Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia

Energia Nuclear: Opinião dos Discentes da Faculdade de Engenharias UnB-FGA Gama sobre Tecnologias Nucleares

Autor: Clóves Junior da Fonseca
Orientador: Ronni Amorim

Brasília, DF
2017

Clóves Junior da Fonseca

Energia Nuclear: Opinião sobre dos Discentes da Faculdade de Engenharias UnB-FGA Gama Tecnologias Nucleares

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

Brasília, DF
2017

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Fonseca Jr., Clóves.
Energia Nuclear: Opinião dos Discentes da Faculdade de Engenharias UnB-FGA Gama sobre Tecnologias Nucleares / Clóves Júnior da Fonseca. Brasília: UnB, 2017. 103 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia de Engenharia de Energia – Universidade de Brasília Faculdade do Gama, Brasília, 2017. Orientação: Ronni Geraldo Gomes de Amorim.

1. Energia Nuclear. 2. Conhecimento dos Discentes. 3. Discentes de Engenharia e a Energia Nuclear. Amorim, Ronni. II. Doutor.

CDU Classificação

UnB Gama
O novo endereço da tecnologia

REGULAMENTO E NORMA PARA REDAÇÃO DE RELATÓRIOS DE PROJETOS DE GRADUAÇÃO FACULDADE DO GAMA - FGA

Clóves Júnior da Fonseca

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em (/ /) apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. Dr. Ronni Amorim, UnB/ FGA
Orientador

Prof. Dr. Augusto Brasil, UnB/ FGA
Membro Convidado

Prof. Dr. Jorge Cormane, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2017

Esse trabalho é dedicado a todos aqueles que para crescer abrem mão de tudo aquilo dito indispensável pela sociedade. E, a meus pais, irmãos e sobrinhos que fundamentaram e são os pilares do meu viver.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida e pelos dons da ciência e sabedoria. Agradeço a meus pais Clóves e Maria, que sempre lutaram e lutam muito e arduamente para que eu possa crescer e sempre prezaram pelos meus estudos. Aos meus irmãos Márcio e Marcos e irmãs Marli e Marcília, a minha cunhada Anne Paula e cunhado Rogério, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e dando força a minhas escolhas. Aos meus sobrinhos que são fonte de inspiração para o meu crescer acadêmico e científico. Aos meus amigos e colegas de faculdade, Bruno Baldini, Felipe Thiago, Brytne Holanda, Raimundo Otávio, Camila Caetano, Gabriela Volpato, Thaís Oliveira, Ludmila Evangelista (se lembrou de mim no momento em que todos desacreditavam), Neto Moura, Raifran Lima, Vinicius Brum e Rodolfo Sprenger, me apoiaram, sofreram juntos e deram seus valiosos conselhos no decorrer de minha graduação. Agradeço a meus professores, Lindomar Carvalho, Taís Toguenetti, Maura Shzu, Flávio Henrique, Luciano Noleto, Juliana Petrocci, Andréia Costa, Patrícia Sobral e Marília Gomes que com seus punhos de ferro me ajudaram a definir meu perfil de discente levando ao crescimento na vida acadêmica. Por fim, agradeço a meu orientador prof. Dr. Ronni G. G. de Amorim que me apoiou e auxiliou no desenvolvimento desse trabalho e na minha formação acadêmica.

“Desistam de me fazer desistir.” Masashi Kishimoto.

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados de uma pesquisa de opinião sobre energia nuclear aplicada à comunidade discente na Faculdade do Gama da Universidade de Brasília (FGA/UnB). O instrumento de pesquisa utilizado foi um questionário, o qual foi aplicado aos estudantes dos cursos de engenharia da FGA. A análise dos dados coletados, bem como a apresentação dos resultados deu-se em duas vertentes. Num primeiro momento, fez-se uso da estatística descritiva para organizar e tabular os dados. Numa segunda etapa foi realizada a regressão logística para a análise mais profunda de algumas questões do questionário. Nesse sentido, com a análise dos dados coletados são identificadas variáveis explicativas que são significantes ao modelo de regressão adotado, mostrando estatisticamente quais as prováveis causas da desconfiança pública com relação a utilização da energia nuclear no Brasil. São visto que quanto maior a desconfiança em relação a segurança das usinas nucleares, maiores são as chances de o indivíduo ser contra a utilização da energia nuclear. Os entrevistados afirmaram que gostariam de conhecer mais sobre energia nuclear e o funcionamento das usinas nucleares, destacando que uma possível forma de se esclarecer suas dúvidas seria a organização de campanhas educativas por acadêmicos de universidades ou representantes do governo.

Palavras-chave: energia nuclear; pesquisa de opinião; regressão logística.

ABSTRACT

In this paper are shown opinion researches about nuclear energy applied to the academic students in University of Brasilia's Faculty of Engineering of Gama (UnB/FGA). The tool used in the research was a questioner that was applied to the students of engineering at FGA. The collected data analysis and presentation of its results were given by two different ways. At the first moment, was descriptively analyzed the statistics to organize and tabular the data. At the second instant a logistic regression was made to analyze more deeply some of the questions in the questioner. With the analysis of the collected data are identified explicative variables that are significant to the regression model adopted, showing statistically what are the probable causes to the public distrust in relation with the utilization of the nuclear energy in Brazil. It is seen that the more distrusted is the opinion of the public, higher are the chances to the individual be against to the nuclear energy. The interviewees affirm that they would like to learn more about the nuclear energy and the function of the nuclear plants, highlighting that a way to give more clearance about the subject would be to create educative campaigns by academics in the Universities or government representatives.

Keywords: nuclear energy; opinion researches; logistic regression;

LISTA DE SIGLAS

AIEA- Agencia Internacional de Energia Atômica ;

BWR- *Boiling Water Reactor*- Reator a Água Fervente;

EC- *European Comission*- Comissão Europeia;

CNEN- Comissão Nacional de Energia Nuclear;

EUA- Estados Unidos da América;

FGV- Fundação Getúlio Vargas;

IEN- Instituto de Engenharia Nuclear;

IPEN- Instituto de Pesquisas em Energia Nuclear;

ITER- *International Thermonuclear Expperimental Reactor*- Reator Experimental Termonuclear;

MCT- Ministério de Ciências e Tecnologias;

MME- Ministério de Minas e Energia;

ONU- Organização das Nações Unidas;

PNB- Programa Nuclear Brasileiro;

PWR- *Pressurized Water Reactor*- Reator a Água Pressurizada;

PHWR- *Pressurized Heavy Water Reactor*- Reator a Água Pesada Pressurizada;

RL- Regressão Logística;

UnB- Universidade de Brasília;

FGA Faculdade de Engenharias do Gama- UnB;

OECD- *Organisation for Economic Co-operation and Development*- OCDE- Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económico.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Reação de fissão em cadeia. 16
Figura 2: Exemplo de elementos combustíveis reatores CGR e PWR.. 17
Figura 3: Esquemático dos principais tipos de reatores 21
Figura 4: Reator a Água Pressurizada- PWR- Pressurized Water Reactor.... 22
Figura 5: Reator a Água Fervente - BWR- Boiling Water Reactor 22
Figura 6: Reator RBMK. Reator Água pressurizada com canaletas individuais combustível. Utilizado em Chernobyl 22
Figura 7: Exemplo de Reator de IV Geração 23
Figura 8: Esquema de usinas que utilizam reatores nucleares do tipo PWR 25
Figura 9: Sistemas de proteção de um PWR.... 27
Figura 10: Esquema de um sistema de refrigeração dos PWR's 28
Figura 11: Esquema do sistema de refrigeração de emergência de um PWR. 29
Figura 12: Sistema de alimentação de um BWR 30
Figura 13: Componentes de um BWR 31
Figura 14: Esquemático de um PHWR 32
Figura 15: Sistema de Refrigeração e de Contenção de um PHWR. Respectivamente 32
Figura 16: Exemplos de reatores de Geração IV 35

Imagem 1: Exemplos de Usinas Geração III + e Dispositivos Passivos de Segurança 34
Imagem 2: Imagem resumo de exemplificação e características de Reatores a Fusão Nuclear 36
Diagrama 1: Metodologia para desenvolvimento do modelo 53
Gráfico 1: Principais Tipos de Reatores de Potência em Utilização 25
Gráfico 2: Percentual participativo das diferentes fontes de energia no Brasil 38
Gráfico 3: Distribuição Global dos Reatores de Potência 42
Gráfico 4: Opinião sobre a segurança de operação de Usinas Nucleares 43
Tabela 1: Relação entre Intensidade de Produção/Consumo Energética com PIB 11
Tabela 2: Principais Combinações entre Moderador e Refrigerante 19
Tabela 3: Tipos de Reatores e seus respectivos constituintes 20
Tabela 4: População discente da FGA do primeiro semestre de 2017 51
Tabela 5: Amostra estratificada 52
Tabela 6: Variáveis explicativas aplicadas ao modelo de regressão 80
Tabela 7: Resultados da Regressão Logística Univariada 83
Tabela 8: Resultados da Regressão Logística Multivariável 85
Tabela 9: Perfil descritivo dos dados 86

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11
1.0 Introdução 11
1.1 Objetivos 13
1.2 Objetivo Geral 13
1.3 Objetivos Específicos 13
2. TIPO DE REATORES E CONTROLE DE SEGURANÇA 14
2.1 Breve Histórico da Usinas Nucleares 14
2.2 Abordagem aos Princípios Teóricos Envolvidos na Reação de Fissão 15
2.2.1 Componentes básicos de um reator 16
2.3 Tipos de Reatores e Seus Respectivos Sistemas 18
2.3.1 Tipos de reatores 18
2.3.2 Tipos de reatores e seus dispositivos de segurança 23
3. BENEFÍCIOS DA ENERGIA NUCLEAR 37
3.1 Benefícios da Energia Nuclear 37
3.2 A Percepção Pública Quanto à Energia Nuclear 40
4. REGRESSÃO LOGÍSTICA 44
4.1 Regressão Logística como Método de Análise Estatísitica 44
4.2 Modelos de Regressão Linear e suas Hipóteses 45
4.3 Modelo de Regressão Logística 47
5. METODOLOGIA 50
6. RESULTADOS E ANÁLISES 54
6.1 Análises Gráfica Quantitativa dos Dados 54
6.1.1 Análise Quantitativa da Questão 01 da Pesquisa 54
6.1.2 Análise Quantitativa da Questão 02 da Pesquisa 57
6.1.3 Análise Quantitativa da Questão 03 da Pesquisa 59
6.1.4 Análise Quantitativa da Questão 04 da Pesquisa 61
6.1.5 Análise Quantitativa da Questão 05 da Pesquisa 63
6.1.6 Análise Quantitativa da Questão 06 da Pesquisa 64
6.1.7 Análise Quantitativa da Questão 07 da Pesquisa 66
6.1.8 Análise Quantitativa da Questão 08 da Pesquisa 67
6.1.9 Análise Quantitativa da Questão 09 da Pesquisa 69
6.1.10 Análise Quantitativa da Questão 10 da Pesquisa 70
6.1.11 Análise Quantitativa da Questão 11 da Pesquisa 72
6.1.12 Análise Quantitativa da Questão 12 da Pesquisa 73
6.1.13 Análise Quantitativa da Questão 13 da Pesquisa 75
6.1.14 Análise Quantitativa da Questão 14 da Pesquisa 77
6.1.15 Análise Quantitativa da Questão 15 da Pesquisa 78

6.2 Análise Qualitativa dos Dados 80
7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS 88
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 90
9. APÊNDICES 93
9.1 Apêndice I Questionário Aplicado na Pesquisa 93
9.1 Apêndice II Questionário Aplicado na Pesquisa Simplificado 96

1. INTRODUÇÃO

1.0 Introdução

O desenvolvimento humano e econômico está intimamente ligado à disposição de recursos energéticos. Quando o setor elétrico se desenvolve, paralelamente o produto interno bruto de um país, bem como seu índice de desenvolvimento humano também se desenvolve. A simultaneidade entre a disposição energética e o PIB pode ser verificada na tabela 1 do Plano Nacional de Energia de 2030 (MME, 2007: 246).

Tabela 1: Relação entre Intensidade de Produção/Consumo Energética com PIB

Tabela 1 -Evolução da intensidade energética total					
	1970	1980	1990	2000	2005
Consumo Final Energético (milhões de tep)	59.1	92.8	105.5	144.8	165.0
PIB (US$ bilhões de 2005)	205.6	470.6	550.2	714.6	796.3
Intensidade Energética (tep/US$ mil de 2005)	0.287	0.197	0.192	0.203	0.207

Fonte: Adaptado MME, 2007: 246.

Atualmente a matriz energética mundial é composta por: 59.5% de combustíveis de combustão; 18.1% energia nuclear; 14.0% energia hidráulica e 8.4% geotérmica, eólica, solar e outras. (IEA, 2016:1). Já no Brasil, de acordo com a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE, 2016:16), a matriz energética brasileira é composta por: 64.0% hidráulica; 12.9% gás natural; 8.0% biomassa; 4.8% derivados do petróleo; 4.5% carvão e derivados; 3.5% eólica; 2.4% nuclear e 0.01% solar.

A demanda por eletricidade no Brasil irá de 600TWh em 2016 para mais de 1000TWh em 2030. Sendo que dentre as principais fontes a previsão de aumento da demanda de 2016 a 2030 pelo fornecimento destas fontes será de: 363TWh→+800TWh para a energia hidráulica; $25x10^6m^3$/ano → $+60x10^6m^3$/ano de gás natural; $200x10^6$ ton.→$350x10^6$ ton. de bagaço de cana; e de 60 ton. → 160ton. de urânio para as usinas termonucleares (MME, 2007: 350, 351, 362 e 363).

O Brasil possui a 5° maior reserva provada de urânio do mundo, bem como domina todo o processo de extração e enriquecimento do urânio. Tendo em vista a crise hídrica vivida atualmente, bem como os impactos ambientais da utilização do gás natural e derivados do

petróleo na geração de energia e a inconsistência das fontes renováveis de eletricidade (biomassa, eólica e solar), resta a opção pelas usinas nucleares como fonte substituta e equivalente às demais fontes para um cenário energético do Brasil no futuro.

Além da produção de energia elétrica, uma indústria nuclear produz outros bens e serviços de alto valor agregado, com aplicações em áreas diversas. Como exemplo desses está a produção de radioisótopos, identificação e tratamento de câncer, irradiação de alimentos, controle de qualidade na metalurgia, dessalinização da água do mar, produção de materiais estratégicos de defesa, entre outros.

Segundo a Fundação Getúlio Vargas (2016: 8) os desafios enfrentados pela energia nuclear no Brasil são: regulação; escolha tecnológica e financiamento (Modelo de Negócio). A regulamentação pode ser vista tanto como um problema burocrático, por questões de pressão e vigilância por órgãos exteriores, quanto por problema de rejeição.

Pesquisas realizadas provam que a maioria da população teme os efeitos negativos da implementação de usinas nucleares no país. Este medo, por sua vez, está vinculado a má divulgação e falta de promoção dos benefícios da energia nuclear, a qual é quase sempre associada à eventos catastróficos veiculados pela mídia.

Nesse arcabouço, o presente trabalho traz a análise de um questionário de opinião sobre energia nuclear e suas implicações tecnológicas aplicado aos discentes da FGA/UnB. A análise dos resultados evidencia os porquês da antipatia dos respondentes em relação à energia nuclear, bem como as providências que podem ser tomadas para que essa forma de energia seja mais bem aceita pela sociedade.

A apresentação deste trabalho dar-se-á na seguinte ordem. Na seção 1 serão apresentados os objetivos; nas seções 2, 3 e 4 será apresentada a revisão de literatura; na seção 5 a metodologia será elencada; na seção 6 serão apresentados os resultados e análises dos mesmos e as considerações finais serão apresentadas na seção 7.

1.1 Objetivos

1.2 Objetivo Geral

Realizar uma análise quantitativa e qualitativa dos dados obtidos a partir de um questionário de opinião aplicado aos discentes da UnB-FGA acerca da energia nuclear e a concepção de uma proposta de solução ao problema da desconfiança pública quanto às tecnologias nucleares.

1.3 Objetivos específicos

- Elaborar e aplicar um questionário para a realização um estudo qualitativo e quantitativo da percepção da comunidade acadêmica da UnB/FGA sobre a energia nuclear;
- Elaborar e aplicar um questionário de opinião sobre energia nuclear ao corpo discente da UnB-FGA;
- Organizar os dados obtidos a partir da aplicação do questionário de opinião em tabelas e gráficos para a realização de análise quantitativa;
- Utilizar a técnica de regresso logística na análise qualitativa dos dados levantados no questionário de opinião;
- Identificar, a partir da opinião dos discentes, uma solução à desconfiança pública com respeito às tecnologias nucleares;
- Escrever e submeter um artigo científico com os resultados da pesquisa.

2. TIPOS DE REATORES E CONTROLE DE SEGURANÇA

2.1 Breve Histórico das Usinas Nucleares

Numa perspectiva histórica, infere-se que os primeiros estudos acerca do aproveitamento da energia do núcleo através da reação em cadeia controlada tiveram início com os trabalhos do físico italiano Enrico Fermi. Em 22 de outubro de 1934, a parafina foi utilizada em um experimento como moderador de nêutrons. A partir desta experiência Fermi e seu grupo[1] verificaram que a "a parafina multiplicava grandemente o efeito dos nêutrons" Comissão Nacional da Energia Nuclear (CNEN, 2008).

A partir dessa descoberta foram desenvolvidas pesquisas relacionadas à interação dos nêutrons derivados da reação de fissão em cadeia com outros núcleos radioativos. Então, em 2 de dezembro de 1942, num evento que contou com a presença de ilustres cientistas, entrou em funcionamento o primeiro Reator Nuclear, com uma reação em cadeia autossustentável que deu início à era nuclear (CNEN, 2008).

Desde então, teve início a corrida em busca do desenvolvimento dessa tecnologia. De início voltado apenas aos interesses armamentistas das nações, em seguida com o cunho pacífico objetivando a produção de energia elétrica e posteriormente à produção de radio-fármacos.

O ponto chave do desenvolvimento das usinas nucleares reside na busca exaustiva pela criação de novos tipos de reatores ou aprimoramento da daqueles já existentes. Tal aprimoramento buscava maior capacidade de produção energética, maior eficiência e, principalmente, desenvolver cada vez mais os dispositivos que garantem a segurança dos reatores e das pessoas dispostas aos riscos inerentes a tais instalações tecnológicas.

No Brasil, a construção de usinas nucleares, em primeira instância, esteve ligada aos objetivos do "Programa de Metas" do governo Kubitschek (1956-1961). Posterior a este prelúdio pode-se definir a evolução das usinas nucleares no Brasil em etapas/atos com início em 1950. Como consta no artigo de Cabral (2012:1), publicado na revista eletrônica de

---

[1] O grupo acima citado se refere aos autores da *lettera* intitulada: "*Azione di Sostanze Idrogenate sulla Radioatività Provocata da Neutroni I*" utilizada como veículo de divulgação dos resultados da experiência de Fermi. Escrita pelos autores: E. Ferrai, E. Amaldi, B. Pontecorvo, F. Rasetti, E. Segre.

Energia:

> O primeiro refere-se à construção de Angra I; o segundo, ao Acordo Brasil-Alemanha; e o terceiro, à decisão de construir novas usinas nucleares e finalizar a construção de Angra III. Nesse lapso de tempo, graças à Marinha do Brasil, o país adquiriu o domínio do ciclo do combustível nuclear, porém não completou o projeto de desenvolver um reator brasileiro.

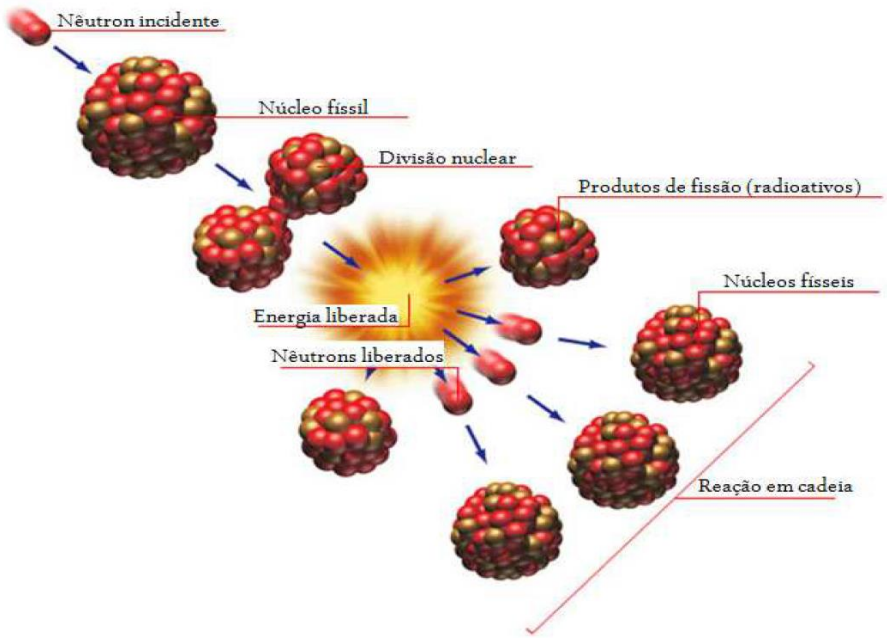
2.2 Abordagens aos Princípios Teóricos Envolvidos na Reação de Fissão

Não é plausível falar em reatores nucleares sem antes fazer uma abordagem teórica mínima a respeito dos fenômenos físicos envolvidos nas reações de fissão nuclear.

Os nêutrons não possuem carga, e com isso a interação destes com a matéria se dá diretamente com os núcleos dos átomos via espalhamento e absorção. O espalhamento pode ser classificado como elástico, no qual ocorre apenas transferência de energia cinética e momento sem provocar alterações estruturais; e espalhamento inelástico, no qual, de acordo com a quantidade de movimento do nêutron incidente outro nêutron é arrancado do núcleo e emite raios gama ao retornar ao estado de equilíbrio (DA SILVA RESENDE et. al., 2009).

A absorção pode ocorrer tanto por captura radioativa quanto por fissão nuclear. Na captura radioativa o núcleo atingido pelo nêutron se excita e ao retornar á estabilidade emite fótons ou matéria. Na fissão nuclear um átomo pesado atingido por um elétron acelerado se divide emitindo mais 2 ou 3 nêutrons ocasionando em uma reação em cadeia, como exemplificado pela figura abaixo (DA SILVA RESENDE et. al., 2009).

Figura 1: Reação de fissão em cadeia



FONTE: DA SILVA RESENDE et. al. (2009: 15).

É na fissão nuclear que se baseia a obtenção de energia pelos reatores nucleares de potência. Na reação em cadeia ocorrida neste processo 80% da energia liberada é transmitida aos fragmentos em forma cinética. Esta energia cinética mais a energia produzida pela frenagem dos neutros e pelos raios gama serão convertidas em calor ao interagirem com a matéria presente (DA SILVA RESENDE et. al., 2009).

A energia térmica liberada é transferida a um fluido refrigerante que para ser resfriado passa por trocadores de calor acoplados a conversores eletromecânicos de energia, a partir dos quais se obtêm a energia elétrica.

