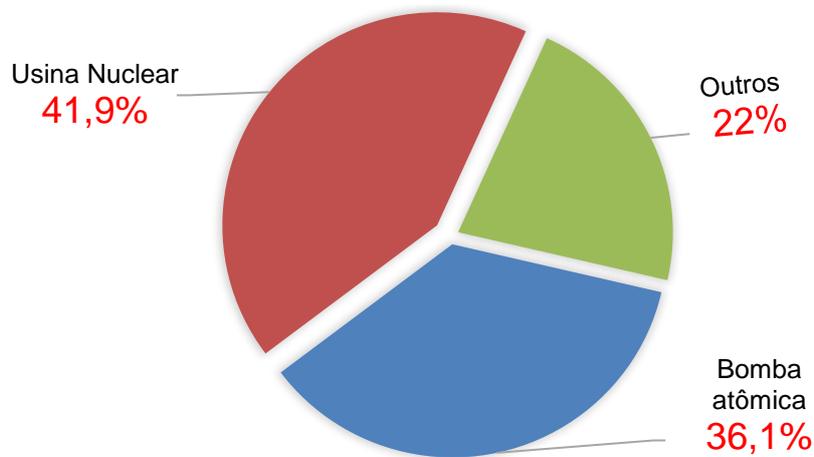


Gráfico 3: O que pensam os entrevistados sobre o tema

O gráfico 3 corresponde a 372 pessoas que relataram conhecer Física/Energia Nuclear e delas 156 disseram pensar inicialmente em Usina Nuclear, 134 em bombas atômica e 82 apresentam outros pensamentos, detalhadas no gráfico 3.1 abaixo.

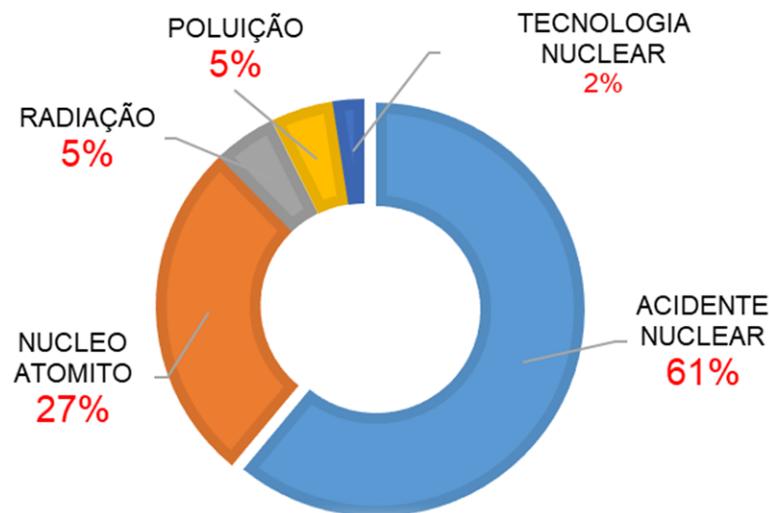


Gráfico 3.1: Percentual de pessoas que pensam em aplicações diferentes da Física Nuclear.

Conforme o gráfico 3.1, dos 61,0% dos entrevistados que afirmaram pensar em acidente nuclear e poluição nuclear, 86% deles disseram ter ouvido falar de Física Nuclear na mídia e na internet, o que nos permite inferir que alguns meios de comunicação influenciaram na opinião dos entrevistados. Dos 39,0% que relataram lembrar primeiramente de núcleo atômico, radiação, energia nuclear e tecnologias nucleares, 92,0% deles revelaram ter se informado sobre o tema na escola ou universidade. Esse dado é relevante pois articula os conhecimentos adquiridos na escola com uso de tecnologia nuclear.

Segue abaixo a quarta pergunta, no qual se buscou informações do conhecimento do entrevistado sobre os benefícios da Física nuclear. Participou dessa pergunta apenas os 372 entrevistados que responderam à pergunta anterior.

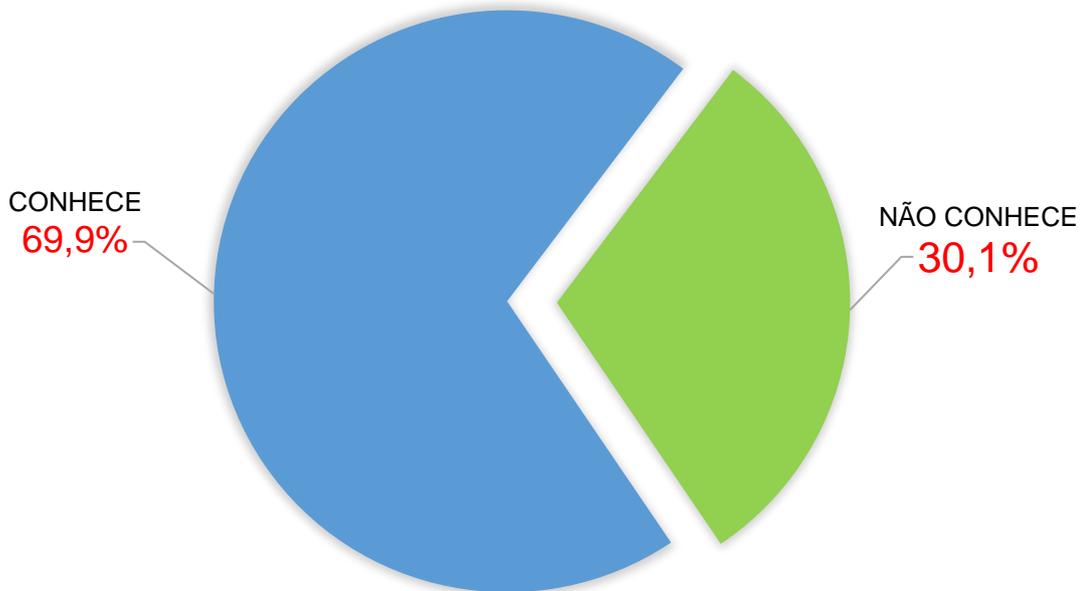


Gráfico 4: Quantitativo de pessoas que conhecem os benefícios da Física /Energia nuclear

Conforme o gráfico 4: 260 entrevistados relataram conhecer os benefícios da Física Nuclear e apenas 112 não conhecem.