2.2.1 Componentes Básicos de um Reator

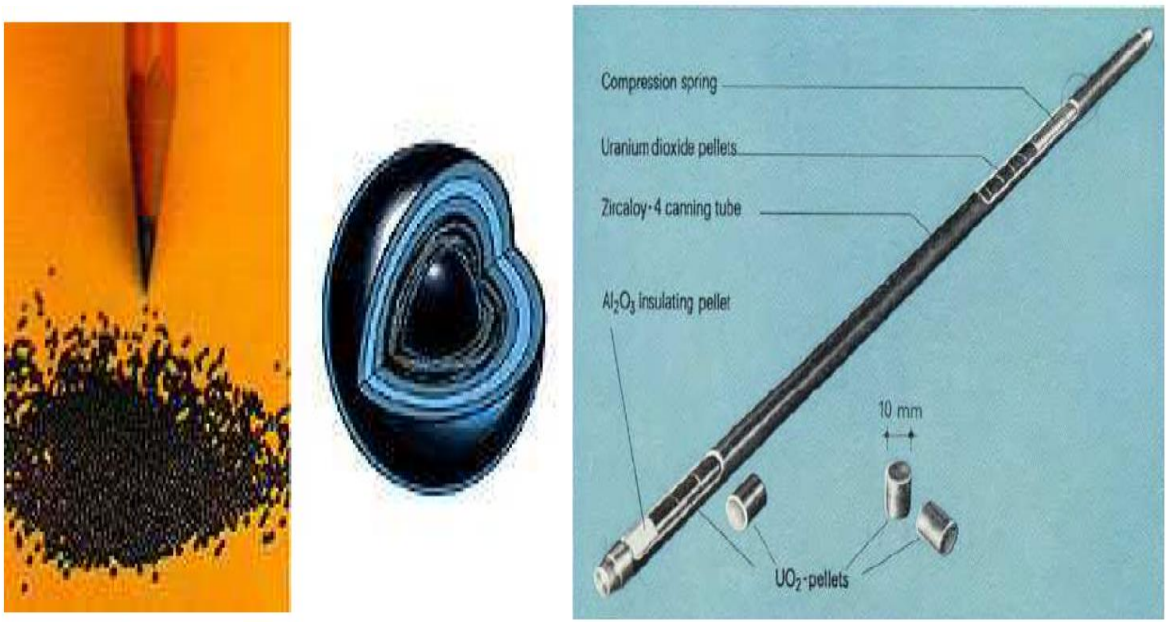
Segundo da Silva Resende et. al. (2009:18) todo reator nuclear possui uma estrutura básica. Conhecer essa estrutura torna possível classificar os principais elementos e materiais de um reator, bem como sua utilidade. Compõem esta estrutura o combustível nuclear, moderadores de nêutrons, refrigerante, absorvedores de nêutrons, blindagem e outros.

O combustível é composto por isótopos físseis e férteis responsáveis pela reação em cadeia de fissão, um como material físsil (quebra liberando energia e nêutrons) e outro como material fértil (absorvedor de nêutrons age como moderador da reação).

Segundo da Silva Resende et. al. (2009:18) os moderadores são:

> Materiais utilizados em reatores térmicos para reduzir ou moderar a energia dos nêutrons rápidos gerados no processo de fissão nuclear aumentando a probabilidade de ocorrência de novas reações nucleares. Também possuem a função de servir como refletores de nêutrons circundando o núcleo do reator de forma a minimizar fuga de nêutrons do núcleo.

Figura 2: Exemplo de elementos combustíveis, reator CGR à esquerda e PWR à direita.



FONTE: DA SILVA RESENDE et. al., 2009:18.

A figura acima mostra como é disposto o material combustível de dois dos principais tipos de reatores de potência, o CGR e o PWR.

O refrigerante é geralmente um material líquido ou gasoso utilizado para retirar o calor obtido com a fissão. Devem possuir densidade considerável, para evitar problemas no bombeamento. Ponto de ebulição elevado e de fusão reduzido. Além disso, deve possuir baixa radioatividade, estabilidade de irradiação térmica consideráveis (DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 19).

Os absorvedores, segundo Resende et. al. (2009:20), mantêm controlada a reatividade

do reator, através da inserção ou retirada dos materiais férteis do núcleo. Sendo assim, os absorvedores mantêm constante e controlado o fluxo de nêutrons no núcleo, distribuindo homogeneamente a potência no núcleo. Possuem as mesmas características dos moderadores, porém, devem também ser resistente à corrosão.

Por fim, a blindagem, bem como as estruturas, tem como função serem barreiras para a radiação, protegendo os componentes externos ao núcleo, e como barreira física e suporte às estruturas do núcleo, respectivamente. Ambas com características semelhantes às do material moderador e absorvedor.

2.3 Tipos de Reatores e seus Respectivos Sistemas

2.3.1 Tipos de reatores

Segundo Präss (2007: 17), os reatores nucleares possuem inúmeras combinações de materiais e disposições de componentes. E, portanto, são classificados de acordo com os seguintes fatores:

- Quanto à finalidade.
- Quanto à energia dos nêutrons.
- Quanto à combinação moderador e refrigerante.
- Quanto ao combustível.
- Quanto à disposição dos componentes.
- Quanto aos materiais estruturais.

Quanto à finalidade, os reatores são destinados à pesquisa e ao desenvolvimento e produção de radioisótopos destinados à medicina. A finalidade também podem ser produção de energia elétrica, sendo que a estes se dá o nome de reatores de potência. Por fim, existem os reatores de produção de elementos físseis a partir de elementos férteis, por exemplo, U^{235} a partir de U^{238} e os derivados do Th^{232}, os reatores de produção são raros (PRÄSS, 2007: 17).

Com relação à energia dos nêutrons, os reatores são classificados como reatores rápidos e reatores térmicos.

Os reatores rápidos utilizam cerca de 10% de material físsil no combustível, seu núcleo pode não possuir moderador ou um refletor levando à fissão por nêutrons rápidos. Nestes reatores há a possibilidade se reproduzir um nuclídeo físsil idêntico ao disposto no elemento combustível inicial por captura neutrônica, sendo o reator em que isso acontece é

denominado reator reprodutor. Isso pode ser visto como uma vantagem com relação aos demais por otimizarem a demanda pelos nuclídeos físseis que possuem produção centralizada. (PRÄSS, 2007: 17).

Quando o reator possui alto percentual de moderador em seu núcleo, a energia cinética dos nêutrons liberados na fissão sofre abrupto decaimento ocasionando em elevação da temperatura do reator, caracterizando assim os chamados reatores térmicos. Nestes reatores as fissões são produzidas por nêutrons denominados lentos ou térmicos. Esses últimos tipos de reatores possuem vantagens por utilizarem tipos diferenciados de moderadores, refrigerantes e materiais combustíveis, porém são maiores (PRÄSS, 2007: 18).

Quanto às combinações entre moderador e refrigerante destacam-se as combinações:

Tabela 2: Principais Combinações entre Moderador e Refrigerante

Moderador	**Refrigerante**
Água leve	Água leve
Água pesada	Dióxido de carbono
Grafite	Hélio
Berílio	Sódio Líquido

Fonte: Adaptado de PRÄSS (2007: 19).

A disposição dos elementos no núcleo bem como a estrutura dos materiais estruturais e o combustível estão interrelacionados. Destacando-se que quando o combustível é isolado do refrigerante caracteriza-se uma disposição heterogênea e, quando se há a mistura combustível, moderador e refrigerador caracterizam as disposições homogêneas (PRÄSS, 2007: 19).

Em resumo são mostrados abaixo os principais tipos de reatores relacionados a seus respectivos constituintes.

Tabela 3: Tipos de Reatores e seus respectivos constituintes.

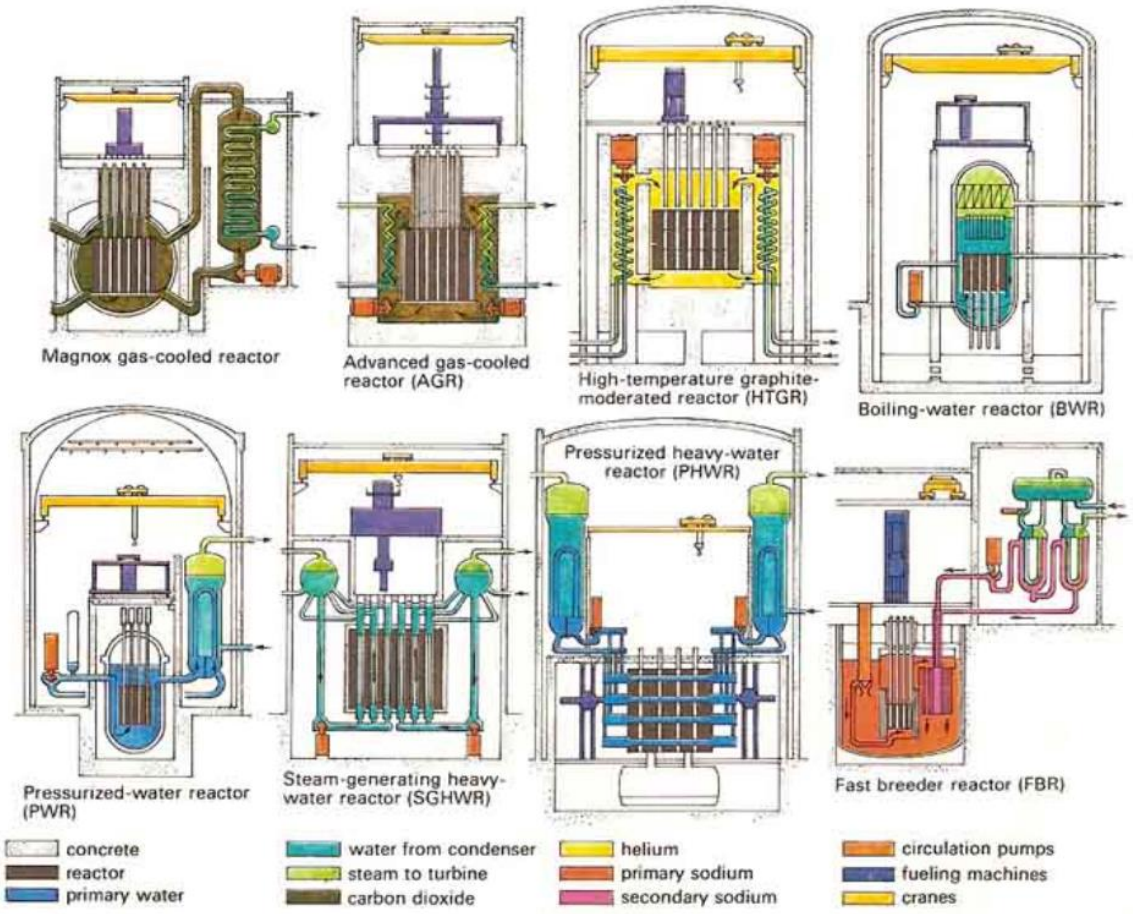
	Água Pressurizada (PWR)	Água em Ebulição (BWR)	Água pesada e urânio natural (CANDU) ou PHWR	Refrigerado a gás, alta Temperatura (HTGR)	Regenerador Rápido com Metal líquido (LMFBR)
Combustível	UO_2	UO_2	UO_2	UC_2,ThC_2	PuO_2, UO_2
Enriquecimento	U-235 a 3%	U-235 a 2,5%	U-235 a 0,7%	U-235 a 93%	Pu-239 a 15%
Moderador	Água	Água	Água pesada	Grafite	Nenhum
Refrigerante	Água	Água	Água pesada	Hélio gasoso	Sólido líquido
Revestimento	Zircaloy	Zircaloy	Zircaloy	Grafite	Aço inoxidável
Controle	Hastes de B_4C ou Ag-In-Cd	Cruzes de B_4C	Nível do moderador	Hastes de B_4C	Tântalo ou hastes de B4C
Vaso	Aço	Aço	Aço	Concreto protendido	Aço

PWR – Pressurized Water Reactor
BWR – Boiling Water Reactor
CANDU – Canadianuranium-deuterium
HTGR - High Temperature gás-cooled Reactor
LMFBR – Liquid Metal Fast Breeder Reactor
PHWR – Pressurised Heavy Water Reactor

Fonte: PRÄSS adaptado (2007: 20).

Posteriormente serão mostrados cada um dos principais tipos de reatores aplicados atualmente, o PWR, o BWR e o PHWR. Estes, assim como outros reatores comerciais, são apresentados esquematicamente na figura 3 a seguir.

Figura 3: Esquemático dos principais tipos de reatores.



Fonte: Adaptado de AUTORACING, 2011:1.

Agora, serão mostrados de forma mais detalhada cada um dos principais tipos de reatores apresentados anteriormente, bem como a configuração de seus respectivos componentes. Para tal, são dispostas nas figuras 4, 5 e 6 a seguir disponíveis em (PRÄSS, 2007: 20, 21).

Figura 4: Reator a Água Pressurizada- PWR- *Pressurized Water Reactor*

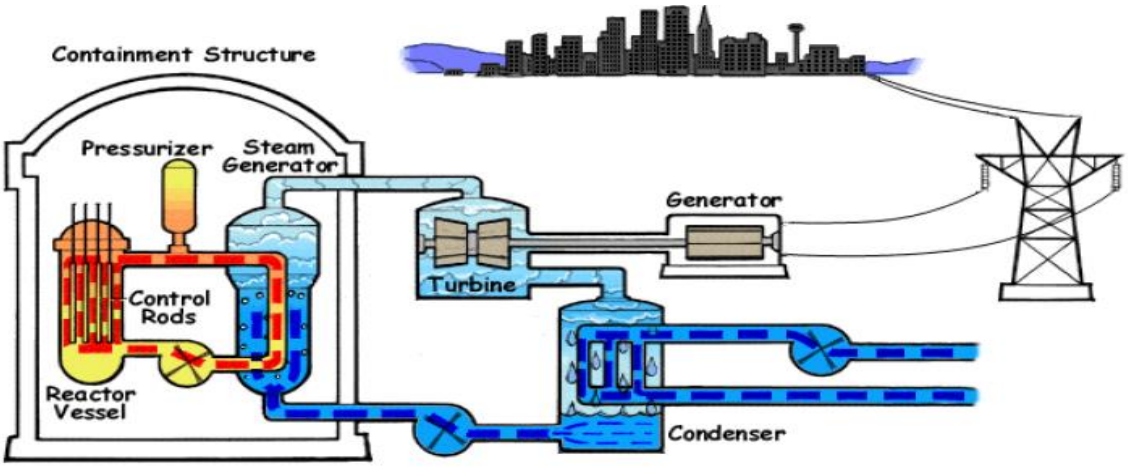


Figura 5: Reator a Água Fervente - BWR- *Boiling Water Reactor*

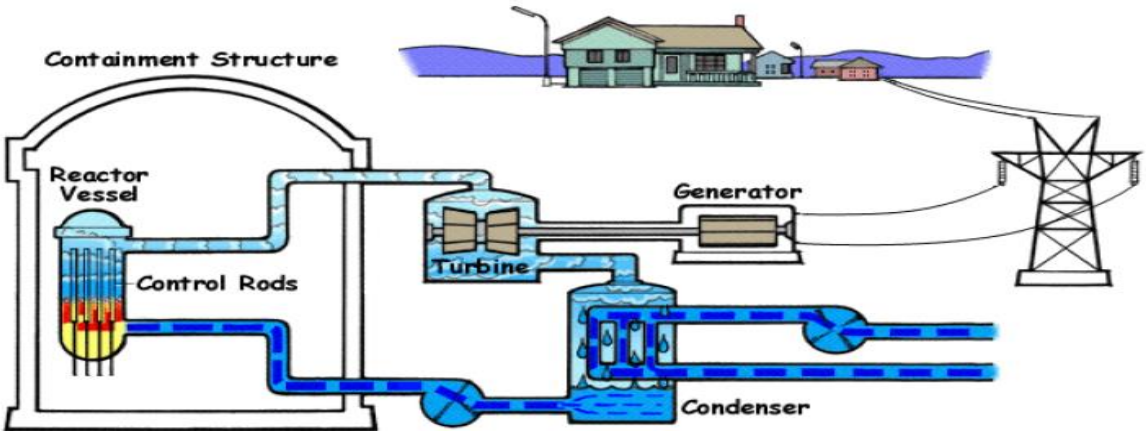
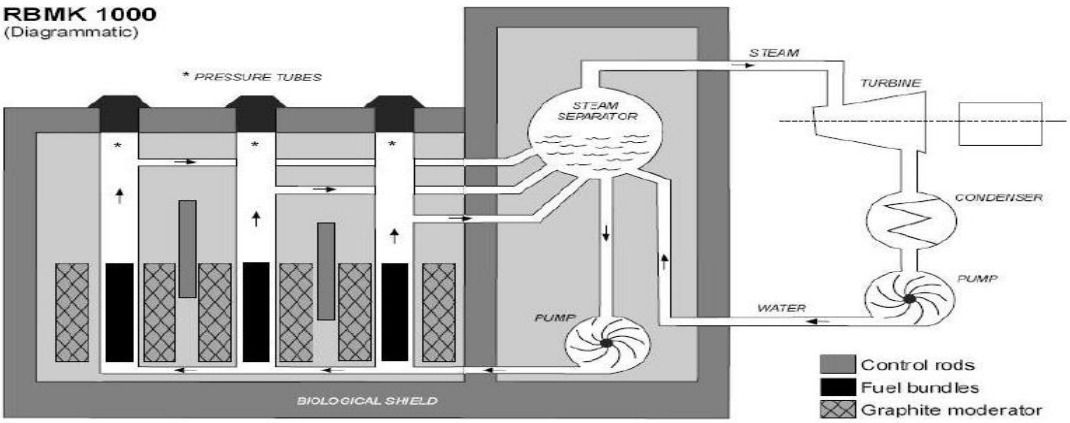


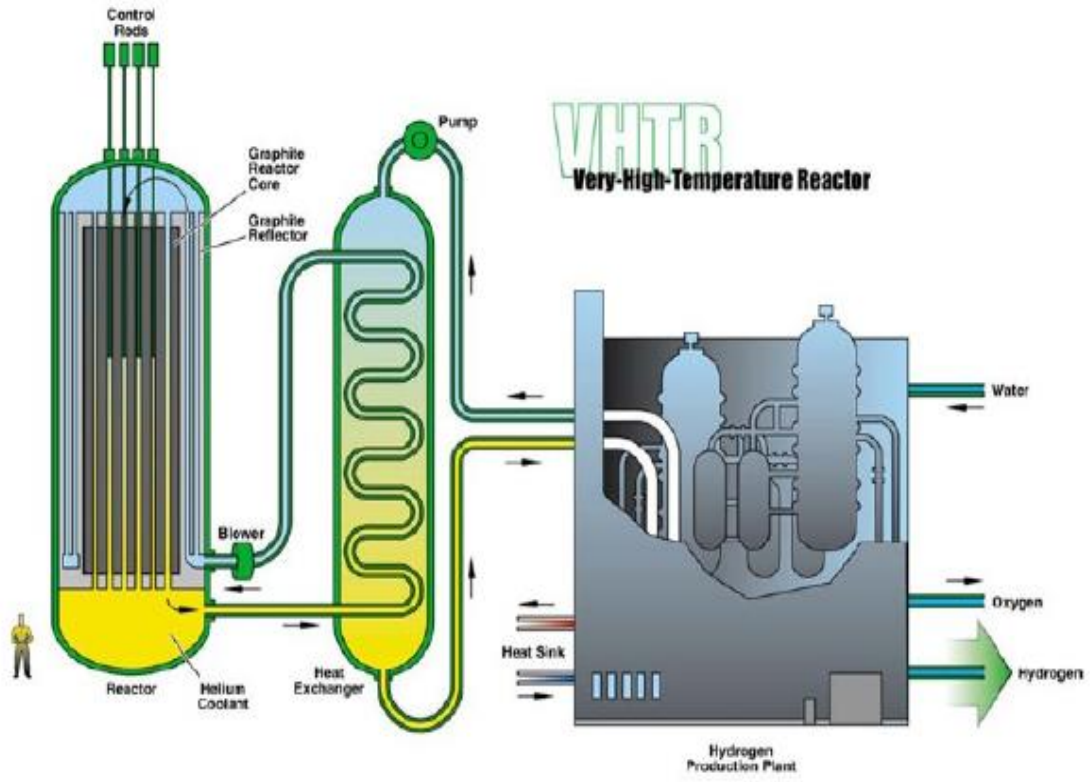
Figura 6: Reator RBMK. Reator Água pressurizada com canaletas individuais de combustível. O Utilizado em Chernobyl.



Além dos reatores convencionais exemplificados nas figuras acima existem ainda reatores mais novos em fase de pesquisa e implementação, a esses se dá o nome de Reatores

de IV Geração. Estes reatores visam melhorar a segurança, a resistência à proliferação, reduzir a produção de lixo radioativo, redução de custos de implementação e operação e a utilização de combustíveis naturais, ou seja, sem a necessidade de enriquecimento (PRÄSS, 2007: 22). A figura a seguir traz um exemplo de reator de quarta geração.

Figura 7: Exemplo de Reator de IV Geração



Fonte: Adaptado de PRÄSS (2007: 22).

2.3.2 Tipos de reatores e seus dispositivos de segurança

Não se pode entrar no mérito da segurança empregada aos reatores sem antes revisar quais riscos se quer precaver.

Segundo Goldemberg (2008: 1), “Existem três riscos associados ao uso da energia nuclear: físicos, econômicos e estratégicos”. Os riscos físicos são relacionados ao material radioativo e à radioatividade. Os riscos econômicos são as implicações do alto custo da energia nuclear e estratégicos, bem como os espólios da tecnologia nuclear que estão relacionados às questões bélicas.

Dentre estes três tipos de risco associados serão explorados as medidas e estratégias de segurança relacionadas aos riscos físicos e estratégicos visto que o risco econômico é

intrínseco a estabilidade dos demais como demonstrada pela seguinte afirmativa disponível no artigo de Goldemberg (2008:1):

> (...) as preocupações com a segurança dos reatores nucleares têm conseqüências que aumentam muito seu custo (…)

Em seu trabalho, Cabral (2012:91) traz que, a preocupação no que tange os riscos físicos surgiu ainda no início do século XX. E que através da percepção destes riscos pesquisadores têm desenvolvido métodos e princípios de proteção radiológica para os envolvidos no processo, primeiro para os pesquisadores segundo para os demais envolvidos com meios radioativos.

Também, segundo Neto & Correa (1997:2), os métodos de verificação de segurança e risco nas instalações nucleares são classificados em análise de acidentes e análise probabilística de segurança (APS).

> A Análise de Acidentes constitui-se na base do trabalho submetido ao licenciamento de instalações nucleares, o qual demonstra, aos olhos do orgão licenciador, que os dispositivos técnicos de segurança existentes na usina nuclear são capazes de mitigar adequadamente a evolução de cada um dos acidentes postulados, denominados acidentes básicos de projeto.