Das 112 pessoas que relatam não conhecer os benefícios da Física/Energia nuclear, 48 pessoas relataram não ser a favor do estudo e utilização de Energia Nuclear em ciência e/ou tecnologia e 64 delas são a favor, como descrito no gráfico 4.1 abaixo em termos de percentual.

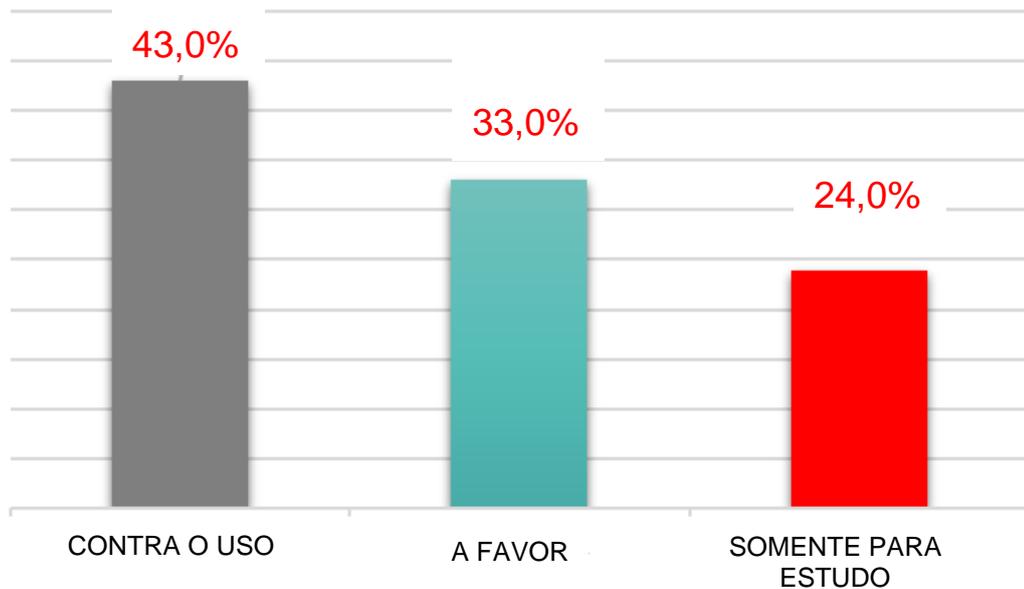


Gráfico 4.1: Percentual de pessoas favoráveis e contrárias ao uso de F.N em pesquisa ou tecnologia

Por não conhecer os benéficos da Física/Energia Nuclear muitos optam pelo posicionamento contrário ao estudo ou utilização da Física/Energia Nuclear em ciência e/ou tecnologia. Entretanto, 73.0% destes quando perguntado “*Quando você pensa em Física ou Energia Nuclear, o que vem à mente?*” responderam bombas nucleares e acidente nuclear.

Segue abaixo os dados da pesquisa referente a quinta pergunta do questionário, na qual se questiona o posicionamento do entrevistado em relação ao estudo e utilização da Física Nuclear em ciência e/ou tecnologia. Essa pergunta foi feita apenas as pessoas que responderam à pergunta anterior, 372 pessoas.

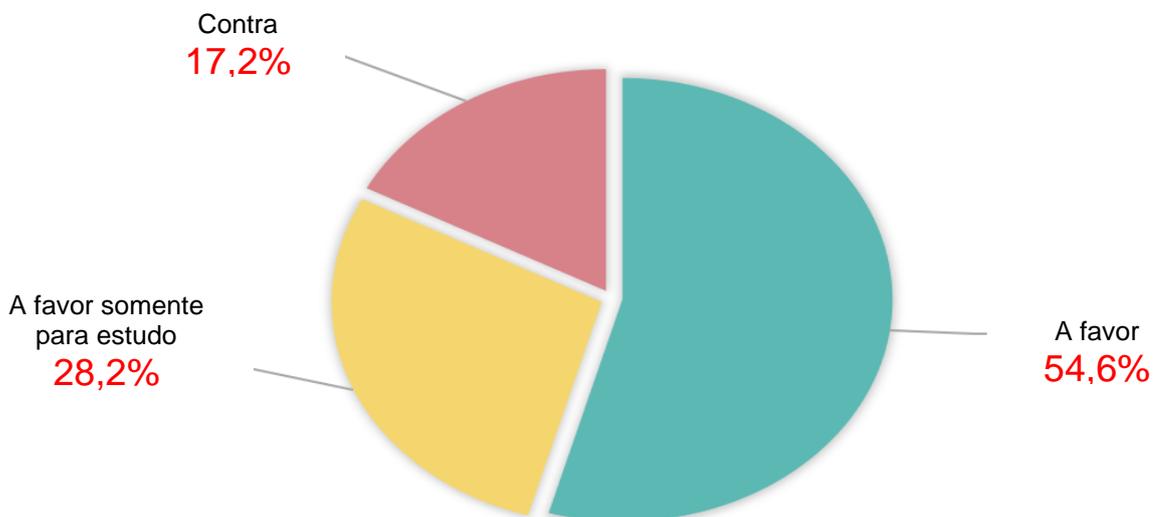


Gráfico 5: Pessoas favoráveis ou contrárias ao uso de Física em ciência

O gráfico 5 corresponde a 372 entrevistados, nos quais, 203 entrevistados relataram ser a favor do estudo e utilização da energia nuclear em ciência e tecnologia, 105 são favoráveis a utilização, somente para estudos e 64 declararam ser contra a utilização de Energia Nuclear em ciência e/ou tecnologia.

A pesquisa mostrou que o posicionamento contrário ao estudo ou qualquer utilização da Física/Energia nuclear está diretamente relacionada ao grau de instrução e ensino dos pesquisados. Destes, 22,0% declararam ter o ensino fundamental incompleto, 26,0% ensino fundamental completo, 26% ensino médio incompleto, 12,0% ensino médio completo, 12,0% ensino superior incompleto e apenas 2,0% possuem o ensino superior completo, como mostra o gráfico abaixo 5.1.

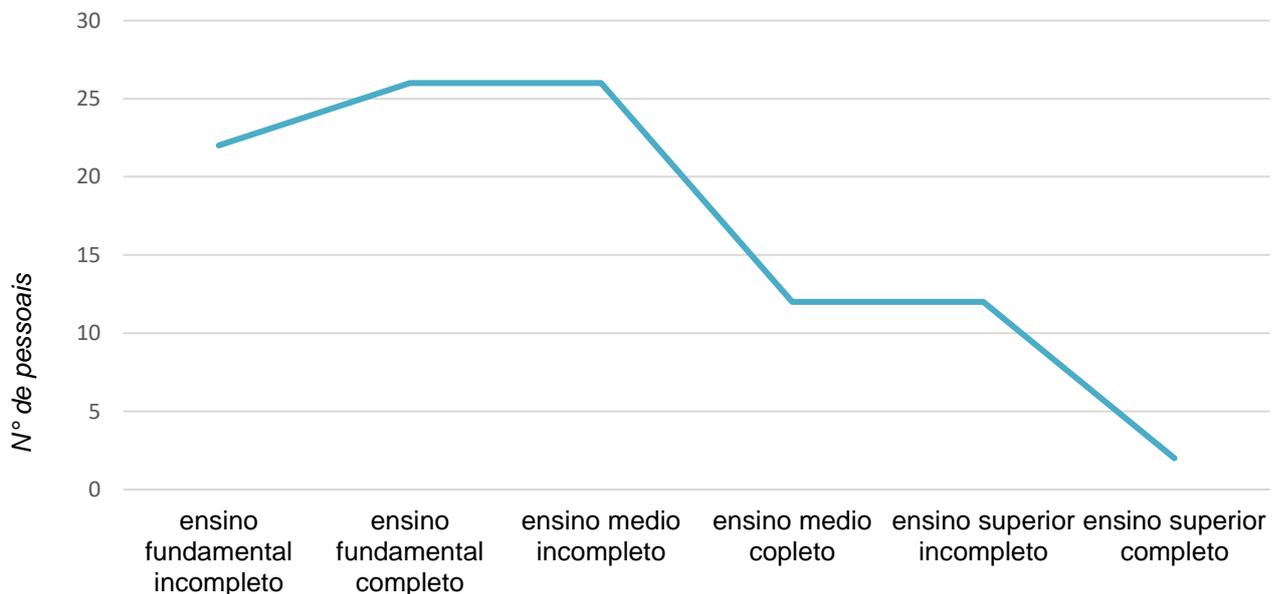


Gráfico 5.1: Grau de escolaridade

Outro fator que merece reflexão é que, dos 64 entrevistados que se posicionaram contrário o estudo ou utilização da Física Nuclear, 44 pessoas conheceram o tema na mídia; 18 na internet e apenas 2 na escola.

Destaca-se ainda, que quando questionados sobre “*Quando você pensa em Física ou Energia Nuclear, o que vem à mente?*”, 53,0% associam a bomba atômica, 41,0% forneceram outras afirmativas, como acidente nuclear, irradiação e poluição nuclear, e somente 6,0% relacionam à produção de energia, como mostra o gráfico 5.2 abaixo.

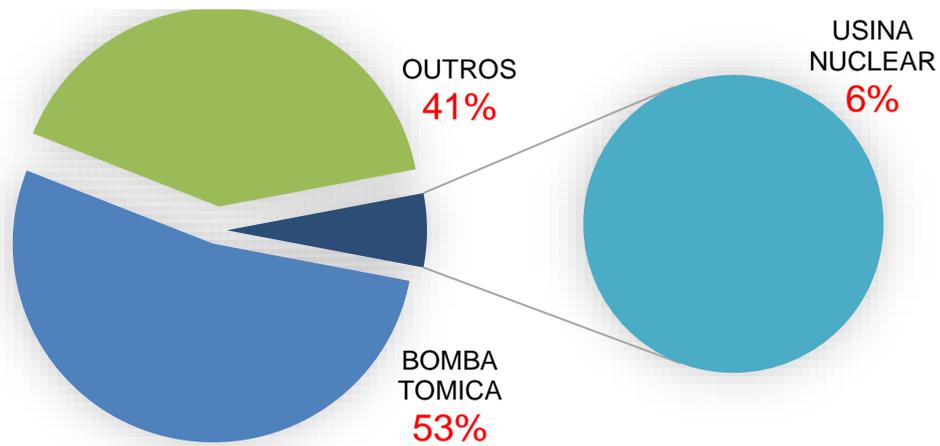


Gráfico 5.2: Relação do tema Física Nuclear com o sensacionalismo negativo

Segue abaixo, no gráfico 6, os dados referentes a sexta pergunta do questionário, na qual foi perguntado se o entrevistado conhece o uso/aplicação da Física Nuclear na medicina. Essa pergunta foi feita aos 372 entrevistados que responderam conhecer o tema.