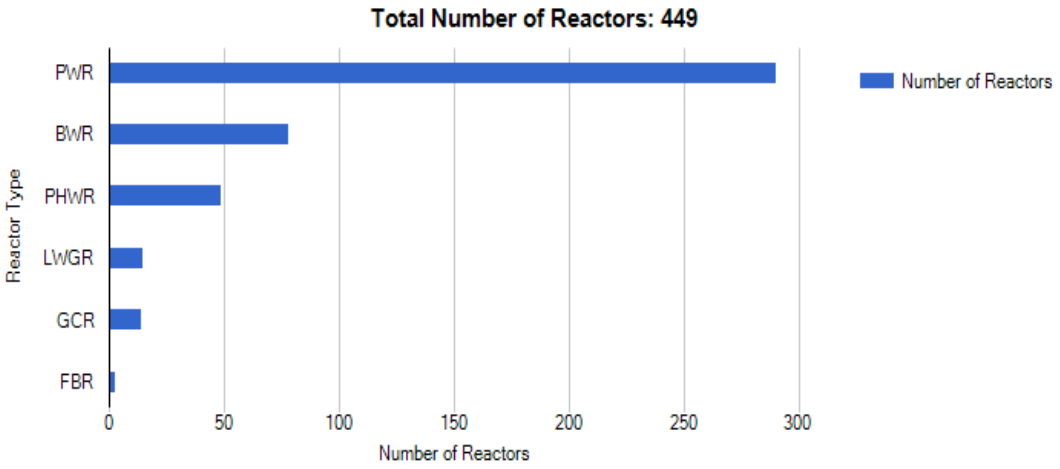
A APS é feita desde 1975, data de emissão do protocolo WASH-1400[2]. É dividida em 3 níveis. O primeiro trata das sequências de eventos que poderiam conduzir à fusão do núcleo do reator. O segundo da análise de processos físicos envolvidos no acidente e como conter estes. Por último, o terceiro nível verifica como será o transporte do material radioativo e avalia os riscos para o público (NETO & CORREA,1997: 2, 3).

Atualmente os principais tipos de reatores de potência utilizados são como demonstrados no gráfico 1 a seguir:

Gráfico 1: Principais Tipos de Reatores de Potência em Utilização

---

[2] Wash 1400 que quantificou os riscos dos reatores térmicos de água leve nos Estados Unidos, escrito por N. Rasmussen e equipe. 0 Wash 1400 usava a técnica de árvore de falhas para avaliar a possibilidade de acidentes. ROSA (1986:17).



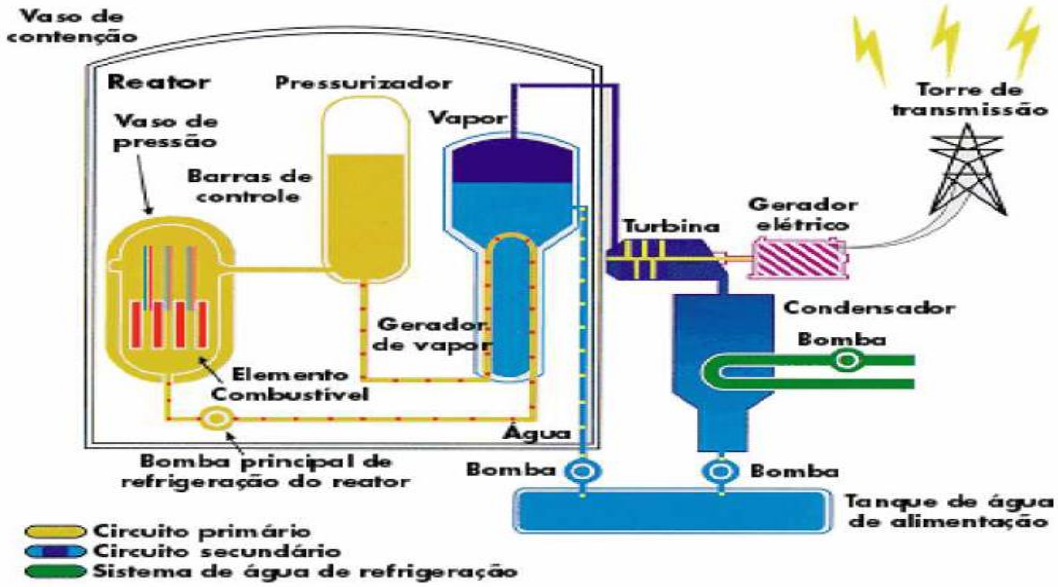
Fonte: PRIS, AIEA 2017.

Reator a Água Pressurizada- PWR

Segundo da Silva Resende et. al. (2009: 28), os PWR's são derivados de reatores desenvolvidos para submarinos, idealizados pela *Westinghouse*. Posteriormente desenvolvidos pela *Asea Brown Boveri-Combustiom Engeneering* (AAB-CE), *Kraftwerk* União, *Mitsubishi* e *Siemens.* É o tipo de reator mais empregado no mundo para a produção de energia como demonstrado no gráfico 1.

As usinas que utilizam este tipo de reator são como o esquema mostrado na figura 8 abaixo:

Figura 8: Esquema de usinas que utilizam reatores nucleares do tipo PWR.



Fonte: DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 29.

Os principais componentes do sistema de um reator PWR estão contidos dentro dos

seguintes circuitos: Circuito Primário; Circuito Secundário.

O circuito primário é composto pelo Núcleo do reator, onde ocorre a geração de calor; a Bomba de refrigeração, que entre outras funções, é o principal item do reator, é ela quem é a responsável por transportar o fluido de refrigeração que se aquece no núcleo até os geradores de vapor que vão transformar a energia térmica em energia cinética de gases a ser transformada em energia elétrica nas turbinas. E por último o Envoltório ou Vaso de Contenção, é o edifício do reator, feito de concreto envolvendo uma contenção de aço. É uma das barreiras físicas da usina (DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 30).

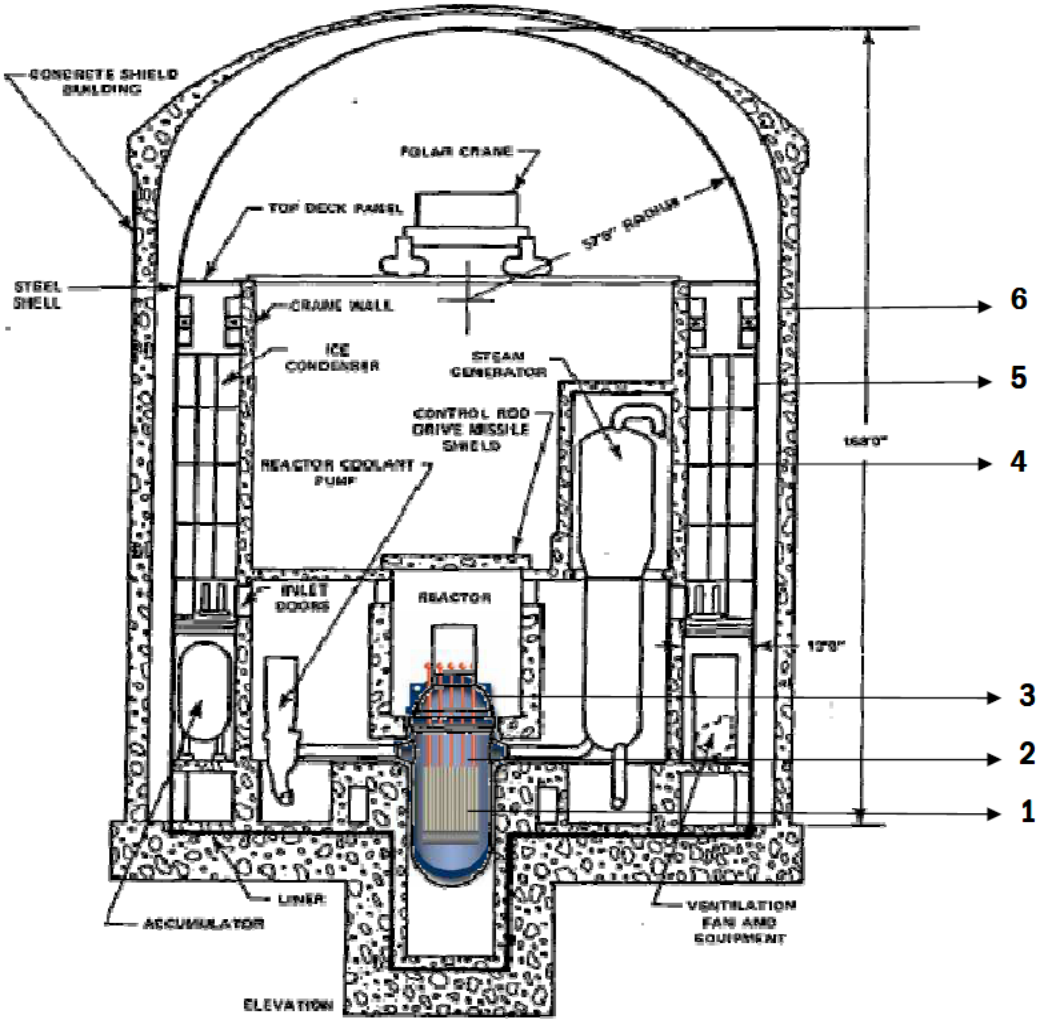
O circuito secundário é composto por uma Bomba de fluido de trabalho, move o fluido pelo estágio de geração ou secundário da usina; Turbina acoplada ao Gerador elétrico, este conjunto forma o sistema conversor eletromecânico de energia da usina; e o Condensador neste o restante da energia térmica do fluido de trabalho é dissipada (DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 31).

O controle da radioatividade, da potência ou até mesmo o desligamento (resfriamento) do reator PWR é feito por intermédio da inserção ou retirada das barras de controle, composta por uma liga de prata 80%- índio 15% -Cádmio, ou pela variação da concentração de Boro. Essas barras, assim como o Boro, são absorvedoras de nêutrons. Há ainda sistemas auxiliares indispensáveis à plena operação dos reatores que consiste fundamentalmente no sistema de controle químico e volumétrico[3] do refrigerante e consequentemente a retirada do calor produzido na reação de fissão (DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 32).

No que tange ao sistema de segurança deste tipo de reatores a primeira afirmativa é que “ é fisicamente impossível ou reator desse tipo explodir com uma bomba atômica, tanto nas condições normais quanto em caso de acidente” (DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 35). Caso ocorra um acidente as chances de ocorrer vazamento radioativo são mitigadas pelos redundantes sistemas de proteção físicos mostrados e definidos a seguir:

[3] O Sistema de Controle Químico e Volumétrico para uma Usina Nuclear tipo Reator de Água Pressurizada – PWR, é o sistema auxiliar mais importante, sendo permanentemente necessário para a operação do reator. DA SILVA RESENDE et. al., 2009.

Figura 9: Sistemas de proteção de um PWR



Fonte: DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 36.

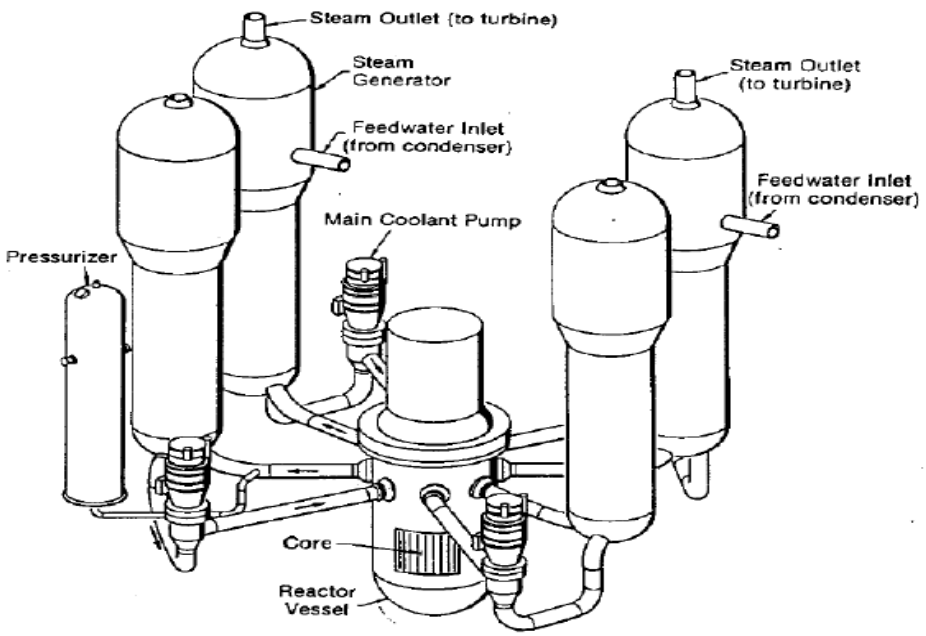
1- A natureza cerâmica do combustível, que somente se funde acima de 2800°C;
2- O revestimento do combustível, que na presença de água resiste à temperatura de 1400°C;
3. O vaso de pressão, cujas paredes de aço têm espessura de 25 cm em Angra II;
4. A Blindagem radiobiológica;
5. O vaso de contenção de aço, com 3 cm de espessura, que retém completamente qualquer material radioativo que eventualmente venha a escapar em um acidente, impedindo assim que atinja o meio ambiente;
6. O edifício de concreto reforçado, que protege o reator de agentes externos.

Por último, o sistema de refrigeração, já citado anteriormente, que por sua grande responsabilidade possui um sistema auxiliar redundante que é o Sistema de Refrigeração de Emergência do Núcleo. Este é para o caso de acidentes.

> O sistema consiste de circuitos de transferência de calor conectados em paralelo ao vaso do reator. As usinas brasileiras de Angra 1 tem 2 circuitos e Angra 2 tem 4 circuitos. Cada circuito contém uma Bomba de Refrigerante do Reator e um Gerador de Vapor. Além destes equipamentos o sistema inclui um Pressurizador, um Tanque de Alívio do Pressurizador, tubulações e instrumentação necessária ao controle operacional do sistema (DA SILVA RESENDE, 2009: 37).

Um exemplo esquemático do sistema de refrigeração é dado abaixo ele é a *Westinghouse* e é o aplicado aos PWR.

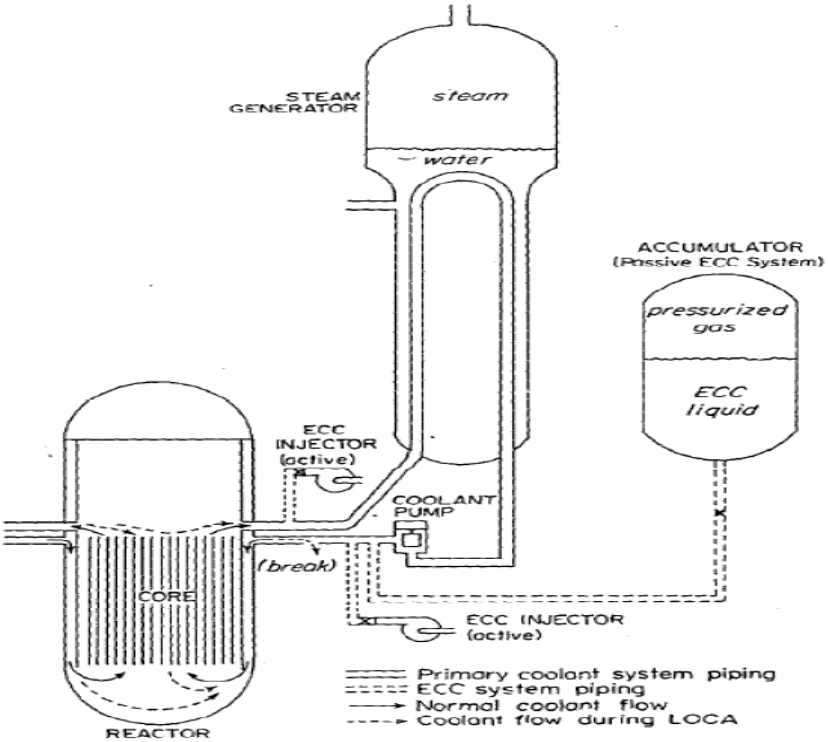
Figura 10: Esquema de um sistema de refrigeração dos PWR's.



Fonte: Adaptado DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 38.

E, um esquema do sistema de refrigeração de emergência dos PWR's é como o dado a seguir:

Figura 11: Esquema do sistema de refrigeração de emergência de um PWR



Fonte: Adaptado DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 39.

Os reatores instalados no Complexo Nuclear Almirante Alberto Teixeira brasileiro Angra I, II e III (em fase de instalação), são Reatores a Água Pressurizada. Portanto, se valem dos mesmos sistemas e configurações de segurança aqui citado.

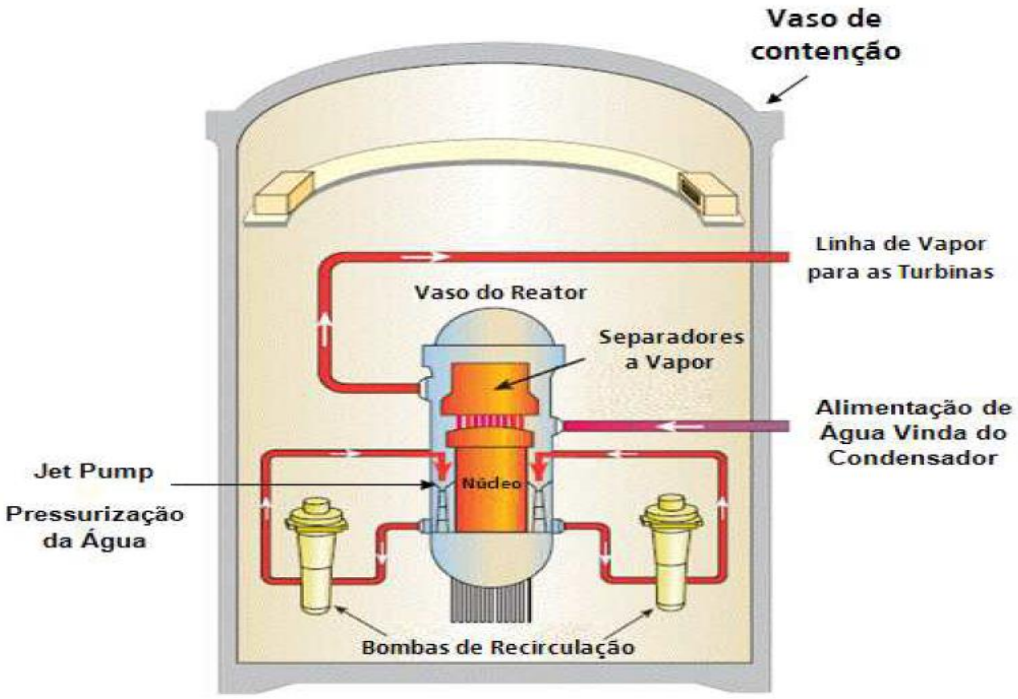
Boiling Water Reactor- BWR- Reator a Água Fervente

O BWR é segundo tipo de reator mais utilizado no mundo. Foram desenvolvidos pela *General Eletric* no Laboratório Nacional de Idaho nos EUA em meados da década de 50. É composto por: sistema de alimentação; sistema de controle, feito por inserção de varetas de combustível ou alterando a pressão ou volume do fluxo de água aplicado ao núcleo; turbinas a vapor d'água (conversor eletromecânico de energia); combustível (cerca de 74 a 100 varetas de combustível) e os sistemas de segurança que se assemelham aos do PWR (DA SILVA RESENDE et. al. 2009: 25).

O sistema de alimentação[4] do BWR pode ser visto na figura 12 abaixo:

Figura 12: Sistema de alimentação de um BWR.

95



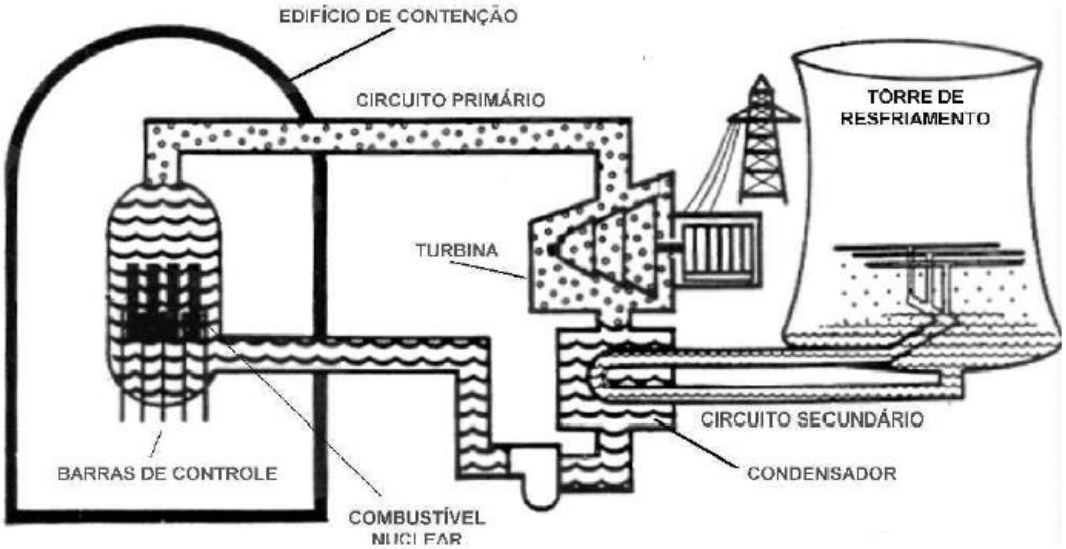
Fonte: Adaptado DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 25.

As principais componentes de um BWR estão divididas em dois circuitos, o circuito primário e o circuito secundário. No circuito primário estão as barras de controle (controlam a reação de fissão) e o combustível nuclear, compondo o núcleo do reator que está dentro do edifício de contenção. Já o circuito secundário é composto pela turbina que, acoplada a um gerador elétrico compõem o sistema conversor eletromecânico. Ainda estão presentes: o condensador, onde o restante do calor do vapor é retirado (voltando o fluido de resfriamento ao estado líquido) e a torre de resfriamento donde é feita a troca de calor do fluído com o

[4] A alimentação de água entra no reator pela região dos separadores, onde ainda sob a forma líquida é separada do vapor. Este fluxo de água aplicado as bombas a jato que utilizando a pressão da cabeça térmica na parte superior do vaso do reator ou das bombas de recirculação interna pressurizam a água que é aplicada ao núcleo...A recirculação forçada, sob pressão, da água no interior do vaso é muito importante no controle da potência de operação do reator. O nível de potência térmica, também é variado aumentando ou diminuindo o fluxo de recirculação… (DA SILVA RESENDE et. al. , 2009: 25)

meio, conforme pode ser visto na figura 13 adiante.

Figura 13: Componentes de um BWR



Fonte: Adaptado DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 23.

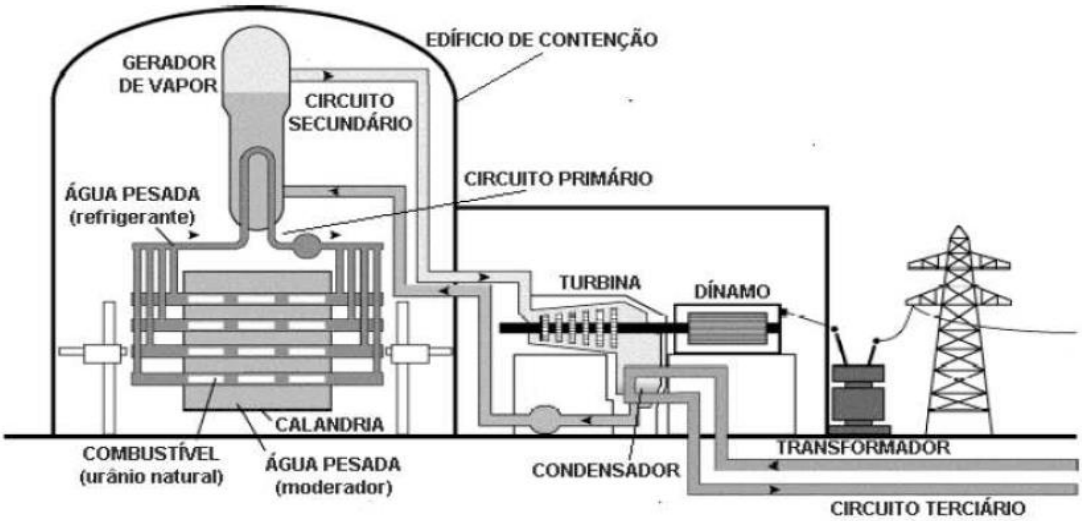
De acordo com da Silva Resende et. al. (2009: 28) desde sua concepção algumas melhorias foram feitas neste tipo de reator. Dentre elas estão instalação de bombas de refrigeração, elevação da potência térmica fornecida e reforço na blindagem de concreto.