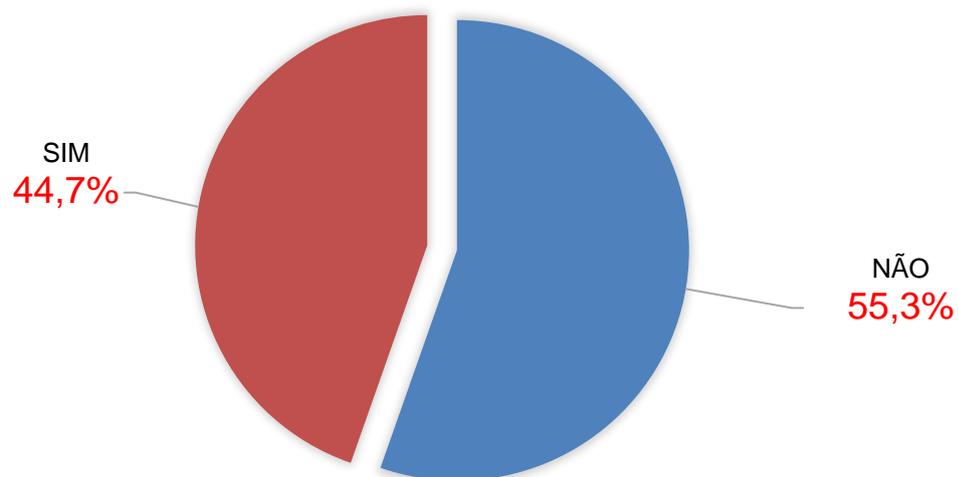


Gráfico 6: Percentual de pessoas que conhecem a Física Nuclear aplicada na medicina

O gráfico 6 corresponde a 372 pessoas, no qual, 166 entrevistados relataram conhecer o uso/aplicação da Energia nuclear na medicina e 206 declararam não conhecer.

Das 206 pessoas que declaram não conhecer o uso/aplicação da Energia nuclear na medicina (correspondendo aos 55,3%), 124 delas conhecem alguém que faz/fez tratamento de radioterapia, destas, 100 possuem ensino médio completo e superior. Assim, pode-se observar que grande parte dos que declararam não conhecer o uso/aplicação da Física/Energia nuclear na medicina são pessoas que

fez/fazem uso das tecnologias nucleares no seu dia a dia e em tese teriam conhecimento para associar a atividade vista no dia a dia ao tema. Destaca-se que o Parâmetro Curricular Nacional (PCN+) orienta a consideração do conteúdo de matéria e radiação na 3ª série do Ensino Médio, o que serviria de base para a associação do tema física/energia nuclear com a aplicação e os benefícios.

A sétima pergunta do questionário buscou saber se o entrevistado conhece as unidades de radioterapia no Estado. Essa pergunta e a oitava carregam uma peculiaridade, no início das entrevistas eram dadas como encerradas as perguntas dos entrevistados que relatavam não conhecer Física/Energia nuclear, isso para não comprometer os dados finais, porém quando havia sido realizado a pesquisa com 16 pessoas, observou-se que poderia ser feito a sétima e a oitava pergunta para todos os entrevistados independentemente de relatarem conhecer o tema ou não. Assim, as sétima e oitava perguntas foram feitas a 384 pessoas. Segue abaixo o gráfico 7 referentes a sétima pergunta.

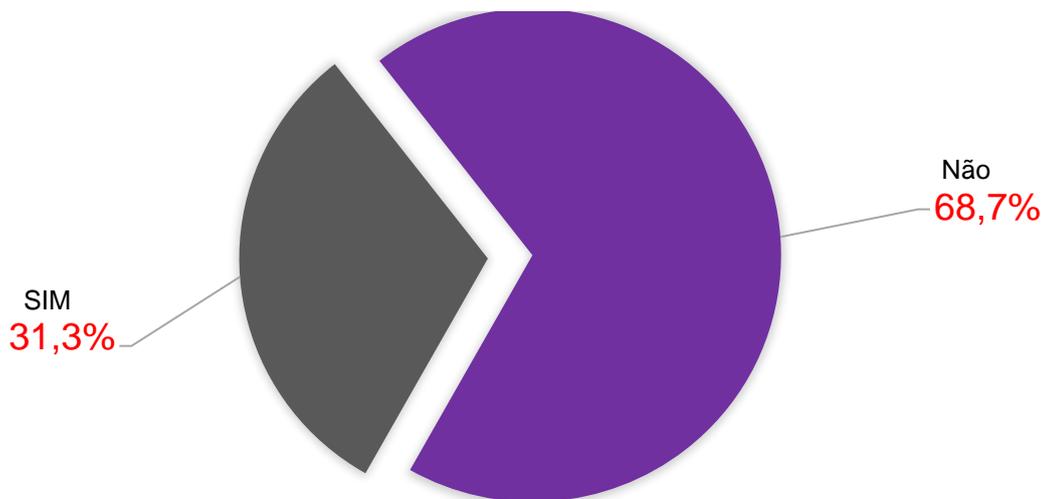


Gráfico 7: Percentual de pessoas que conhecem ou não as unidades de radioterapia no Tocantins

Do gráfico 7, 68,7% dos entrevistados relataram conhecer a unidade de radioterapia do estado e 31,3% declararam não conhecer.