***Pressurized Heavy Water Reactor* -PHWR- Reator a Água Pesada Pressurizada**

No que tange ao sistema de segurança empregado a este tipo de reatores de potência. Este é composto, assim como os demais citados anteriormente, por barras de controle de emergência (absorvedor- moderador de nêutrons) que são inseridas por queda livre; sistema de resfriamento de emergência (para o caso de acidentes onde se há a perda de refrigerante e consequentemente a fusão do núcleo, o LOCA); estrutura de contenção feita de concreto com revestimento plástico. Além disso, o sistema de segurança desse reator conta com sistema *spray* que juntamente com um ventilador reduzem a pressão do edifício de contenção, chegando à pressão negativa em certos casos (DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 49).

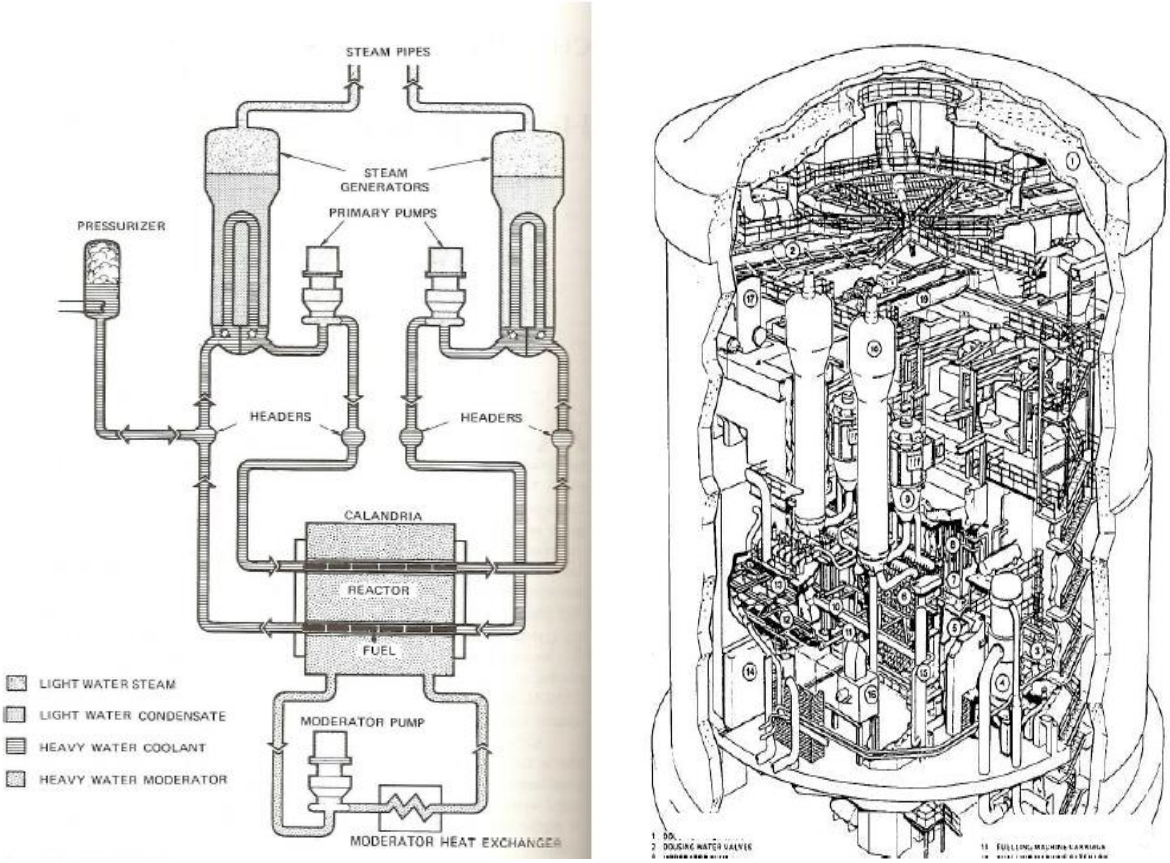
O sistema de refrigeração bem como o sistema de contenção e um esquemático da estrutura de um PHWR é mostrado na figura 14 a seguir.

Figura 14: Esquemático de um PHWR.



Fonte: Adaptado DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 43.

Figura 15: Sistema de Refrigeração e de Contenção de um PHWR. Respectivamente.



Fonte: Adaptado DA SILVA RESENDE et. al., 2009: 44, 49.

Os reatores PHWR são parecidos como os PWR diferenciando apenas por utilizarem água pesada, o Deutério, e por utilizarem como combustível o urânio natural U-232, ao invés de urânio enriquecido, U-235, como os PWR's. (DA SILVA RESENDE et. al., 2009).

Com este termina-se a abordagem aos 3 principais tipos de reatores empregados na produção de energia elétrica atualmente. Há ainda reatores de Geração III +, de Geração IV e as prospecções tecnológicas que são os reatores a Fusão Nuclear.

Como consta na publicação da Fundação Getúlio Vargas (FGV) (2015: 12), as Usinas de Geração III + utilizam fenômenos físicos naturais tais como a força da gravidade, troca de calor por convecção e circulação natural de gases e líquidos como sistemas passivos de segurança. Isso faz com que esses sistemas atuem automaticamente em caso de acidentes, sem a necessidade a intervenção humana. Além disso, possuem sistemas de ignição e controle digitais e, vantagens construtivas, tais como, construção modular; padronização de sistemas, materiais e equipamentos; organização do canteiro de obras otimizada; gerenciamento facilitado do almoxarifado de obras. A exemplo das Usinas de Geração III + e alguns dispositivos de segurança aplicado a essas disponíveis no mercado tem se os da imagem 1 abaixo:

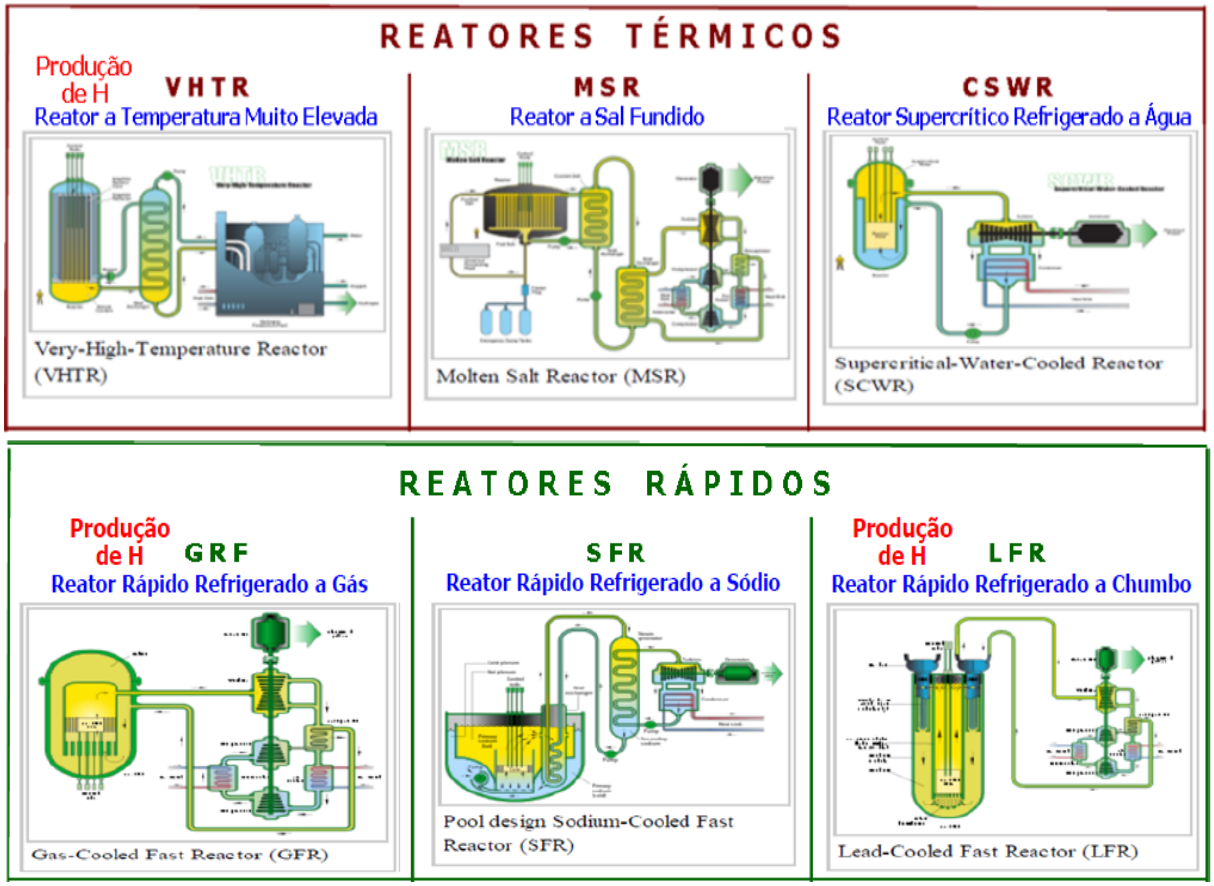
Imagem 1: Exemplos de Usinas Geração III + e Dispositivos Passivos de Segurança.

Fonte: Adaptado de FGV, 2015: 14.

Os reatores nucleares de IV Geração são os reatores do futuro, pois, possuem versatilidade por serem híbridos, servindo para a geração de eletricidade, de hidrogênio e água potável (FGV, 2015: 16).

Exemplos deste tipo de reatores podem ser visto na figura 16 a seguir:

Figura 16: Exemplos de reatores de Geração IV.



Fonte: Adaptado de FGV, 2015: 16.

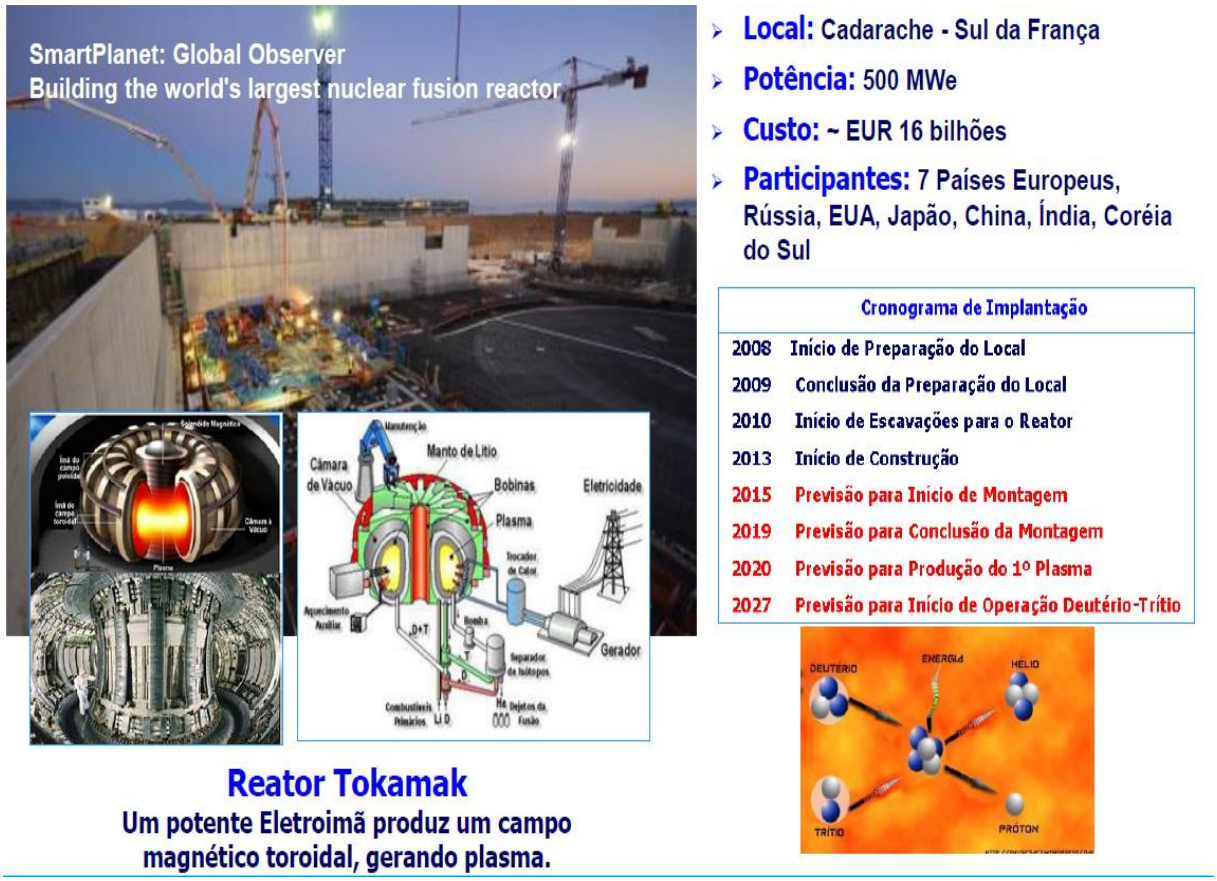
Por último e não menos importante vêm os Reatores a Fusão Nuclear, os quais utilizam o princípio de produção de energia das estrelas, como. A Fusão Nuclear é contrária à Fissão Nuclear. Ao invés da quebra de 1 átomo pesado gerando 2 novos átomos leves, a fusão funde 2 átomos leves gerando 1 átomo mais pesado. Neste tipo de reação há uma liberação muito maior de energia que na fissão e que a energia consumida no processo. Além disso, a produção de rejeitos e mitigada, não há implicações estratégicas (proliferação de subprodutos aplicáveis à indústria bélica) (FGV, 2015: 19).

Contudo, a tecnologia aplicada a este tipo de reator ainda está em processo de desenvolvimento, sendo que seus principais desafios são: controle da reação em cadeia; as altas Temperaturas envolvidas no processo; obtenção de plasma aplicado à fusão; isolamento

do plasma da matéria. (FGV, 2015: 19).

A exemplo de reatores a fusão nuclear existe o Reator Tokamak idealizado pelo projeto ITER, *International Thermonuclear Expperimental Reactor*. Em suma o histórico deste reator bem como uma ilustração de como ele é pode ser visto na imagem a seguir adaptada da FGV (2009: 20).

Imagem 2: Imagem resumo de exemplificação e características de Reatores a Fusão Nuclear.



Fonte: Adaptado de FGV, 2015: 20.

Vale ainda salientar que todas as instalações nucleares sejam elas destinadas à pesquisa, produção de radioisótopos ou reatores de potência, instaladas em países seguidores do Tratado[5] de Não Proliferação Nuclear das armas nucleares, tal como o Brasil, são fiscalizadas a regulamentadas não só internamente com pela AIEA.

[5] O Tratado de Não Proliferação Nuclear tem por objetivo evitar uma guerra nuclear e instaurar uma cooperação internacional para a utilização civil da energia nuclear. (OBJETIVO, 2017).

3. BENEFÍCIOS DA ENERGIA NUCLEAR

3.1 Benefícios da Energia Nuclear

Até a década de 1950, as buscas e avanços tecnológicos na indústria nuclear eram de cunho exclusivamente bélico. Então, outras nações, como a antiga URSS, Alemanha, França, dentre outras, deram novas perspectivas às tecnologias nucleares; dentre as quais, o uso civil. Essa nova forma de utilização da energia nuclear ocorreu apesar dos entraves e limitações impostas pelos Estados Unidos, que impediam o intercâmbio científico tecnológico e a cooperação no campo nuclear, estes seguiram (CABRAL, 2012(b)).

Com isso partiu-se para uma nova etapa de pesquisas na área nuclear. Para que tais pesquisas seguissem, um primeiro passo rumo à importante mudança da percepção pública foi dado: o discurso "Átomos para a Paz" do então presidente dos Estados Unidos *Eisenhower* (1953-1961), apresentado na Assembleia Geral da ONU, em 1953. Com ele o presidente estabeleceu que a energia nuclear tivesse outras aplicações senão as militares (CABRAL, 2012(b)).

Em uma explanação sobre o Programa Nuclear Brasileiro, intitulada "Programa Nuclear Brasileiro: Passado, Presente e Futuro", de Odair Dias Gonçalves membro da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Diz que os principais benefícios e impactos positivos da implementação das tecnologias nucleares no Brasil são:

- Equilíbrio da Matriz Energética;
- Acesso da População aos benefícios da tecnologia nuclear aplicada à Medicina;
- Ampliação do uso de tecnologia nuclear na indústria, incorporando valor;
- Geração de empregos;
- Soberania nacional e acesso a mercados internacionais.

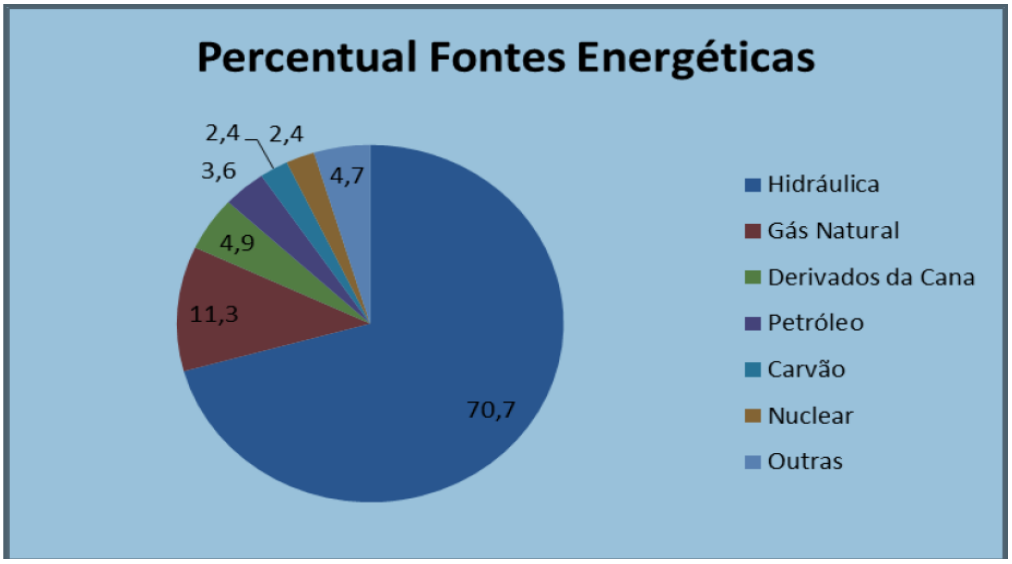
Cabral (2012(a): 101) diz que:

> A diversificação dos usos da energia nuclear- de seus componentes de risco - podem ser atualmente agrupados em cinco setores: (a) medicina; (b) militar; (c) pesquisa;(d) indústria; e (e) energia elétrica.

É de comum conhecimento que a matriz energética brasileira é composta

principalmente por fontes consideradas renováveis, tendo como pilar a energia das hidrelétricas. Como demonstrado no gráfico 2 a seguir:

Gráfico 2: Percentual participativo das diferentes fontes de energia no Brasil



Fonte: DE LIRA, 2015.

Contudo, a regularização das hidrelétricas tem sido inviabilizada devido às exigências dos órgãos ambientais e pressões externas. Essas regulações ocorrem devido ao fato que os potenciais hídricos ainda inexplorados no Brasil se encontram na região da Amazônia, e lá estão localizadas reservas importantes de fauna e flora bem como reservas indígenas (GONÇALVES, 2009).

Tendo em vista essas dificuldades enfrentadas pelas hidrelétricas faz-se necessária uma nova fonte consistente de eletricidade. Como recurso imediato tem-se as termelétricas, que tradicionalmente são movidas a carvão ou derivados do petróleo, com implicações prejudiciais ao meio ambiente.

A geração de energia elétrica através da tecnologia nuclear tem se consolidado entre as principais fontes térmicas no país e, nessa perspectiva, o Planejamento Energético prevê a ampliação de até 8.000 MW a partir de usinas nucleares no horizonte de 2030 (DOS SANTOS, 2014).

E, no cenário mundial segundo DE LIRA (2015: 15)

> 16% da energia elétrica no mundo é gerada através de fonte nuclear e este percentual tende a crescer com a construção de novas usinas, principalmente nos países em desenvolvimento (China, Índia, etc.).

O Brasil é um dos seletos países que domina o ciclo do combustível usado nas

eletronucleares, da mineração ao enriquecimento. Além disso, ocupa a 5º posição no ranking mundial de reserva de urânio com as 309 mil toneladas, representado 5,3% do total. (MME, 2016).

Segundo Gonçalves (2009:2):

> O Brasil é hoje um dos poucos países do mundo a dominar todo o processo de fabricação de combustível para usinas nucleares e um dos três, ao lado de Estados Unidos e Rússia, a dominar o processo de enriquecimento e a ter reservas significativas de urânio.

Por fim, a energia nuclear como substituta direta das termelétricas tradicionais, menos poluente, eficiente e segura é uma fonte energética que pode trazer equilíbrio à matriz energética brasileira (ALMEIDA, 2011).

> Dentre as linhas de pesquisa e ação do Programa Nuclear Brasileiro (PNB) destaca-se a produção de radiofármacos. Estes são aplicados nos tratamentos oncológicos e cardiológicos. E, no Brasil são atendidos anualmente cerca de 3600 procedimentos pela medicina nuclear.

Alguns desses radiofármacos são produzidos pelo Instituto de Pesquisas em Energia Nuclear (IPEN, vinculado ao CNEN). São eles o de Gálio-67, Tálio-201, Iodo-123 e Flúor-18 (FDG), produzidos no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), também vinculado ao CNEN (GONÇALVES, 2009).

As implicações das tecnologias nucleares aplicadas na medicina possuem importância tanto direta, produção de radiofármacos, quanto indireta com reflexos expressivos na economia.

Por exemplo, o Brasil não produz os radioisótopos Mo-99[6] (Molibidênio-99) e o Tc-99m (Tecnécio-99m), assim, o importa através do IPEN com custos de 20 milhões de dólares por ano (GONÇALVES, 2009).

Dos efeitos da tecnologia nuclear na indústria, vale afirmar que assim que o uso desta for ampliado/consolidado isso implicará em elevação de valores agregados, na geração de emprego e em soberania nacional com o domínio sobre tecnologias e mercados restritos às

---

[6] O Molibdênio 99, um isótopo obtido a partir da fissão do urânio e insumo básico na fabricação de geradores de tecnécio 99m, fundamentais em uma série de exames de radiodiagnóstico.

poucas nações dominantes.

A exemplo do citado acima estão as aplicações na agricultura em benefício tanto dos processos produtivos, como na conservação dos produtos já prontos para o consumo. Como consta em DE LIRA (2015: 29) apud. (GONÇALVES, ALMEIDA, 2005).

> Nas plantas os estudos com radioisótopos permitem avaliar a absorção de nutrientes, enquanto que nos estudos dos solos, através das análises com radioisótopos é possível observar os processos de infiltração de água no solo, bem como o processo de filtragem, sendo possível analisar a qualidade do solo e articular medidas para melhora da produtividade. Ainda é possível através do processo de irradiação de alimentos, aumentar a vida útil de frutas e verduras, já que este processo elimina microrganismos.