Segue abaixo os dados da oitava pergunta.

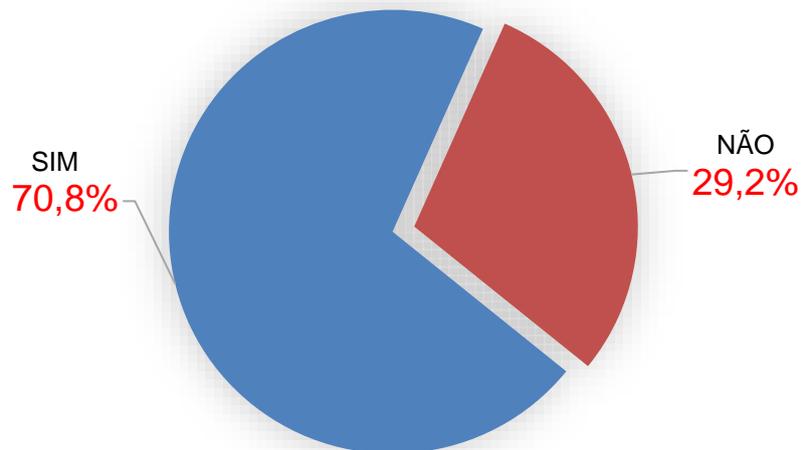


Gráfico 8: Percentual de pessoas que já fizeram ou fazem tratamento de radioterapia, 384 pessoas

Do gráfico 8, 70,8% declararam conhecer a unidade de tratamento de radioterapia e 29,2% declararam não conhecer.

Das 400 pessoas entrevistadas 28 pessoas nunca haviam ouvido falar de Física/Energia Nuclear. Delas, 13 responderam que conhecem o tratamento de radioterapia. Assim, podemos inferir que alguns respondentes não relacionam a radioterapia com a Física Nuclear, demonstrando desinformação básica sobre o tema.

A nona pergunta do questionário buscou saber dos entrevistados se eles conheciam os dois tipos de radioterapia (teleterapia e braquiterapia). Abaixo os dados referentes a essa pergunta.

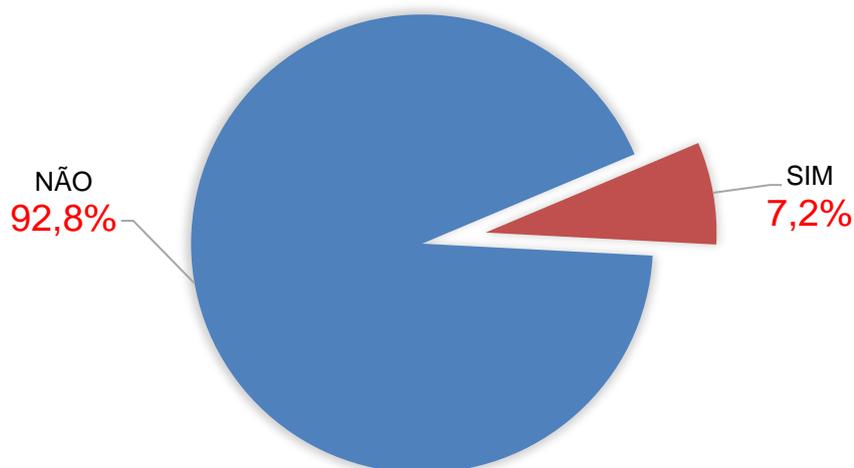


Gráfico 9: Percentual de pessoas que conhece a diferença entre teleterapia e braquiterapia.

O gráfico 9 abrange as respostas de 372 pessoas. Pode-se observar que 92,8% relataram não conhecer a diferença entre os diferentes tipos de radioterapia. Este dado não é surpreendente, pois, os diferentes tipos de tratamentos são pouco difundidos.

A décima pergunta refere-se à aplicação da Física Nuclear na agricultura, na qual foi perguntada se o entrevistado conhece tal aplicação. Abaixo os dados referentes a pergunta.

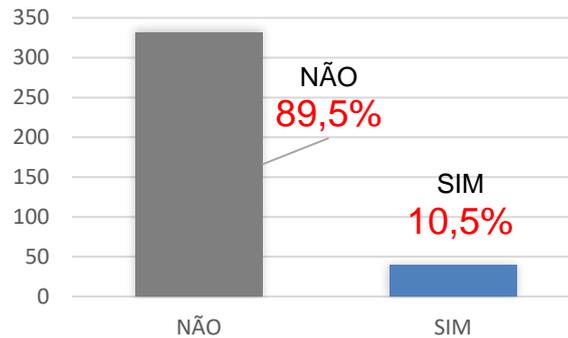


Gráfico 10: Percentual de conhecimento da Física Nuclear na agricultura

O gráfico 10 corresponde a 372 respondentes. Destes, 333 respondentes relataram não conhecer as aplicações da Física nuclear na agricultura e apenas 39 declararam conhecer.

Dos 333 entrevistados que desconhecem as aplicações da Física nuclear na agricultura, 262 relataram conhecer o uso/aplicação da Energia Nuclear na medicina. Um dos motivos possíveis é a escassez de informações sobre uso de tecnologia nuclear na área de alimentos. Além disso, a única unidade pública de radioterapia do Estado é localizada na cidade da pesquisa, Unidade de Radioterapia de Araguaína (UNACON).

A décima primeira pergunta foi: “*Você acha que existe diferença entre a energia gerada em uma fonte convencional (Hidroelétrica ou térmica por exemplo) e a energia elétrica gerada por um reator nuclear?*”. Essa pergunta foi feita aos 372 entrevistados que relataram conhecer o tema. Segue abaixo no gráfico 11 os dados referente a essa pergunta.

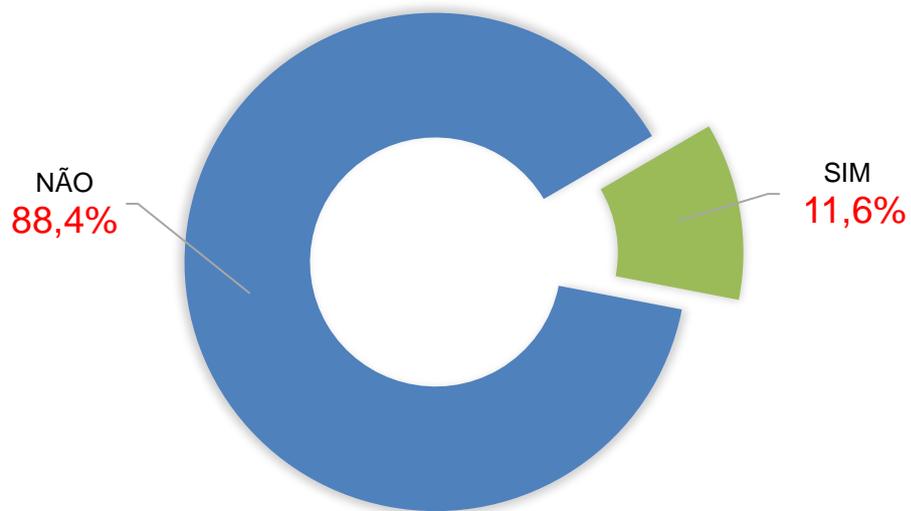


Gráfico 11: Das diferenças existentes entre Hidroelétrica e termoelétrica

Do gráfico 11, 88,4% delas relataram acreditar não existir diferença entre a energia gerada em uma fonte convencional (Hidroelétrica ou térmica por exemplo) e a energia elétrica gerada por um reator nuclear e apenas 11,6% acreditam ter diferença.

A décima segunda pergunta questiona o entrevistado se ele consumiria alimento que passou por técnica de irradiação, técnica essa usada para preservação de alimentos. Abaixo, no gráfico 12, os dados referentes a essa pergunta.

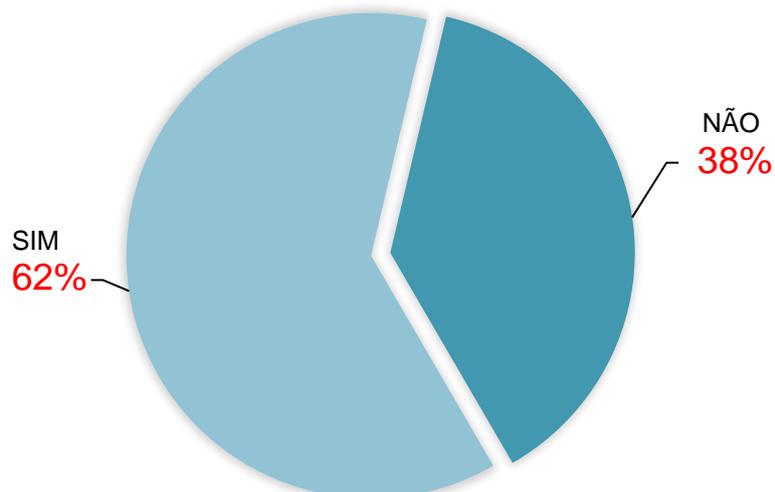


Gráfico 12: Percentual de pessoas que consumiriam alimento que passou por técnica de Irradiação de alimentos

O gráfico 12 corresponde a 372 respostas, em que 62,0% delas dizem não ter receio em consumir alimento que passou pela técnica de irradiação e apenas 38,0% declararam que não consumiriam.

A décima terceira pergunta trata-se da aplicação da Física Nuclear na indústria. Abaixo o gráfico 13 com os dados correspondentes.

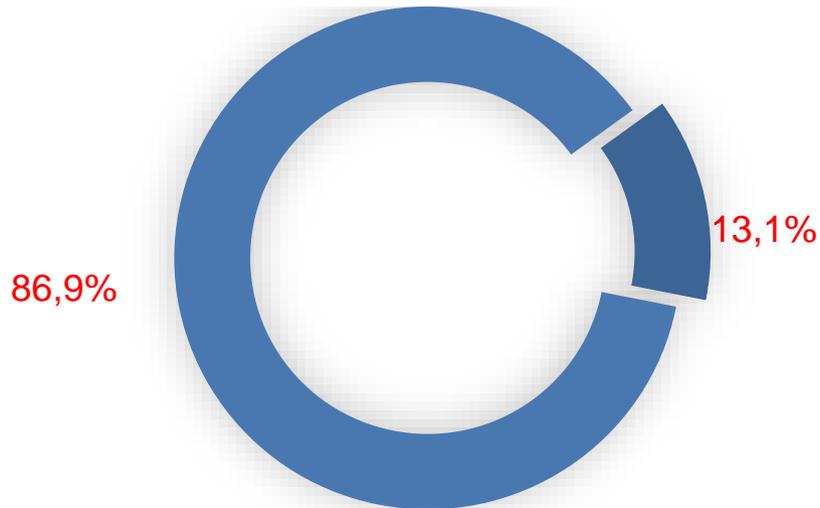


Gráfico 13: Percentual de pessoas que conhecem a aplicação da Física Nuclear na indústria

O gráfico 13, relativo à resposta de 372 pessoas, mostra que 86,9% delas relataram não conhecer as aplicações da Física Nuclear na indústria e apenas 13,1% declararam conhecer.