3.2 A Percepção Pública Quanto à Energia Nuclear

Nesta seção está elencado um estudo do estado da arte acerca da percepção pública sobre a energia nuclear. Nesse sentido, foi realizado um apanhado de trabalhos tanto de âmbito nacional quanto internacional sobre a opinião que as pessoas possuem sobre as tecnologias nucleares e o seu uso. Segundo Cabral (2012(a): 114):

> O tema: energia nuclear, no que se refere aos riscos não é tratado abertamente com pessoas que não participam diretamente do setor. Esse temor é justificado, pois a distorção na comunicação dos riscos tem efeitos na percepção pública provocando rejeição da tecnologia nuclear, afetando negativamente a imagem do setor e de entidades envolvidas, podendo colocar em risco operações rotineiras, atrasando licenciamentos ou mesmo causando paralisações (para investigação de denúncias) com rebatimentos em toda uma cadeia de decisões e criando ambientes de riscos estratégicos, que podem comprometer inclusive o futuro da indústria nuclear brasileira.

Foi a partir da segunda metade do século passado que os avanços na ciência e tecnologia passaram a ser uma questão de opinião pública ou social. O marco dessa mudança foram as explosões das bombas em Hiroshima e Nagasaki (ALMEIDA, 2011).

No Brasil a preocupação com a comunicação ao público alheio às tecnologias nucleares surgiu após o acidente de Goiânia. De lá até os dias atuais, pesquisas vêm sendo realizadas por instituições e centros tecnológicos de pesquisa e apresentadas em eventos científicos por meio de cursos, apostilas informativas digitais. Contudo não são capazes de extinguir os impactos negativos causados por um acidente nuclear (CABRAL, 2012(a): 114).

Segundo a literatura, a percepção pública a respeito das tecnologias nucleares se

mostra superficial em decorrência da escassez de estudos relativos a este assunto. Em geral as informações sobre esta área são veiculadas pela imprensa que por sua vez é tendenciosa aos desastres, visto que, estes possuem maior visibilidade (PRÄSS, 2007).

No entanto, algumas pesquisas realizadas, geralmente baseadas em questionários, onde são levantados dados a respeito do que a população entende sobre usinas nucleares, tanto das vantagens quanto desvantagens, bem como a perspectiva de futuro para tais tecnologias.

Numa pesquisa realizada pela OECD da AIEA (Agência Internacional de Energia Atômica) em 2010, foi avaliada a percepção pública, tanto em países que utilizam as usinas nucleares em suas matrizes energéticas, quanto nos outros. Como resultado dessa pesquisa, 34% da população considerou que as usinas existentes devem permanecer em funcionamento, porém, sem a construção de novas usinas. E, 25% afirmam que as usinas nucleares devem ser desativadas.

Nesta mesma pesquisa verificou se que 59% da população dos 18 países da amostra são contrários à implementação de novas usinas em seus países. Das percepções de riscos dos entrevistados, estes citaram principalmente riscos de segurança vinculados a ataques terroristas. E, como benefícios, citaram as implicações da fonte nuclear de eletricidade como fonte limpa, a par das mudanças climáticas.

Outra pesquisa realizada foi a de Präss (2007). Como resultados foram verificados que as vantagens mais recorrentemente citadas são: pequeno impacto ambiental; não contribui para o efeito estufa; muita energia com pouco combustível; impulsiona desenvolvimento tecnológico e aplicações médicas. E que as desvantagens ou aspectos negativos principais são: risco de acidentes graves; lixo atômico; produção de armas; gasto com armazenagem do lixo radioativo.

Em estudo realizado em cidades do estado do Rio de Janeiro por Almeida (2011), no qual a principal faixa etária a responder à pesquisa foi de 50 a 65 anos; principal nível de escolaridade o de pós-graduação; e, sexo, o masculino. Neste estudo foram feitos levantamentos quanto: às fontes energéticas do Brasil e a percepção dos benefícios/desvantagens da energia nuclear e seus rejeitos. Neste estudo, verifica-se que na perspectiva dos entrevistados quanto às fontes energéticas do Brasil, as Usinas Hidrelétricas, Solar e Nuclear são os três mais recorrentes, em ordem decrescente de importância. Com isso, nota-se que as usinas nucleares são de conhecimento e aceitação de relevância provada para a

sociedade em análise.

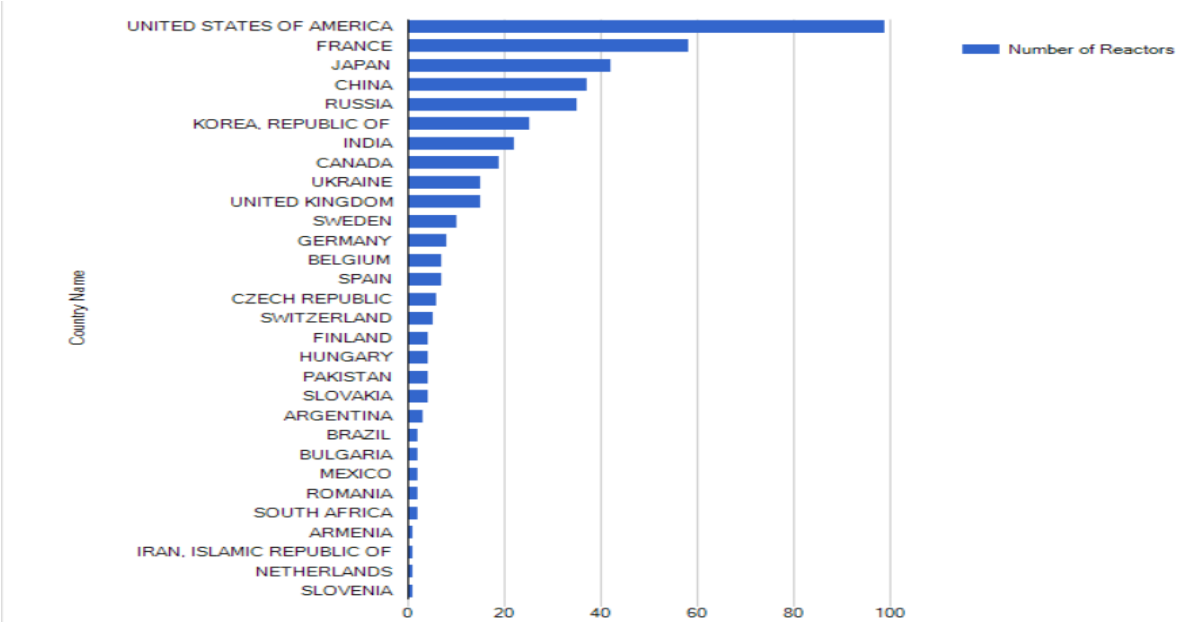
Quanto aos benefícios/desvantagens da energia nuclear 47% das pessoas entrevistadas diz que a energia nuclear traz tanto benefícios quanto desvantagens. Em análise mais detalhada, nota-se que a maioria dos entrevistados acredita nas vantagens trazidas pelas usinas nucleares, sendo citadas principalmente as aplicações na medicina, setor elétrico e as vantagens ambientais frente às demais fontes. Quanto aos depósitos de rejeitos radioativos, 44,9% dos entrevistados se mostra contra a construção destes (ALMEIDA, 2011).

Em 2016 Milanez (et. al., 2016:5), numa pesquisa sobre a percepção pública quanto às tecnologias nucleares (vantagens e desvantagens), chegou à seguinte conclusão:

> Embora apontem deficiências na energia nuclear, não há entre as pessoas exatamente preconceito, embora pela mídia se tenha às vezes impressão diferente; mais de 60% são favoráveis a investimento nacional em pesquisa de geração nuclear mais limpa e segura.

Hoje existem 452 reatores nucleares de potência em operação no mundo e 60 em construção. A distribuição destes reatores em operação e os em construção, sendo que a maioria destes, ao menos em magnitude de importância para o suprimento de energia, está situada na União Europeia e Nos Estados Unidos, como demonstrado no gráfico abaixo:

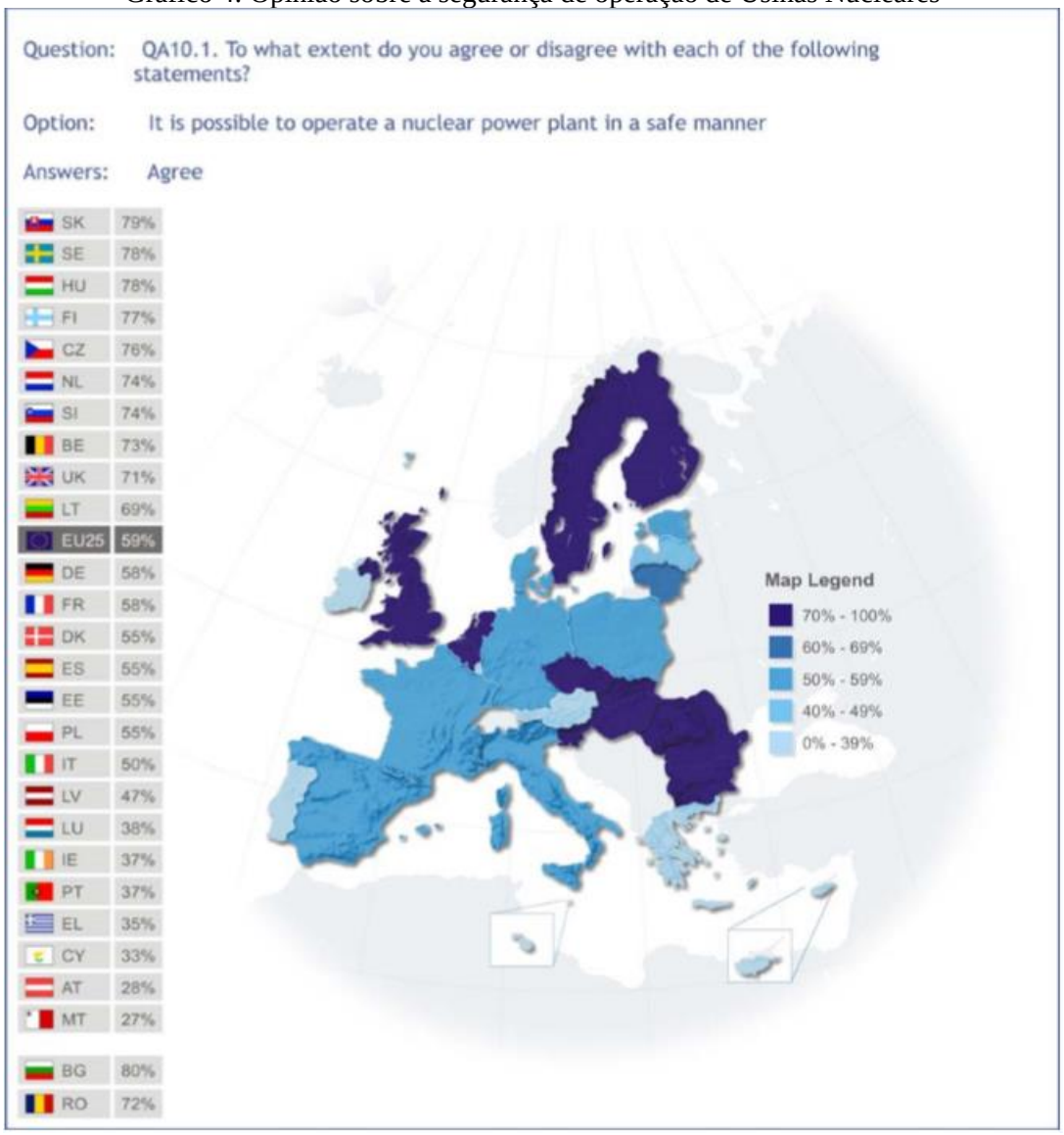
Gráfico 3: Distribuição Global dos Reatores de Potência



Fonte: COMISSÃO EUROPEIA, 2007.

Em outro gráfico resultado de uma pesquisa de opinião feita pela Comissão Europeia (2007: 25) mostra que as pessoas que moram em cidades próximas ou junto às usinas nucleares acreditam que estas sejam seguras. Como demonstrado no gráfico 4 a seguir:

Gráfico 4: Opinião sobre a segurança de operação de Usinas Nucleares



Fonte: COMISSÃO EUROPEIA, 2007.

Cruzando as informações disponíveis nos gráficos acima, verifica-se que nos países onde se concentram a maior parte das usinas nucleares são também aqueles em que o público

tem maior fé quanto à segurança de operação dos reatores. Isso remete a crer que estas instalações têm passado tanto segurança quanto provido benefícios a estas populações.

4. REGRESSÃO LOGÍSTICA

Nesta seção será apresentada uma revisão sobre regressão logística, tendo em vista que está será a técnica estatística que será utilizada na análise qualitativa dos resultados desta pesquisa.

A Regressão Logística (RL) é um método de análise de dados que admite a aplicação de um modelo de regressão para se calcular ou previr a probabilidade de um evento específico. Diferencia-se dos demais métodos de análise por permitir que sejam avaliadas variáveis qualitativas expressas por duas ou mais categorias, contém dois ou mais significados (FIGUEIRA, 2006: 67).

4.1 Regressão Logístia como Método de Análise Estatística

Ao se realizar um estudo ou caracterização de um dado fenômeno ou evento devem ser levantados dados sobre tal. À mão desses dados segue-se para análises onde serão identificadas propriedades e feitas as devidas conclusões sobre o fenômeno. Porém, há situações em que a amostra de eventos ou quantidade de dados levantados são muito extensas, logo, faz-se necessário uma ferramenta para otimizar o processo de análise (FIGUEIRA, 2006:1).

Neste contexto, a Análise de Regressão se mostra ferramenta muito eficaz. Através de seus recursos matemáticos e estatísticos são encontradas funções ou ‘fórmulas’ que descrevem o comportamento desses dados, seguindo condições dadas (FIGUEIRA, 2006:1).

Existem maneiras e metodologias diversas para uma análise de regressão. Contudo, a Regressão Logística (RL) é mais recorrente em aplicações em que a análise impõe as variáveis independentes condicionadores tais como ser normalmente distribuídas ou terem suas matrizes de variância/ covariância idênticas entre grupos de classificação (FRANCO apud. WEISBERG, 2017:37).

A RL tem por objetivo estabelecer a forma com que uma variável aleatória, ou variável dependente, se comporta sob presença de outras variáveis ditas independentes ou explicativas. Estima o valor médio da variável dependente perante informações das variáveis explicativas (FRANCO, 2017:37).

4.2 Modelos de Regressão Linear e suas Hipóteses

Ao se analisar uma série estatística com valores de $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ e $Y = y_1, y_2, \dots, y_n$ tomados num espaço amostral de n indivíduos, almeja-se saber da existência ou não de relação entre Y e X e a função que a descreve.

Numa análise gráfica a curva que é descrita por tal função característica é o lugar geométrico das médias condicionais das variáveis dependentes para os valores fixados da variável explicativa. Ou seja, para cada valor de X existe uma série de valores de Y e uma média condicional correspondente, onde a curva passará através dessas médias. (FRANCO, 2017:38).

Cada média condicional $E(Y \mid X_i)$ é uma função de X_i:

$E(Y \mid X_i) = F(X_i)$,

em que $F(X_i)$, é uma função da variável explicativa X_i . Para a regressão linear tem-se que:

$E(Y \mid X_i) = F(X_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i$.

Onde, β_0 e β_1 representam os parâmetros desconhecidos ou coeficientes de regressão. As variáveis β_0 e β_1 são os objetivos da regressão, pois, é através de inferências feitas sobre elas que se pode estipular hipóteses a respeito de como a variável Y é gerada a partir da seguinte equação:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i,$$

onde u_i é o termo de erro (FRANCO, 2017:38).

O modelo clássico de regressão linear, gaussiano, desenvolvido por Gauss em 1821, é o padrão comparativo aos modelos de regressão que não satisfazem as hipóteses gaussianas. Segundo GUJARATI (2011), essas hipóteses são:

Modelo de regressão linear: o modelo é linear nos parâmetros podendo ou não ser linear nas variáveis, de acordo com a seguinte equação:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i \ ;$$

Valores de X fixos ou independentes dos termos de erro: Valores de X podem ser fixos para amostras repetidas, regressor fixo, ou variar de acordo com Y ,variável dependente e regressor estocástico. No segundo modo X e e a variável de erro são independentes;

Valor médio de u_i, termo de erro, é 0: dado o valor de X_i o valor médio de erro aleatório u_i é 0. $E(\, u_i \ | \ X_i \,) = 0$, ou se X é estocástico $E\ (u_i) \ = \ 0$;

Homocedasticidade ou variância constante de u_i: a variância (Var) do termo de erro (u_i) é a mesma independentemente do valor de X, de forma explicativa:

$$Var\ (u) \ = \ E\ [u \ - \ E\ (ui \mid Xi\ )]^2$$

$$= \ E(u_i{}^2 \mid Xi), \text{ devido à hipótese 3}$$

$$= \ E(u_i^2), \text{ caso } X_{\ i} \text{é não estocástico}$$

$$= \sigma^2$$

Não há correlação entre os termos de erro: para quaisquer 2 valores de X, X_i e X_j($i \ \neq \ j$), a correlação entre u_ie u_j é nula. Dado por:

$$cov\ (u_i,\ u_j \mid X_i\ e\ X_j) \ = \ 0$$

$$cov\ (u_i,\ u_j) \ = \ 0,$$

se X for não estocástica onde i e j são observações diferentes e $cov \ = \ covariância$;

O número de observações n deve ser maior que o número de parâmetros a serem estimados;

A variabilidade dos valores de X: Os valores de X em uma amostra não devem serem coincidentes ➔ $var\ (X) \ > \ 0$, e não pode haver valores discrepantes entre os X, caso haja devem ser descartados.

4.3 Modelo Regressão Logística

Franco (2017:40) apud. Oliveira (1997) afirma que:

> "A RL como função de regressão pertence à classe dos modelos estatísticos, em que a variável explicada é, na verdade, qualitativa, ou, sendo quantitativa, dela apenas se pode observar manifestação de caráter qualitativo."

O objetivo dos modelos é de RL é fundamentar a escolha entre duas alternativas resposta, sendo que estas alternativas são do tipo binárias, por exemplo $0 = não\ 1 = sim$. Sendo que dentre esses modelos o mais simples possui apenas uma escolha possível numa amostra com duas opções.

No modelo de RL é definido $P_i$como a probabilidade de o estudante ser a favor ou contra à Energia Nuclear no Brasil. Essa probabilidade pode ser encontrada através de diversas variáveis explicativas (representadas por $\beta_1 X_i$) regredidas sobre a variável dependente Y.

Para $Y_i = 0$ e $Y_i = 1$, pode-se escrever: $E\ (Y_i\ =\ 1 \mid X)\ =\ P\ (X_i)$. Onde $E\ (Y_i\ \mid X)$ pode ser interpretada como uma probabilidade condicional, tornado possível tomar P_i com sendo a probabilidade de $Y_i =\ 1\ e\ 1 - P_i$a probabilidade de $Y_i = 0$. Caracterizando Y_i com uma Distribuição de Benoulli, logo:

$$P(Y_i\ \ \mid X) = \{1 - P_i\ se\ \ Y_i\ \ = 0$$

$$P(Y_i\ \ \mid X) = \{P_i\ se\ \ Y_i\ \ = 1$$

Logo:

$$E(Y_i\ ) = 0(1 - P_i\ ) + 1(\ P_i\ ) = P_i$$

Com isso, a expectativa condicional do modelo pode ser entendida como a probabilidade condicional de Y_i tendo com restrição; $0 \leq\ E\ (Yi \mid\ Xi)\ \leq\ 1$.

É importante perceber que a relação ente X e $E(Y)$ é não linear, quando os valores de X aumentam $E(Y)$ se aproxima lentamente de 1 e, caso X diminua $E(Y)$ tende a 0 (FRANCO, 2017:41).

Um modelo de regressão logística serve como base para representação de variáveis respostas, qualitativas e dicotômicas à regressões. Esse tipo de modelo possui a seguinte representação, citada Franco (2017:42):

$$P_i = E(Y = 1\,|X_i) = \frac{1}{(1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_i)})}$$

Vale notar que $\beta_0 + \beta_1 X_i$ varia entre $-\infty\ e\ +\ \infty,\ Pi$ entre 0 e 1, além disso, não se relaciona com $\beta_0 + \beta_1 X_i$ linearmente, contudo, é em sua essência linear, pois:

$$\frac{P_i}{(1 - P_i)} = \frac{(1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_i)}}{(1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_i)})} = e^{(\beta_0 + \beta_1 X_i)}$$

Nota-se que $\frac{P_i}{(1 - P_i)}$ é uma razão de probabilidades de que $Y_i = 1$, logo, calculando-se o logaritmo natural da equação anterior se tem:

$$\pi_i = \ln \frac{P_i}{(1 - P_i)} = \beta_0 + \beta_1 X_i\ .$$

Onde π_i é linear em X e nos parâmetros ($\beta_0\ e\ \beta_1$), atendendo assim a linearidade imposta pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (FRANCO, 2017: 43).

A fim de se estimar o modelo da regressão é utilizado o seguinte modelo:

$$\pi_i = \ln \frac{P_i}{(1 - P_i)} = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$$

Numa estimativa além de saber X_i é necessário saber os valores de logit π_i para que sejam evitadas singularidades matemáticas como por exemplo: $\pi_i = \ln \frac{1}{0}$ o que impossibilitaria o uso do método dos quadrados mínimos ordinários (FRANCO, 2017:43).

Em Franco (2017:43) consta que para cada variável X_i existe N_i indivíduos e n_i (para $n_i < N_i$) desses possuem significância, sendo que a frequência dos elementos com atribuições é dada por $P_i = n_i / N_i$. Esse novo valor de P_i é seu verdadeiro valor, aquele que possui correspondência a cada X_i. Vale ainda a afirmar que quanto maior N_i maior será a estimativa de P_i.

O método do Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) não é aplicável da mesma maneira que a regressão linear, pois, cada observação de uma dada classe de X_i se distribuir de forma independente esta classe se comportará como uma variável binomial, logo:

$$e_i \sim N[0, \frac{1}{N_i P_i (1 - P_i)}]$$

Logo, os e_i são taxados heterodásticos. Com isso, ao invés de utilizar o MQO se utiliza o Método dos Quadrados Mínimos Ponderados (MQP), um MQO de dados transformados.

Para casos em que os resíduos da regressão se distribuem normalmente e os estimadores (β's) da regressão pelos métodos MQO e MQP são idênticos. Contudo, existe um método mais adequado à aplicações onde não se verifica tais afirmativas e, além disso, não é notada a homocedasticidade dos resíduos (casso da Regressão Logística), o método da Máxima Verossimilhança (MV). Assim para que seja efetuado categoricamente a Regressão Logística aplicada aos dados desse estudo se dará pelo método da Verossimilhança.

5. METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica histórica, científica descritiva das tecnologias nucleares e em uma pesquisa qualitativa e quantitativa sobre a opinião da comunidade acadêmica, da Faculdade de Engenharias do Gama (FGA) da Universidade de Brasília (UnB), quanto às tecnologias nucleares e suas implicações.