A décima quarta pergunta questiona o entrevistado sobre conhecimentos sobre a existência de agências de controle de energia Nuclear, no Brasil e no mundo. Abaixo os dados relativos às respostas.

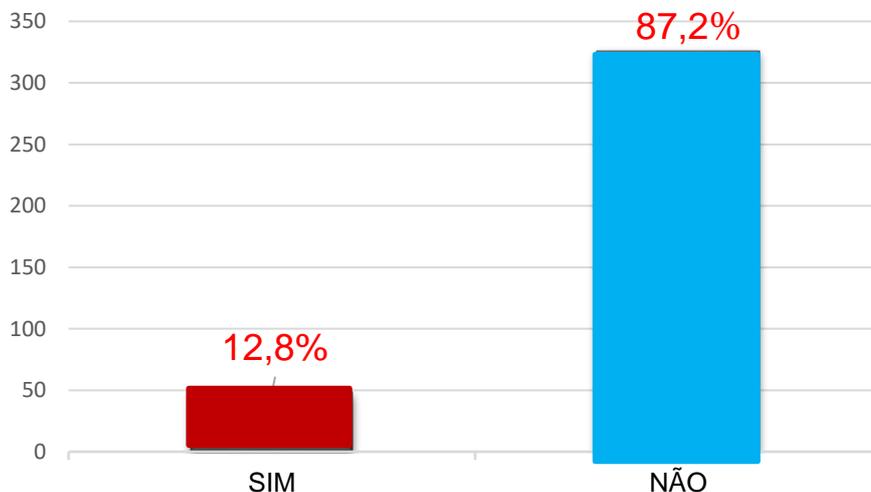


Gráfico 14: Percentual de pessoas que conhecem agências de controle de energia Nuclear

Do gráfico 14, 87,2% dos entrevistados relataram não saber que no Brasil e no mundo existem agências de controle de energia nuclear, em contrapartida, 12,8% declaração saber da existência.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos na pesquisa, permitiram concluir de maneira generalizada, que a sociedade Araguainense possui conhecimentos restritos acerca das aplicações básicas de Tecnologia Nuclear.

Um resultado que merece destaque é que existem pessoas que não reconhecem a radioterapia como tecnologia nuclear. Embora a cidade tenha a única unidade de radioterapia pública do estado do Tocantins, os aspectos científico-tecnológicos da área devem ser mais explorados na educação básica e contribuir para o letramento científico. Pode-se inferir que a escola não tem exercido adequadamente o seu papel de preparar os alunos para entender o cotidiano contemporâneo, que depende, intensamente de tecnologias baseadas na utilização de radiações. Entretanto tal visão de realidade é estimulada e proposta pelo PCN+ e, embora atualmente esteja em vigor a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), no qual tal perspectiva se mantém.

Como mostram os dados analisados no capítulo anterior, a mídia tem se posicionado de uma forma bem participativa na disseminação de desinformação ou informações parciais e tem influenciado os debates acerca do tema em questão, reforçando ainda mais os estigmas negativos construídos historicamente. Conclui-se, portanto, que o senso comum da população sofre influências substanciais da mídia e da internet.

Este trabalho também construí uma base de dados estatísticos que podem ser utilizados como referências para trabalhos futuros.

Sendo assim, conclui-se que a sociedade estudada poderia ser cientificamente melhor educada, especialmente nas possibilidades da tecnologia nuclear. A imagem de ciência e de tecnologia arraigada nesta população pode ser associada ao desenvolvimento regional. Por fim, a ciência aliada a tecnologia contribui efetivamente com a sociedade desenvolvida.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, Daiane A. Ribeiro. **Ensino contemporâneo**, Copyright, São Paulo. 2013.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) – disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)> acessado em: 21 dez. 2018
- BARROS, Henrique. **Os grandes sistemas de organização da economia agrícola**. 1ª edição. Livraria Sá da Costa Editora, Lisboa. 1975.
- BiodieselBR – Aplicações da Energia Nuclear: Indústria - disponível em <<https://www.biodieselbr.com/energia/nuclear/energia-nuclear-industria>> acessado em: 22 de dez. 2018.
- BP Global – disponível em <[www.bp.com](http://www.bp.com)> acessado em: 21 dez. 2018
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN, Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2018.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **PND – Plano Nacional de Energia. Geração Termonuclear**; Brasília, 2007. 13p. Disponível em: < <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacaoTermonuclear.pdf> > acessado em 18/11/2019
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 maio 2016. Art. 1º. Parágrafo único. Pg. 01. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>>. Acesso em: 14 janeiro 2020.
- CESAREO, Roberto. **Dos raios X à bomba atômica (1895–1945)**. Os 50 anos que mudaram o mundo. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2010.
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **História da energia nuclear**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/component/content/article?id=150>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

CUPERTINO, Érica, G. **Análise de confiabilidade humana de procedimentos de radioterapia via redes bayesianas**. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_G1. **Estados Unidos se retiram de acordo de armas nucleares com a Rússia**. Disponível em: < <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2019/08/02/estados-unidos-se-retiram-de-acordo-de-armas-nucleares-com-a-russia.ghtml>> . Acesso em: 15 jan. 2019.

GUIMARÃES, E. F; LIMA, C. M. A; SILVA, F. C. A. **Utilização e condições de proteção radiológica de medidores nucleares no Brasil**. Sociedade Brasileira de proteção a radiologia SBPR. Rio de Janeiro, 2018.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) – disponível em: <[www.iea.org](http://www.iea.org)> acessado em: 21 dez. 2018

IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Sítio contendo informações sobre a tecnologia nuclear e seu uso no mundo. Disponível em: <http://www.iaea.org/>. Acesso em: 21.mar.2019.

LARSON, Ron, E FARBER, Betsy – **Estatística Aplicada**, Ed. Pearson, São Paulo, 2010.

MANZATO, Antônio José e SANTOS, Adriana Barbosa. **A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa**. Disponível em: <[http://www.inf.ufsc.br/~verav/Ensino\\_2012\\_1/ELABORACAO\\_QUESTIONARIOS\\_PESQUISA\\_QUANTITATIVA.pdf](http://www.inf.ufsc.br/~verav/Ensino_2012_1/ELABORACAO_QUESTIONARIOS_PESQUISA_QUANTITATIVA.pdf)> acesso em: 09 nov. 2018.

MARTINS, Roberto de A. **Como Becquerel não descobriu a radioatividade**. UNICAMP Campinas, Departamento de Raios Cósmicos e Cronologia Instituto de Física. São Paulo, 1990.

\_\_\_\_Medicina Nuclear – disponível em: <[http://portaldaradiologia.com/?page\\_id=58#none](http://portaldaradiologia.com/?page_id=58#none)> acesso em: 22 dez. 2018

MIRANDA, Elisangela Matias. **Tendências das perspectivas Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) nas áreas de educação e ensino de ciências: uma análise a partir de teses e dissertações brasileiras e portuguesas** / Elisangela Matias Miranda. – São

Carlos: UFSCar, 2013. 292 f. Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

NEA/ODCD – NUCLEAR ENERGY AGENCY. Projected Costs of Generating Electricity. Acesso em: 18 dez. 2018.

PEIXOTO, Ana Isabel; Amaro. **Utilização de vídeo digital no trabalho laboratorial em ensino da química: uma experiência no 12º ano.** Faculdade de ciências da universidade do porto, Departamento de Química. Portugal, 2006.

PEREIRA, N. M. Energia Nuclear: Da Energia Inesgotável À Energia Limpa. In: **Revista Brasileira de Energia.** Junho/2001.

PINHEIRO, N. A. M. **Educação Crítico-Reflexiva para um Ensino Médio Científico-Tecnológico:** a contribuição do enfoque CTS para o ensino-aprendizagem do conhecimento matemático. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

\_\_\_\_Ricardo Arturo, R. (2001); **El Cuestionario;** Disponível em <<http://www.nodo50.org/sindpitagoras/Likert.htm>> acessado em 09 dezembro de 2018.

SILVA, Ribeiro, M. D. M. C., REIS, A., CARVALHO, A. RODRIGUES, G.; **Actividades laboratoriais de Química para o 12º ano – Acção nº 7/2006.** Departamento de Química, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Julho de 2006.

THOMPSON, S. K. (2012). Sampling, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New Jersey.

SILVA, E., D.; **FÍSICA NUCLEAR, uma abordagem introdutória para o 9º ano do Ensino Fundamental.** Universidade Federal do Tocantins. Araguaina,2018.

THOMPSON, S. K. (2012). Sampling, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New Jersey.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B; PINHEIRO, N. A. M.; **O Surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na Educação: Uma Revisão.** Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia – PPGET. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Paraná, 2009..

VIERA, M.T; BESSEGATO, L. F. **Elementos de estatística, noções de amostragem**. Departamento de Estatística, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2013.

## APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO APLICADO

- 1- Qual seu grau de escolaridade? \*
- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental incompleto | <input type="checkbox"/> Ensino Médio completo      |
| <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental completo   | <input type="checkbox"/> Ensino superior incompleto |
| <input type="checkbox"/> Ensino Médio incompleto       | <input type="checkbox"/> Ensino Superior completo   |
|  | <input type="checkbox"/> Pós-graduação              |
- 2- Já “ouviu falar” sobre Física Nuclear e/ou Energia Nuclear? \*
- sim
- sim, somente Física Nuclear
- sim, somente Energia Nuclear
- não
- 2.1- Se a resposta for “sim”, onde?
- na escola
- na faculdade
- na mídia
- internet
- outro
- 2.1.1- Se a resposta for outro: qual? \_\_\_\_\_
- 3- Quando você pensa em Física ou Energia Nuclear, o que vem à mente? \*
- bomba atômica
- usina Nuclear
- outro
- 3.1- Se a resposta for outro: qual? \_\_\_\_\_
- 4- Você conhece os benefícios da Física /Energia nuclear? \*
- sim
- não
- 5- Você é a favor do estudo e utilização de Energia Nuclear em ciência e/ou tecnologia?
- a favor
- sou contra

- sou a favor somente para estudo
- 6- Conhece o uso/aplicação da Energia Nuclear na medicina?
- sim
- não
- 7- Conhece unidades de radioterapia no Tocantins?
- sim
- não
- 8- Conhece ou conheceu alguém que faz/fez tratamento de radioterapia?
- sim
- não
- 9- Você sabe a diferença entre os diferentes tipos de radioterapia (teleterapia e braquiterapia)?
- sim
- não
- 10- Você conhece a aplicação da Física Nuclear na agricultura?
- sim
- não
- 11- Você acha que existe diferença entre a energia gerada em uma fonte convencional (Hidroelétrica ou térmica por exemplo) e a energia elétrica gerada por um reator nuclear?
- sim
- não
- 12- Você consumiria um alimento que passou pela técnica de irradiação de alimentos, utilizada para preservação de alimentos?
- sim
- não
- 13- Você conhece a aplicação da Física Nuclear na indústria?
- sim
- não
- 14- Você sabe que no Brasil e no mundo existem agências de controle como CNEN, AIEA?
- sim
- não