Quanto à natureza, a pesquisa realizada é classificada como pesquisa aplicada, pois o objetivo é gerar dados que serão utilizados na elaboração de uma proposta de solução de um problema específico. Definida como descritiva e exploratória quanto aos seus objetivos e, quanto ao procedimento a pesquisa pode ser classificada como documental e de levantamento.

Para que fossem cumpridos os objetivos do presente trabalho: Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica para construção de um referencial teórico, onde as referências foram escolhidas de acordo com os temas e autores. A busca pelas referências utilizadas foi realizada por meio de ferramentas de busca: Portal de Periódicos da Capes, pelo Google Acadêmico e em plataformas sítios em inglês.

Os temas, escolhidos aqueles voltados ao assunto energia nuclear com abordagem específica aos tópicos: histórico das usinas nucleares; tipos de reatores nucleares e seus sistemas de segurança; aplicações da engenharia nuclear; benefícios da engenharia nuclear; teoria das reações de fissão; pesquisas da visão populacional a respeito da engenharia nuclear; perspectivas da engenharia nuclear e regressão logística. Estes temas foram inseridos nas ferramentas de busca acima citadas tanto em português quanto em inglês.

Os autores foram selecionados por suas publicações nos temas ou tópicos acima citados. Com foco naqueles mais recorrentes na bibliografia como CABRAL, PRASS, DOS SANTOS RESENDE, AIEA, CNEN, ALMEIDA, GONÇALVES, GOLDEMBERG, DE LIRA, EC, FGV e FIGUIERA.

Para elaboração do questionário foram seguidos os seguintes passos:

- Levantamento de questões e construção do questionário;
- Pré-teste ou validação do questionário;
- Ajustes;
- Definição da amostra;
- Construção da amostra;

O levantamento das questões, bem como a construção do questionário foram feitos

com base em pesquisas de opinião já realizadas. Essa escolha foi feita porque as questões destas pesquisas já haviam sido validadas estatisticamente. Os questionários utilizados como base foram os dos trabalhos de ALMEIDA, de CABRAL e de MILANEZ.

No pré-teste foram aplicadas cópias do questionário a 5 alunos, de cada um de uma das cinco áreas de engenharia da FGA (Engrenharias de: Energia, Eletrônica, Aeroespacial, Software e Automotiva), e para alguns docentes. Fora solicitado a estes que dessem suas opiniões a respeito do questionário quanto à disposição e à clareza das questões bem como possíveis ajustes necessários.

Com base nos dados obtidos com o pré-teste as questões foram ajustadas e feitas às devidas correções, concluindo assim o questionário.

Após a elaboração do questionário partiu-se para a definição da amostra a ser trabalhada. Para isso utilizou-se o seguinte algoritmo:

- Levantamento da população amostral;
- Estratificação da amostra;

A população alvo foram os discentes da FGA. Os dados foram levantados mediante informação da secretaria administrativa acadêmica da FGA, que apresentou a quantidade de alunos de cada curso, a quantidade de aluno de cada sexo e a quantidade de alunos que ainda não escolheu qual curso irá cursar. Esses dados podem ser vistos na tabela 4 a seguir:

Tabela 4: População discente da FGA do primeiro semestre de 2017.

Curso	Masculino	Feminino	Total
Engenharia	686	185	871
Aeroespacial	202	59	261
Software	363	57	420
Automotiva	173	15	188
Energia	150	124	274
Eletrônica	304	87	391
Total	1878	527	2405

Fonte: Secretaria Administrativa Acadêmica da FGA, 2017.

À mão destas informações fora feita a estratificação da amostra a ser levantada utilizando a fórmula de *Barbetta* aplicando um erro de 8% e, acrescido ao percentual de cada curso seu equivalente no que tange aos discentes que ainda não escolheram qual área seguir. A partir da amostra total que é de 2405 alunos, obteve-se o seguinte quadro amostral,

apresentado na tabela 5 a seguir:

Tabela 5: Amostra estratificada.

Curso	Masculino	Feminino	Total	Percentual Dentre a amotra
Aeroespacial	19	6	25	17%
Software	34	6	40	27.%
Automotiva	16	3	19	13%
Energia	15	11	26	18%
Eletrônica	29	8	37	25%
Total	113	34	147	100%

Fonte: Autoral.

Após a identificação e estratificação da amostra partiu-se para aplicação do questionário. A aplicação do questionário foi realizada pessoalmente pelo autor visando maior fidelidade dos dados obtidos.

A análise estatística dos dados coletados, a fim de se traçar o perfil do posicionamento da amostra perante a pergunta chave do trabalho: "Você é a favor ou contra a Energia Nuclear no Brasil?", é aplicado o método de análise estatística a Regressão Logística (RL). A RL é realizada utilizando uma ferramenta computacional, o software SPSS da IBM.

Na RL as variáveis independentes X_i serão as respostas aos itens da ferramenta de pesquisa, enquanto que a variável dependente Y é dada por:

$Y = 0$, caso o discente seja favorável à Energia Nuclear;

$Y = 1$, caso o discente seja contra a energia nuclear.

Os dados coletados foram exportados para uma planilha do software EXCELL do pacote Office da Microsoft, onde as respostas foram categorizadas a fim de se reduzir a quantidade de variáveis respostas, tornando a RL possível. No apêndice I pode ser consultado a versão inicial do questionário utilizado, bem como as respostas na análise quantitativa, e no apêndice II a versão com as respostas categorizadas, a serem utilizadas na análise qualitativa dos dados.

Após a categorização dos dados, esses foram exportados para a ferramenta onde será realiza a regressão logística dos dados, o *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS). Esse

software possibilita a realização da análise estatística dos dados, para que sejam determinados os parâmetros desconhecidos do modelo, α e β_i. Para fins de análises, as variáveis explicativas foram categorizadas, tornando a primeira resposta da variável a referência, $0 = fracasso\ e\ 1 = sucesso$.

A questão 9 do questionário, apêndice I, foi definida como a variável resposta do modelo logístico. As demais questões formaram o conjunto de variáveis independentes. Após essa definição, partiu-se para a execução da RL. Primeiramente foram realizadas regressões univariável, para que fossem determinadas as variáveis explicativas mais significantes, e que irão compor o modelo de regressão, seguindo o proposto por Gomes et. al. (2015:3).

> As variáveis explicativas que apresentaram p < 0,20 foram consideradas elegíveis para compor os modelos de regressão de Poisson múltiplos. Esse procedimento foi adotado para tornar mais parcimoniosa a escolha das variáveis explicativas a partir da literatura internacional. GOMES et. al. (2015:3).

Após serem concluídas as regressões univariável, foram identificadas as variáveis a serem adotadas no modelo e realiza a análise de RL do modelo. Para se ter uma visão sistêmica da metodologia desenvolvida tem-se o diagrama abaixo:

Diagrama 1: Metodologia para desenvolvimento do modelo.

Fonte: Autoral.

A seguir estarão dispostos os resultados obtidos com à aplicação do método e realizadas as devidas análises e conclusões.

6. RESULTADOS E ANÁLISES

Aqui serão apresentados os resultados adquiridos com a pesquisa de opinião realizada com amostra de graduandos de engenharia da FGA-UnB. Vale salientar que primeiramente é apresentada uma análise gráfica quantitativa dos dados coletados, seguida pela análise qualitativa mais uma tabela de frequência das variáveis aplicadas no modelo de regressão.

Os gráficos apresentados em seguida estarão dispostos por questões (de 1 a 15) e por curso (Eng. Aeroespacial, Eng. de Software, Eng. Eletrônica, Eng. de Energia e Eng. Automotiva). Quanto as legendas dos gráficos estas estão dispostas em números sendo que cada número representa o item referente à questão a qual o gráfico retrata.

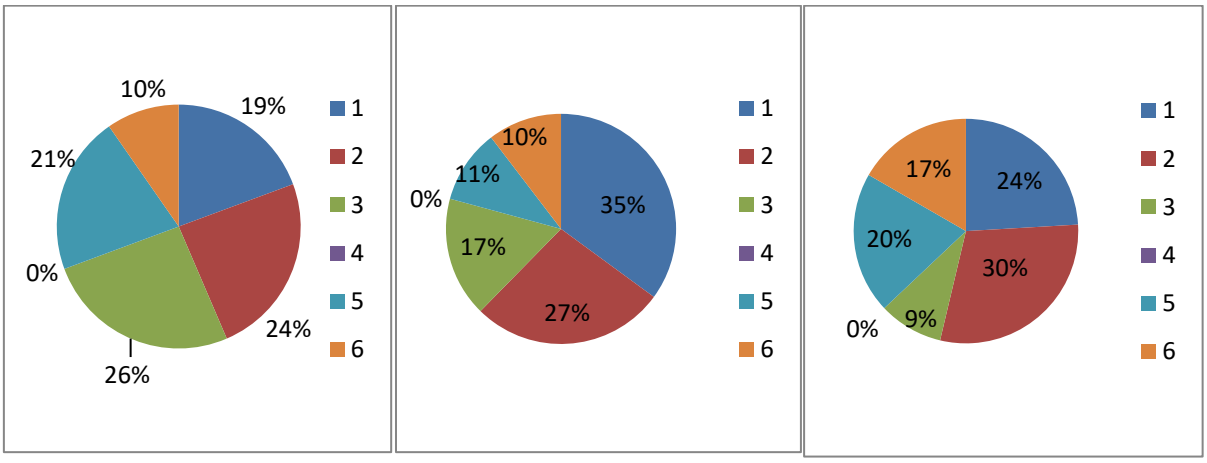
6.1 Análises Gráfica Quantitativa dos dados

6.1.1 Análises Quantitativa da Questões 01 da Pesquisa.

Nos gráficos de I, II, III, IV e V a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 1 do questionário aplicado, sendo que o gráfico I representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico II as de Engenharia de Software (ES), III Engenharia Eletrônica (EEL), IV Engenharia de Energia (EE) e V o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 1: O que você pensa quando ouve a palavra RADIAÇÃO?"

Gráfico I: Aeroespacial **Gráfico II: Software** **Gráfico III: Eletrônica**



Fonte: Autoral.

Gráfico IV: Energia

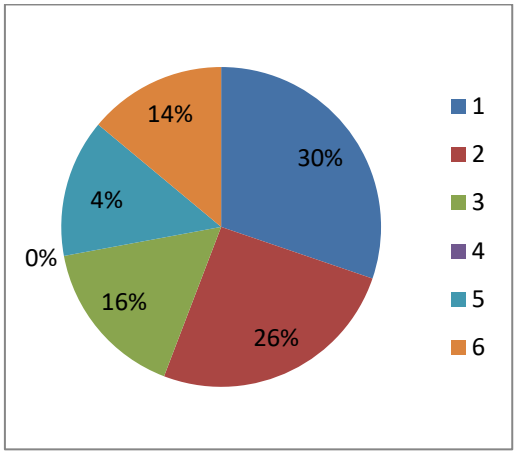
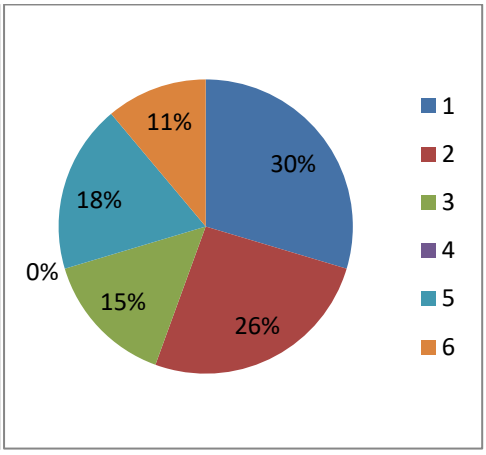


Gráfico V: Automotiva



Fonte: Autoral.

No que concerne a numeração da legenda esta se refere aos itens da questão 1 do questionário, tem-se:

- 1= Contaminação
- 2= Usina Nuclear
- 3= Bomba atômica
- 4= Não sei
- 5= Outro
- 6= Acidentes

Do gráfico I se nota que o maior percentual das respostas é para o item 3 da questão 1. Pode se inferir então, que os alunos de EA relacionam a palavra radiação às aplicações mais conhecidas e principais da energia nuclear que são a produção de artefatos nucleares e as usinas nucleares.

No gráfico II verifica-se que as respostas à questão 1 dadas pelos alunos de ES podem são em sua maioria para o item 1. Com base nessas respostas se pode inferir que os alunos de ES estão predispostos a relacionar o termo radiação às expressões Contaminação, Usina Nuclear e Bomba Atômica, principalmente.

Do gráfico III, nota-se que a ordem de grandeza das respostas dos alunos de EEl à questão 1 se dá na seguinte sequência ordem 2, 1, 5, 6, 3 e 4 (sem expressividade). Com esses índices infere-se que os alunos de EEL associam a palavra radiação principalmente às aplicações da energia nuclear e também aos possíveis impactos negativos que estas podem levar.

Com o gráfico IV, resposta dos alunos de EE à questão 1 verifica-se que estes alunos estão predispostos a associar a palavra radiação aos termos Contaminação, Usinas Nucleares,

Bomba Atômica e Acidentes, em ordem crescente de magnitude.

Por último, do gráfico V se nota que os alunos de EAU associam o termo radiação às palavras Contaminação, Usinas Nucleares, Outros, Bomba Atômica, Acidentes e Não sei, em ordem crescente de magnitude.

Ao verificar a recorrência das respostas à questão 1, se nota que os discentes de maneira geral associam o termo radiação às aplicações da energia nuclear (Usinas e Artefatos) e às possíveis consequências negativas das tecnologias nucleares, acidentes e contaminação. Sendo que para o primeiro são 21,6% em média e 20% associam o termo às consequências.

6.1.2 Análises Quantitativa da Questões 02 da Pesquisa.

Nos gráficos 1, 2, 3, 4, e 5 a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 2 do questionário aplicado, sendo que o gráfico 1 representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico 2 as de Engenharia de Software (ES), 3 Engenharia Eletrônica (EEL), 4 Engenharia de Energia (EE) e 5 o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 2: Quais aplicações da Energia Nuclear você conhece?"

Gráfico 1: Aeroespacial

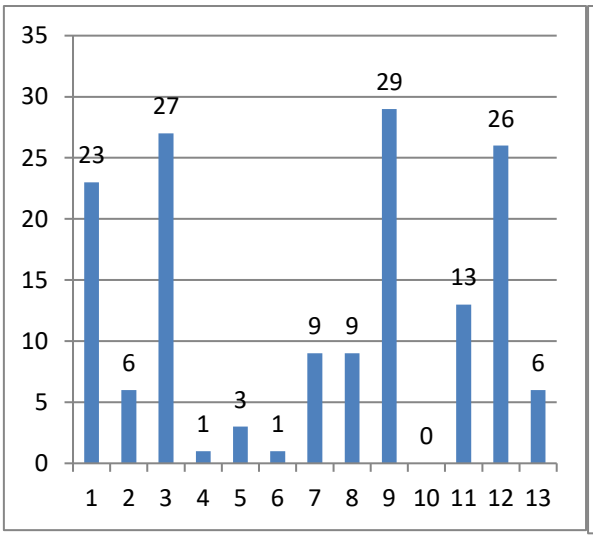
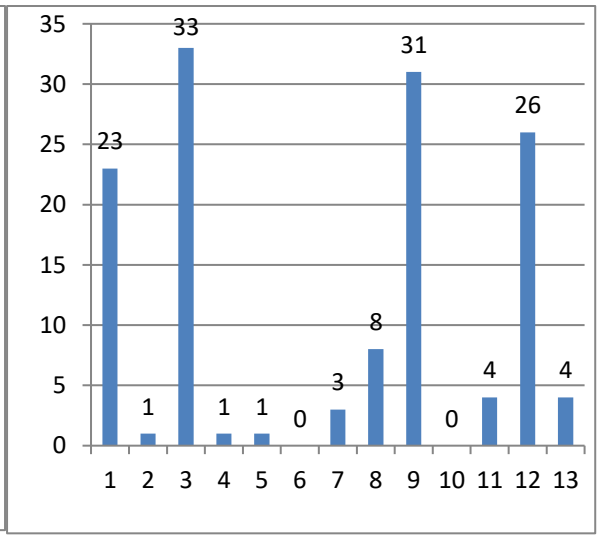


Gráfico 2: Eletrônica



Fonte: Autoral.

Gráfico 3: Eletrônica

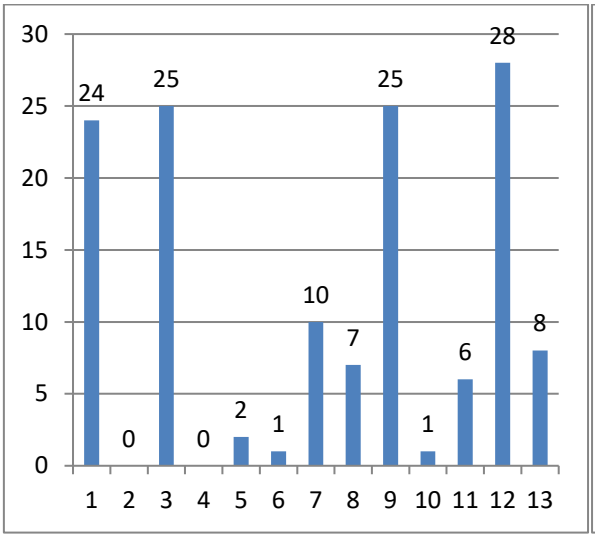


Gráfico 4: Energia

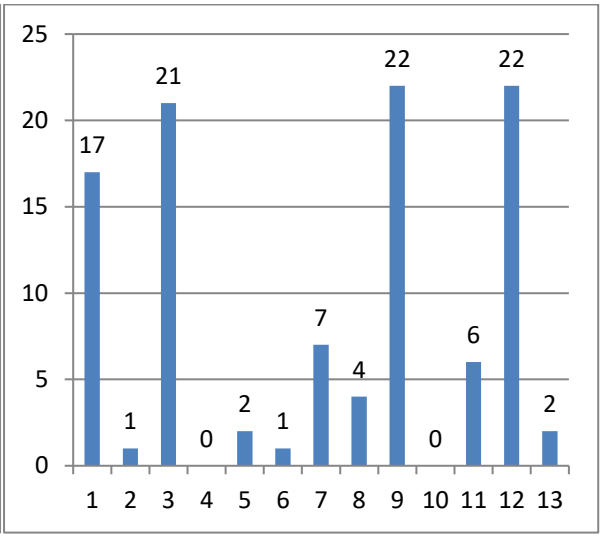
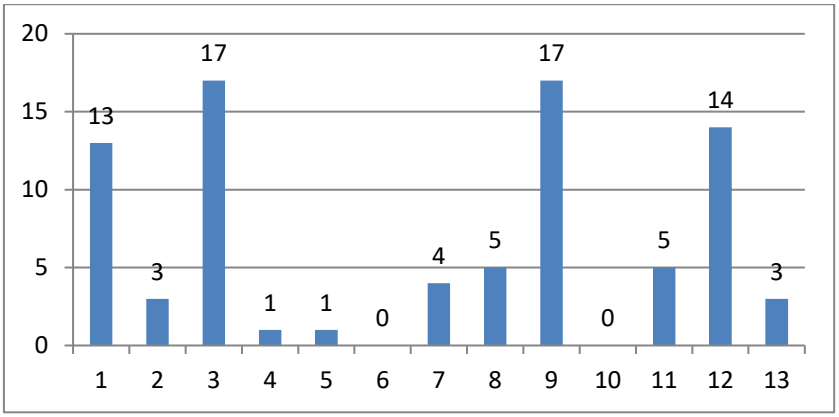


Gráfico 5: Automotiva



Fonte: Autoral.

A numeração da legenda ou do eixo horizontal refere-se aos itens da questão 2 do questionário, tem-se:

- 1= Tratamento para cura de câncer e diversos tumores
- 2= Dessalinização da água
- 3= Combustível Nuclear
- 4= Tratamento de Gases Tóxicos
- 5= Tratamento de Águas
- 6= Cura de tintas e vernizes
- 7= Esterilização de instrumentação médica e odontológica
- 8= Irradiação de alimentos
- 9= Geração de energia elétrica
- 10= Irradiação de látex
- 11= Diagnóstico e tratamento da tireoide
- 12= Fins bélicos

- 13= Melhoria das propriedades de materiais industrializados

No gráfico 1, as respostas dos alunos de EA, verifica-se que a maioria dos entrevistados recorreu aos itens 1, 3, 9 e 11. Do gráfico 2, alunos de ES, a recorrência fora semelhante à do gráfico 1, porém se nota uma sobressalência ao item 3. Quanto às respostas dos alunos de EEL, estas assim como as anteriores, foram mais expressivas para com os itens 1, 3, 9 e 12. Havendo um equilíbrio entre os itens 3 e 9 e um sobressalto no item 12. Os alunos de EE mantiveram os índices em destaque anteriores, com singularidade na equiparação entre os itens 9 e 12. Já os alunos de EAU, apesar de citarem principalmente os mesmos itens que as outras engenharias, mostraram entendimento equivalente nos itens 3 e 9.

Apesar de haver citações de outras aplicações da energia nuclear, os estudantes, ao recorrerem principalmente aos termos tratamento de câncer, combustível nuclear, geração de energia elétrica e fins bélicos como respostas à questão 2, demonstrando possuírem apenas o conhecimento comum no que tange as aplicações da energia nuclear.

6.1.3 Análises Quantitativa da Questões 03 da Pesquisa.

Nos gráficos de I, II, III, IV e V a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 3 do questionário aplicado, sendo que o gráfico I representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico II as de Engenharia de Software (ES), III Engenharia Eletrônica (EEL), IV Engenharia de Energia (EE) e V o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 3: Quais as vantagens da Energia Nuclear você conhece?"

Gráfico I: Aeroespacial

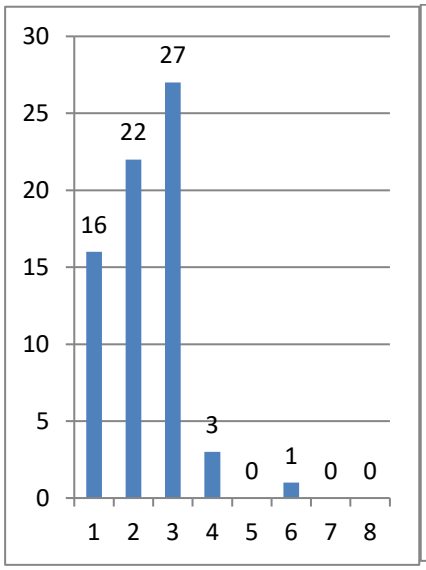


Gráfico II: Software

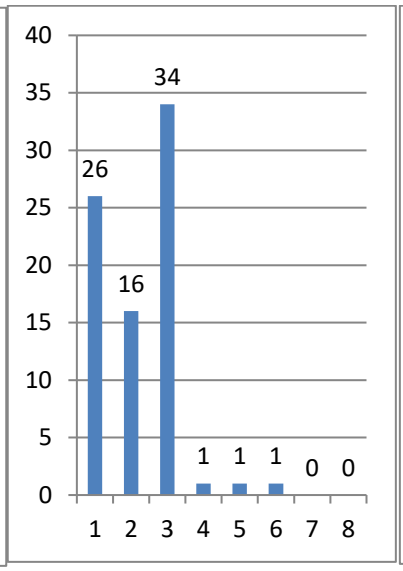


Gráfico III: Eletrônica

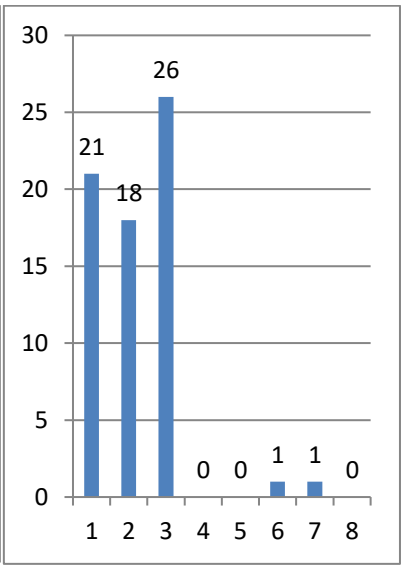


Gráfico IV: Energia

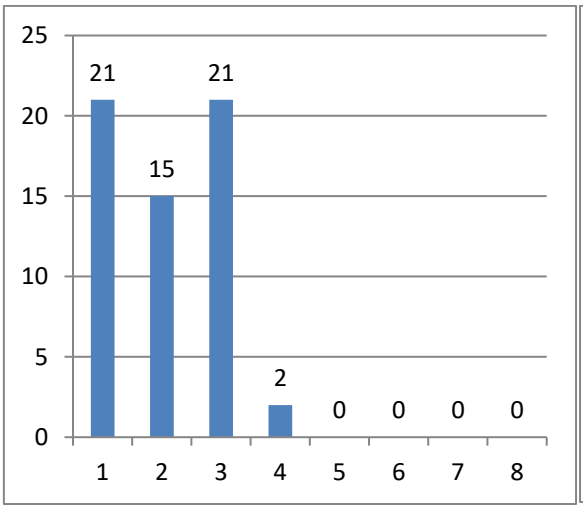
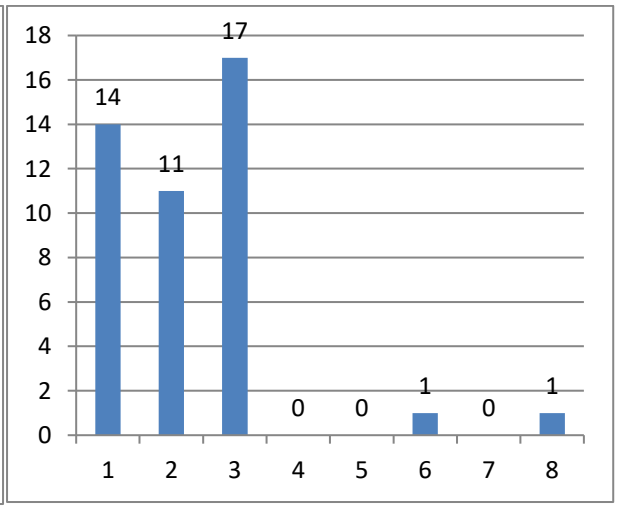


Gráfico V: Automotiva



Fonte: Autoral.

A legenda está representada pelos rótulos do eixo horizontal de cada gráfico e se refere aos itens da questão 3 do questionário, tem-se:

- 1= Evolução tecnológica de áreas diversas
- 2= Avanços na área médica
- 3= Forma de energia para o futuro
- 4= Não sei
- 5= Não há
- 6= Outros, especifique.
- 7= Primeira Citação
- 8= Segunda citação

Nesta questão é verificado que de maneira geral os representantes dos 5 cursos optaram pelas alternativas 1, 2 e 3. Isso remete que os discentes acreditam no potencial positivo da energia nuclear. Nota-se que nos gráficos 3 e 5 houve a opção pela alternativa 6 e consequentemente uma citação para alternativa 7 e 8. As alternativas 7 e 8 compreendem respectivamente Células de Energia e Poder Bélico, como citado pelos entrevistados.

6.1.4 Análises Quantitativa da Questões 04 da Pesquisa.

Nos gráficos 1, 2, 3, 4, e 5 a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 4 do questionário aplicado, sendo que o gráfico 1 representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico 2 as de Engenharia de Software (ES), 3 Engenharia Eletrônica (EEL), 4 Engenharia de Energia (EE) e 5 o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 4: Quais as desvantagens da energia nuclear? "

Gráfico 1: Aeroespacial

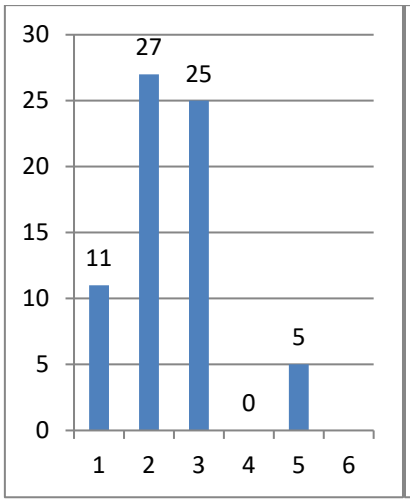


Gráfico 2: Software

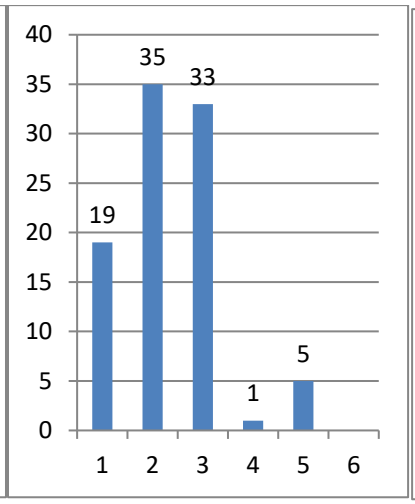


Gráfico 3: Eletrônica

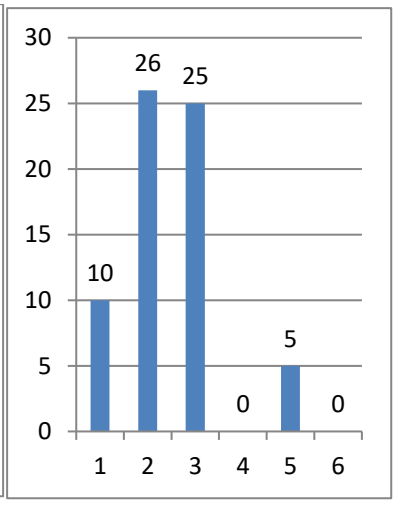


Gráfico 4: Energia

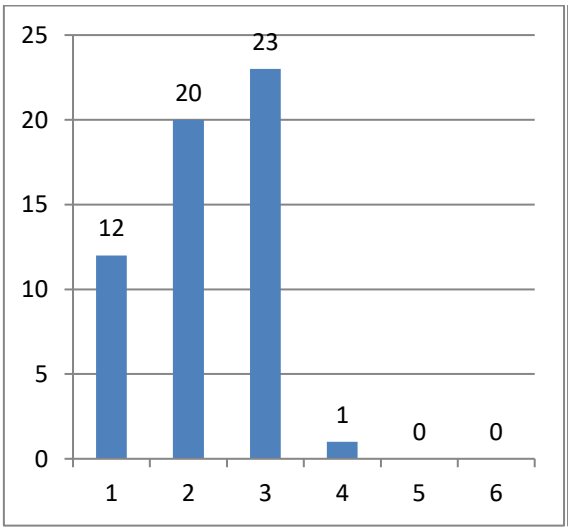
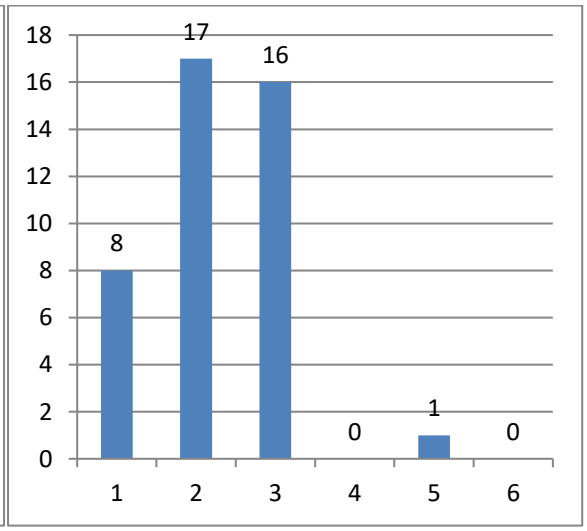


Gráfico 5: Automotiva



Fonte: Autoral.

No que tange á numeração da legenda esta se refere às alternativas da questão 4 do questionário, tem-se:

- 1= Explosão;
- 2= Lixo Nuclear;
- 3= Contaminação;
- 4= Não sei;
- 5= Outros;

Os representantes do curso AE (Gráfico I), citaram como desvantagens os itens 2, 3, 1 e 5, em ordem respectiva de magnitude, sendo mais expressivos nos itens 2 e 3. Da ES citaram 2, 3, 1, 5 e 4 respectivamente em ordem crescente de recorrência, com expressividade maior vista nos itens 2 e 3. O mesmo ocorre com as respostas dos alunos de EEL, exceto pelo item 4 que não fora citado. Os discentes de EE citam os itens 3, 2, 1 e 4 em ordem. E, os estudantes de EAU citam os itens 2, 3, 1 e 5. Ao citar o item 4 mostra que dentre os estudantes há ainda quem desconheça por completo as implicações negativas da energia nuclear. E, com citação recorrente ao item 5 é demonstrado que há ainda outros pontos negativos da energia nuclear fora os principais representados pelos itens 1, 2 e 3.

6.1.5 Análises Quantitativa da Questões 05 da Pesquisa.

Nos gráficos de I, II, III, IV e V a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 5 do questionário aplicado, sendo que o gráfico I representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico II as de Engenharia de Software (ES), III Engenharia Eletrônica (EEL), IV Engenharia de Energia (EE) e V o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 5: Você tem conhecimento dos reatores nucleares que existem no Brasil?"

Gráfico I: Aeroespacial

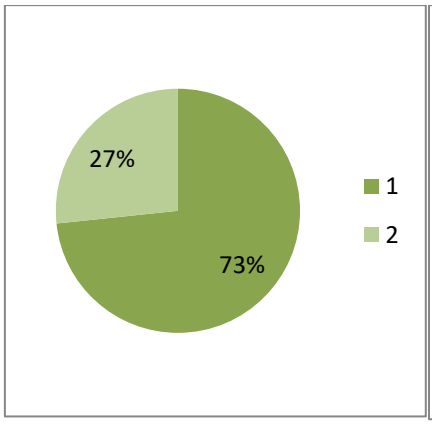


Gráfico II: Software

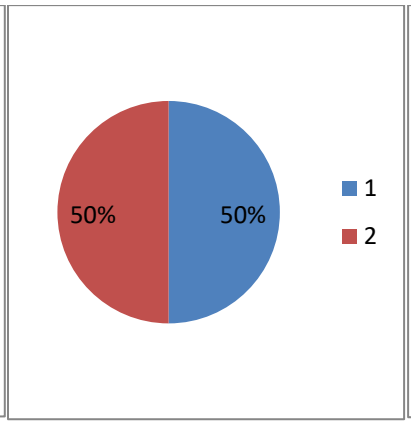


Gráfico III: Eletrônica

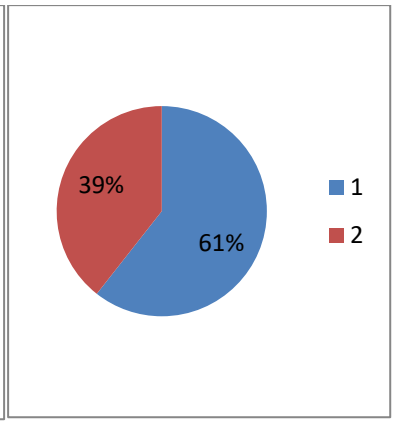


Gráfico IV: Energia

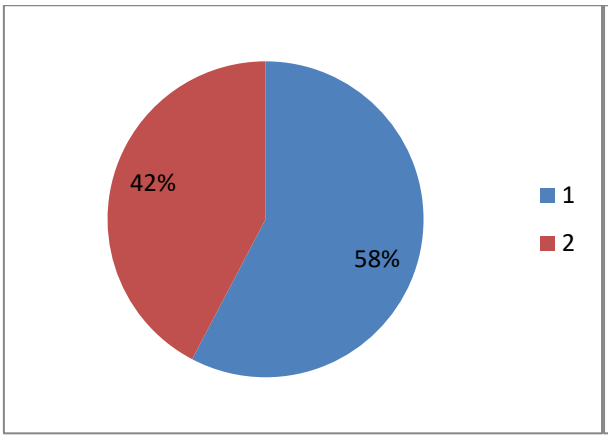
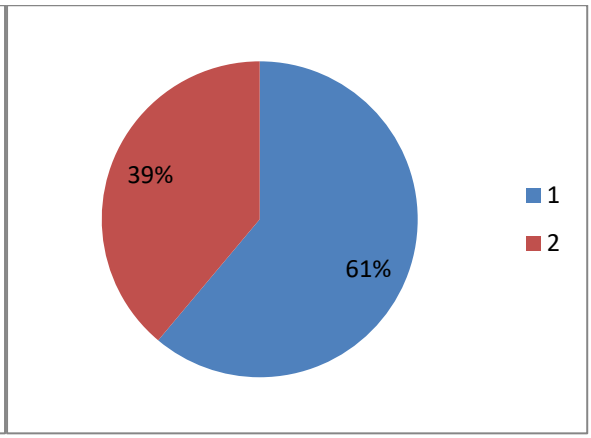


Gráfico V: Automotiva



Fonte: Autoral.

No que concerne á numeração da legenda esta se refere aos itens da questão 5 do questionário, tem-se:

- 1= Sim;
- 2= Não

Nesta questão é verificado o conhecimento dos estudantes de cada curso quanto à existência de reatores nucleares no Brasil. É verificado no gráfico I que 73% dos estudantes

de EA sabem sobre a existência dos reatores, e 27% não sabem (gráfico I). Os discentes do curso de ES 50% sabem sobre a existência e 50% não sabem (gráfico II). Dos de EEL 61% sabem da existência e 39% não sabem (gráfico III). Na EE 58% dos estudantes sabem dos reatores nucleares e 42% não sabem. Por último, dos discentes de EAU 61% sabem sobre a existência de reatores no Brasil e 39% não os conhece.

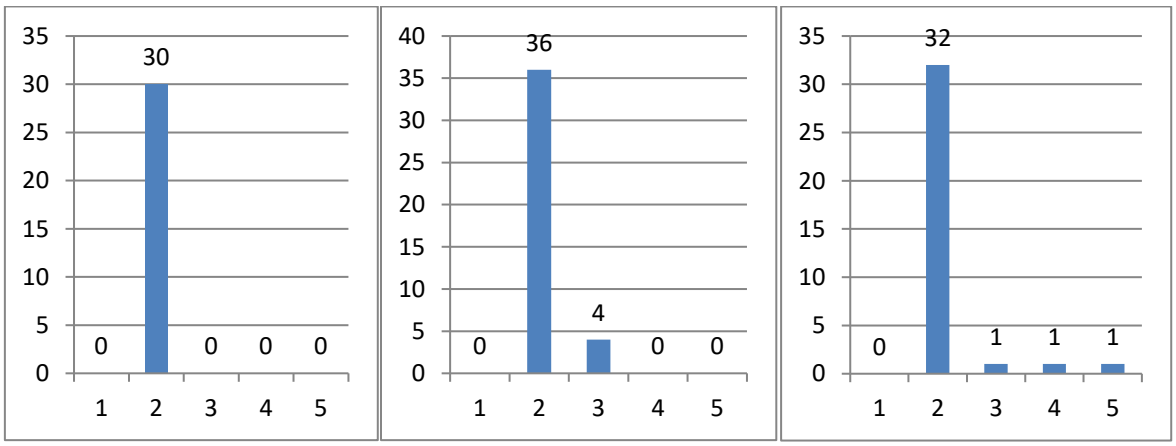
Dessas informações pode-se inferir que apesar de a maioria dos discentes conhecerem sobre os reatores nucleares brasileiros, é expressivo o percentual destes que o desconhecem. Outro índice importante é que os discentes de engenharia de energia são os segundos em ordem crescente de conhecimento da existência dos reatores no Brasil ficando à frente apenas dos discentes de engenharia de software.

6.1.6 Análises Quantitativa da Questões 06 da Pesquisa.

Nos gráficos 1, 2, 3, 4, e 5 a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 6 do questionário aplicado, sendo que o gráfico 1 representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico 2 as de Engenharia de Software (ES), 3 Engenharia Eletrônica (EEL), 4 Engenharia de Energia (EE) e 5 o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

“Questão 6: O que você sabe sobre lixo radioativo?”

Gráfico 1: Aeroespacial **Gráfico 2: Software** **Gráfico 3: Eletrônica**



Fonte: Autoral.

Gráfico 4: Energia

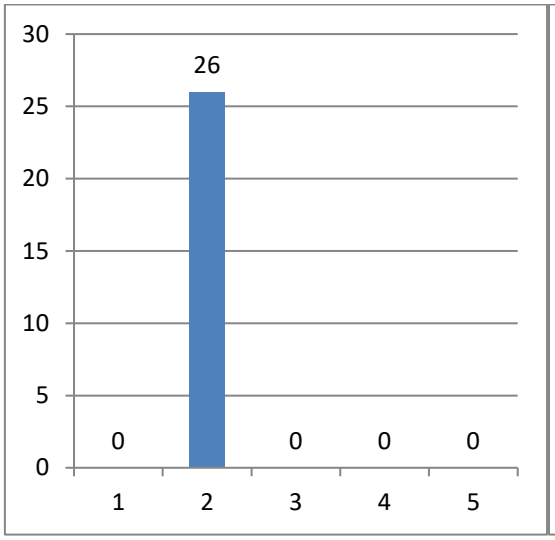
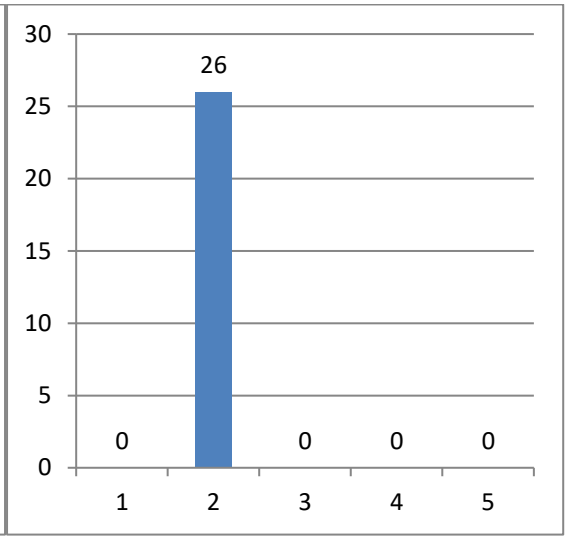


Gráfico 5: Automotiva



Fonte: Autoral.

No que diz respeito á numeração da legenda, dada pelos rótulos do eixo horizontal, esta se refere aos itens da questão 6 do questionário, tem-se:

- 1= Material que não serve para coisa alguma e pode ser jogado fora em qualquer lugar;
- 2= Material que pode apresentar certo nível de contaminação, não pode ser reaproveitado e que deve ser armazenado e depositado em local adequado;
- 4= Não sei;
- 5= Outros (especifique);

Nesta questão os estudantes das engenharias EA, EE e EAU optaram apenas pelo item 2, destacando-se a opção pelo item 3 por percentual dos alunos de ES e pelos itens 3, 4 e 5 por discentes do curso de EEL. Isso denota que grande percentual dos discentes possuem conhecimentos a respeito dos rejeitos das usinas nucleares.

6.1.7 Análises Quantitativa da Questões 07 da Pesquisa.

Nos gráficos de I, II, III, IV e V a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 7 do questionário aplicado, sendo que o gráfico I representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico II as de Engenharia de Software (ES), III Engenharia Eletrônica (EEL), IV Engenharia de Energia (EE) e V o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 7: Você considera uma usina nuclear segura?"

Gráfico I: Aeroespacial

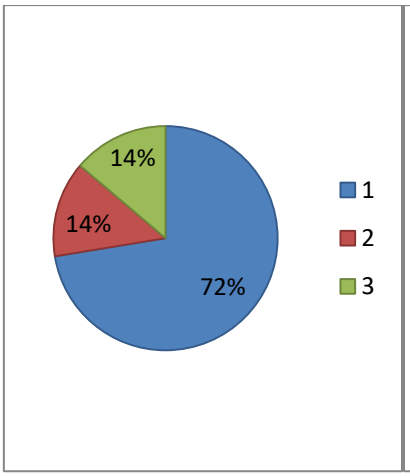


Gráfico II: Software

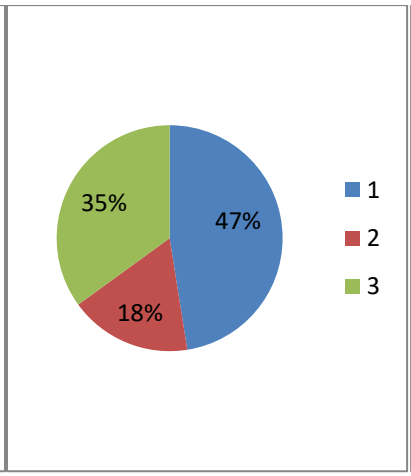


Gráfico III: Eletrônica

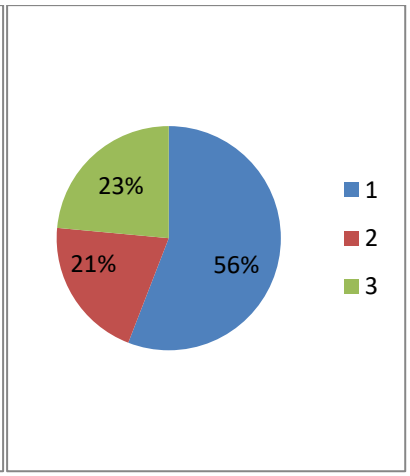


Gráfico IV: Energia

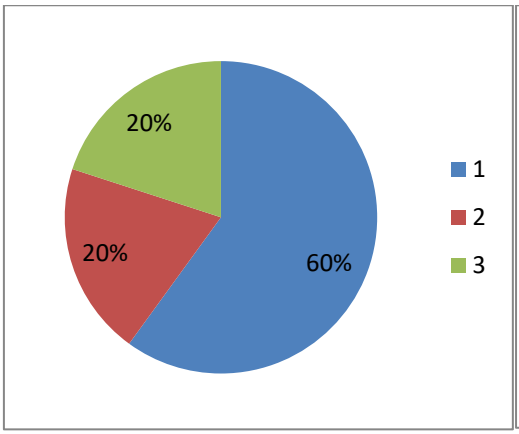
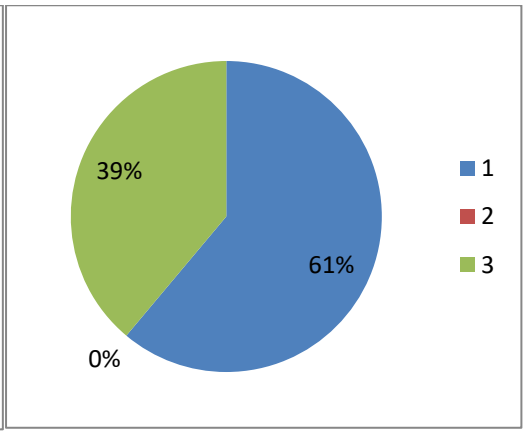


Gráfico V: Automotiva



Fonte: Autoral.

No que concerne á numeração da legenda esta se refere aos itens da questão 7 do questionário, tem-se:

- 1= Sim;
- 2= Não;
- 3= Não sei opinar;

Analisando os gráficos acima se infere que a maioria dos estudantes considera uma usina nuclear segura, havendo maior conforto pelos discentes do curso de EA e EAU, e maior desconfiança pelos estudantes de EEL e EE, em ordem decrescente. Nota-se ainda que grande percentual dos estudantes, mais expressivo dentre os estudantes de EAU, não sabem opinar sobre a segurança das usinas.

6.1.8 Análises Quantitativa da Questões 08 da Pesquisa.

Nos gráficos 1, 2, 3, 4, e 5 a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 8 do questionário aplicado, sendo que o gráfico 1 representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico 2 as de Engenharia de Software (ES), 3 Engenharia Eletrônica (EEL), 4 Engenharia de Energia (EE) e 5 o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 8: Supondo que as hidrelétricas em certo momento não conseguirão mais suprir a demanda de energia do País. Cite outra fonte de energia elétrica?"

Gráfico 1: Aeroespacial

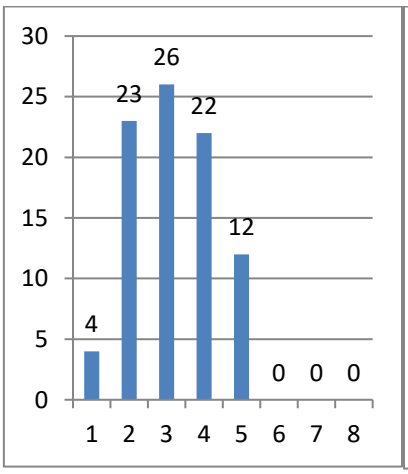


Gráfico 2: Software

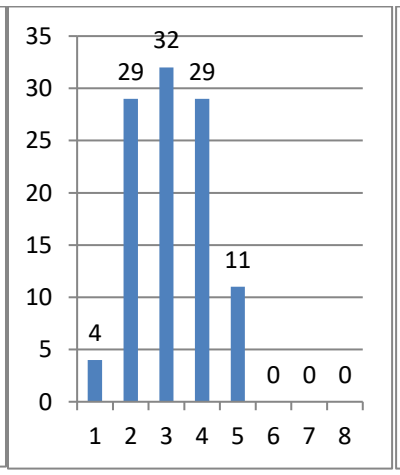
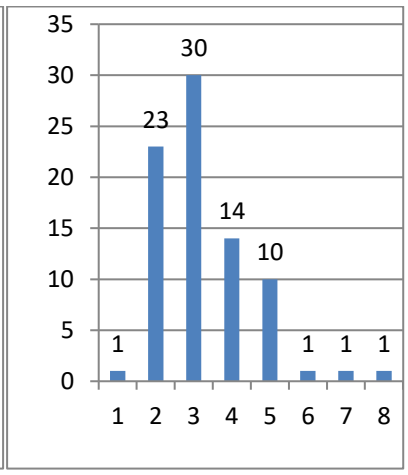


Gráfico 3: Eletrônica



Fonte: Autoral.

Gráfico 4: Energia

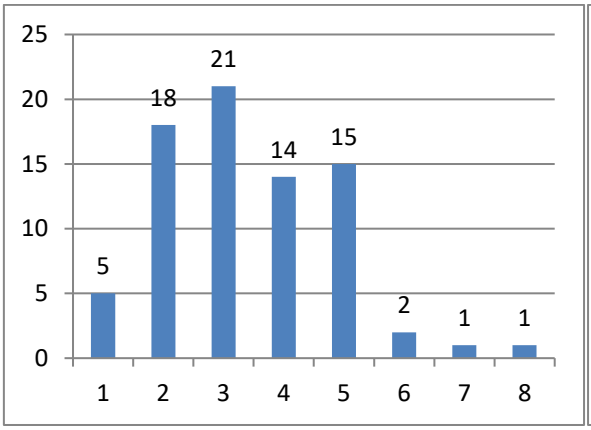
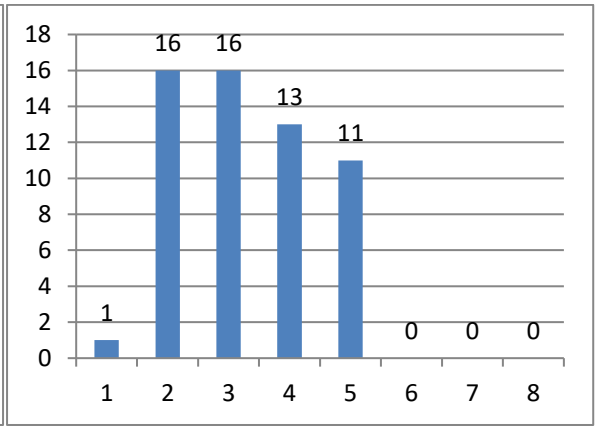


Gráfico 5: Automotiva



Fonte: Autoral.

A numeração da legenda se refere aos itens da questão 8 do questionário, tem-se:

1=Usinas à Carvão; 2= Energia eólica; 3= Energia solar; 4=Energia Nuclear; 5=Biomassa; 6= Outras; 7= Geotérmicas; 8= Marés;

Nessa questão são verificados quais seriam as prováveis substitutas ou complementares fontes de eletricidade às hidrelétricas. Em resposta a esta questão os discentes foram recorrentes às fontes Solar, Eólica, Nuclear, Biomassa a Carvão e, sendo citadas as Marés e Geotérmicas pelos discentes de EEL e de EE, em ordem crescente de recorrência.

Nota-se ainda uma equiparação entre as opções pelas usinas eólica e nuclear pelos discentes de ES, e o mesmo entre as usinas eólica e solar pelos estudantes de EAU.

6.1.9 Análises Quantitativa da Questões 09 da Pesquisa.

Nos gráficos de I, II, III, IV e V a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 9 do questionário aplicado, sendo que o gráfico I representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico II as de Engenharia de Software (ES), III Engenharia Eletrônica (EEL), IV Engenharia de Energia (EE) e V o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 9: Você é a favor ou contra á utilização da energia nuclear no Brasil?"

Gráfico I: Aeroespacial

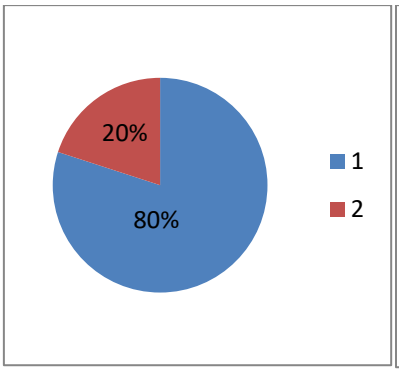


Gráfico II: Software

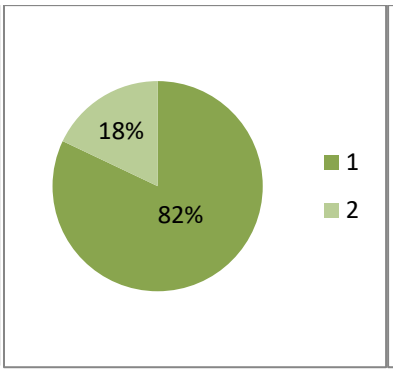


Gráfico III: Eletrônica

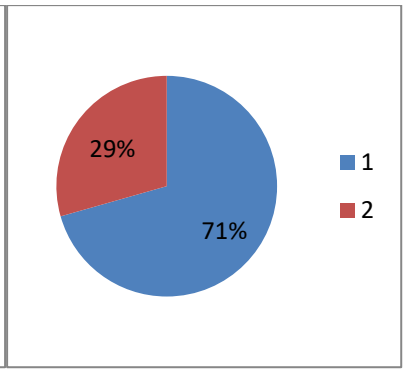


Gráfico IV: Energia

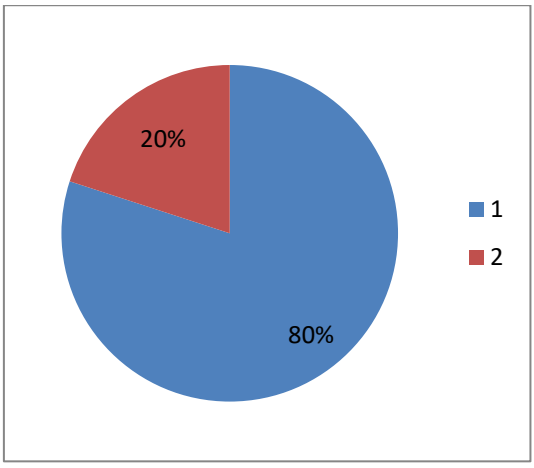
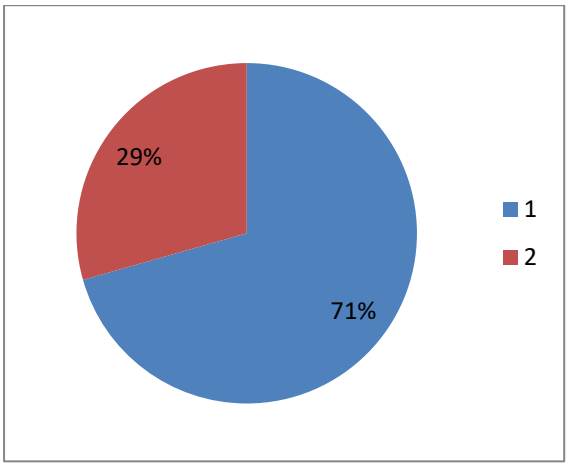


Gráfico V: Automotiva



Fonte: Autoral.

A numeração da legenda se refere às alternativas da questão 9 do questionário, tem-se:

- 1= A favor;
- 2= Contra;

Nos gráficos de I a V acima são dispostos os índices e seus respectivos percentuais

representativos da amostra. Esses índices medem os quão favoráveis à utilização da energia nuclear os estudantes de engenharia da FGA são.

Com base nos dados dispostos nos gráficos verifica-se que os maiores percentuais dentre os discentes são favoráveis à energia nuclear, com índices mais expressivos dos gráficos representativos dos cursos ES, EA e EE, quase equiparáveis. Contudo, há considerável percentual que se opõe á utilização desta, sendo mais expressivo dentre os alunos de EAU e EEL, equiparáveis.

6.1.10 Análises Quantitativa da Questões 10 da Pesquisa.

Nos gráficos 1, 2, 3, 4, e 5 a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 10 do questionário aplicado, sendo que o gráfico 1 representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico 2 as de Engenharia de Software (ES), 3 Engenharia Eletrônica (EEL), 4 Engenharia de Energia (EE) e 5 o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

“Questão 10: Gostaria de receber um material educativo onde seriam apresentadas as vantagens, desvantagens e aplicações da energia nuclear?”

Gráfico 1: Aeroespacial

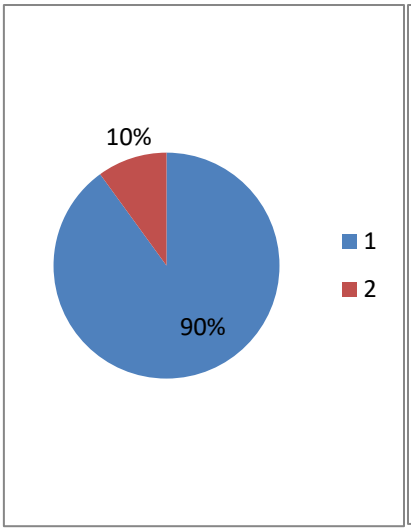


Gráfico 2: Software

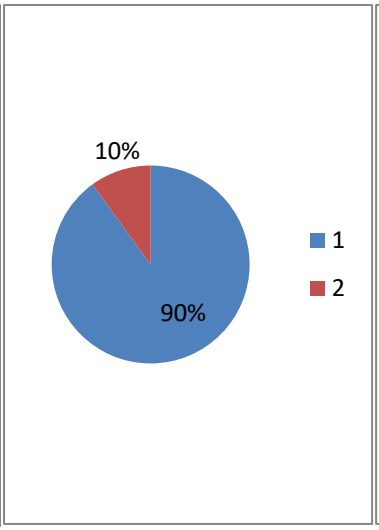
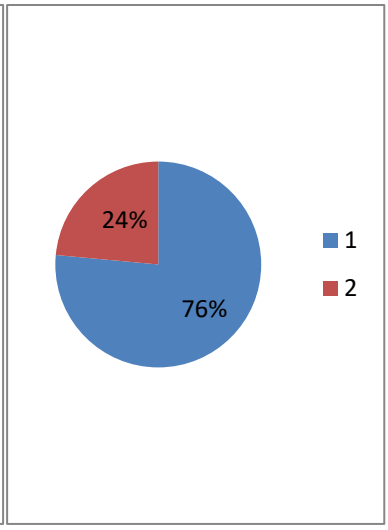


Gráfico 3: Eletrônica



Fonte: Autoral.

Gráfico 4: Energia

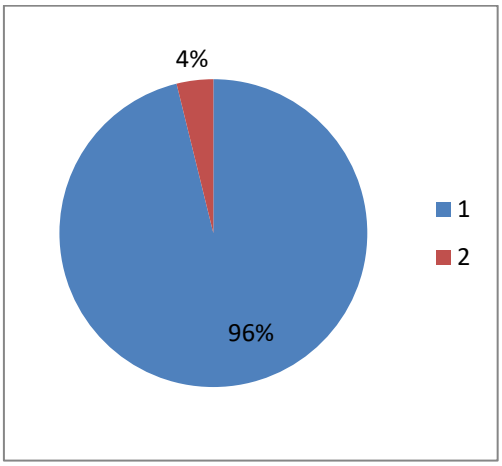
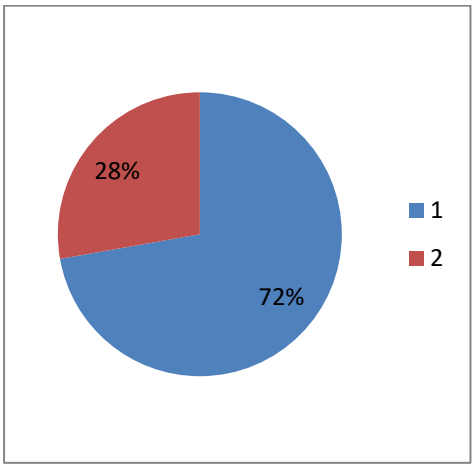


Gráfico 5: Automotiva



Fonte: Autoral.

Quanto á legenda referente aos itens desta questão:

- 1= Sim;
- 2= Não;

Dos gráficos tem-se que em sua maioria dos discentes demonstram interesse em acesso a um material informativo sobre a energia nuclear. Há uma maior rejeição por parte dos graduandos de EAU e, a maior aceitação pelos de EE.

6.1.11 Análises Quantitativa da Questões 11 da Pesquisa.

Nos gráficos de I, II, III, IV e V a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 11 do questionário aplicado, sendo que o gráfico I representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico II as de Engenharia de Software (ES), III Engenharia Eletrônica (EEL), IV Engenharia de Energia (EE) e V o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 11: Em sua opinião qual ou quais fonte (s) de energia elétrica serão mais usadas no Brasil daqui a 20 anos?"

Gráfico I: Aeroespacial

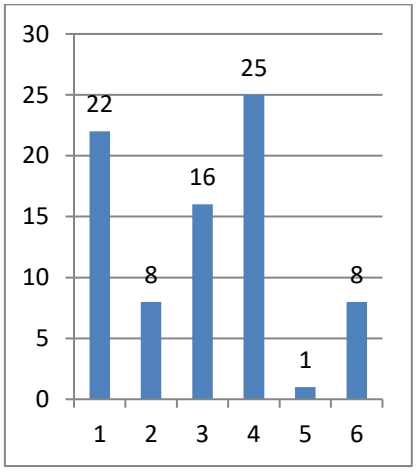


Gráfico II: Software

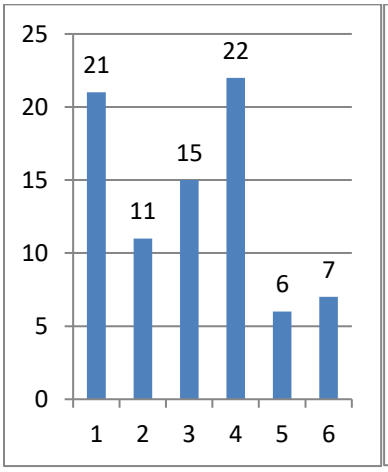


Gráfico III: Eletrônica

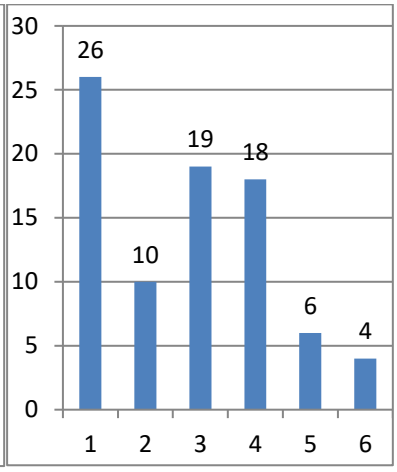


Gráfico IV: Energia

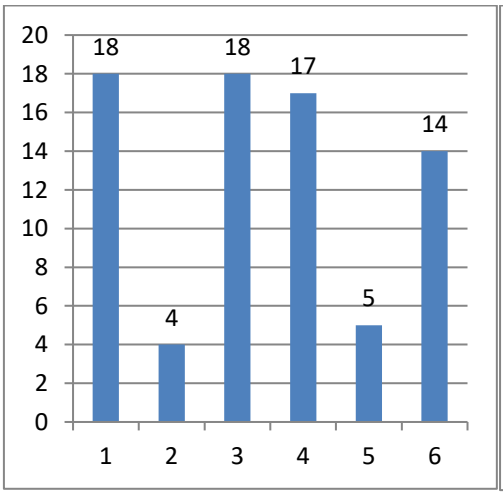
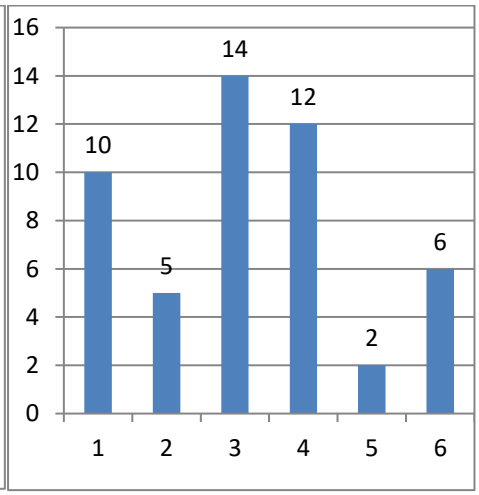


Gráfico V: Automotiva



Fonte: Autoral.

No eixo horizontal dos gráficos acima estão dispostos índices que representam as alternativas da questão 11 do questionário:

- 1= Solar;
- 2= Nuclear;
- 3= Eólica;
- 4= Hídrica;
- 5= Carvão, ou derivados do petróleo (óleo e gás);
- 6= Decomposição de Biomassa;

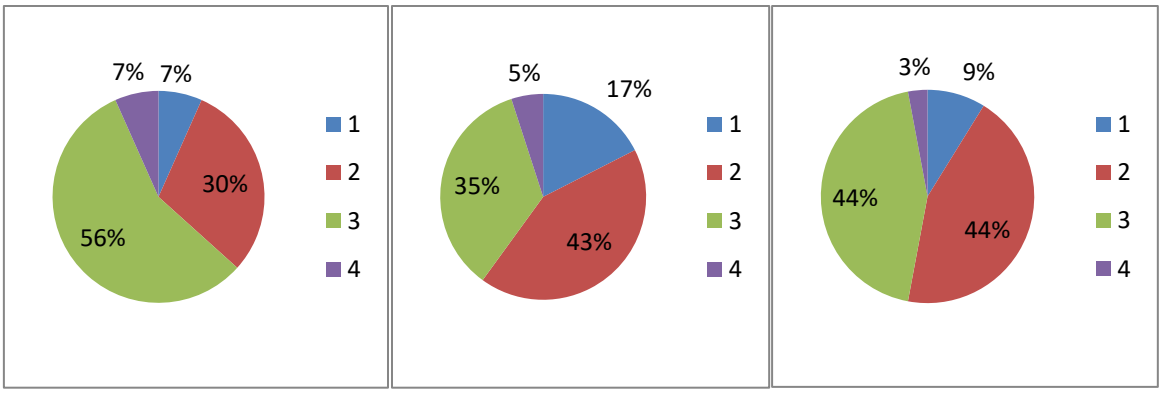
Nesta questão são verificadas as perspectivas dos discentes de cada engenharia quanto ás fontes de energia que estarão em utilização no Brasil. Em resposta a esta especulação os estudantes foram recorrentes em maior magnitude às fontes, Solar, Hídrica, Eólica, Biomassa, Nuclear e Carvão. Nota-se que há um equilíbrio entre as opções 1, 3 e 4. Isso pode ser atribuído ao fato de o curso de EE, da FGA, ser voltado às fontes "renováveis" de energia. Onde não estão inclusas as usinas nucleares e as a carvão de derivados de petróleo.

6.1.12 Análises Quantitativa da Questões 12 da Pesquisa.

Nos gráficos 1, 2, 3, 4, e 5 a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 12 do questionário aplicado, sendo que o gráfico 1 representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico 2 as de Engenharia de Software (ES), 3 Engenharia Eletrônica (EEL), 4 Engenharia de Energia (EE) e 5 o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 12: No total, a energia nuclear traz mais riscos, benefícios ou ambos?"

Gráfico 1:Aeroespacial **Gráfico 2: Software** **Gráfico 3: Eletrônica**



Fonte: Autoral.

Gráfico 4:Energia

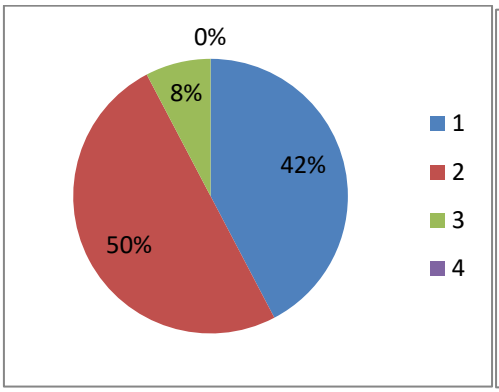
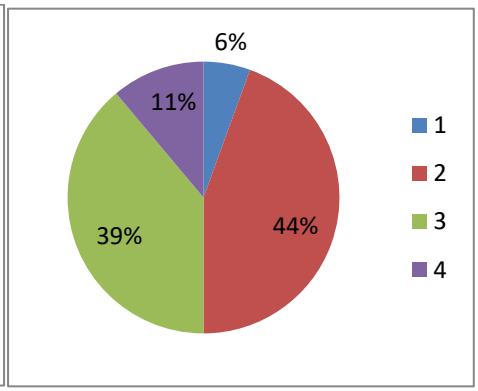


Gráfico 5: Automotiva



Fonte: Autoral.

Aos itens de 1 a 5 da legenda apresentadas nos gráficos das questões 12 de cada curso se referem ás alternativas da questão, onde:

1= Mais Riscos; 2= Mais Benefícios; 3= Tanto riscos quanto benefícios; 4= Não sei**;**

Do gráfico 1 verifica-se que os estudantes de EA citam uma equivalência entre as vantagens e desvantagens da energia nuclear, 56% destes, e 30% crêm que a energia nuclear traz mais benefícios, 7% afirmam que a energia nuclear traz mais riscos ou não sabem opinar.

Dos discentes de ES 43% afirmam que a energia nuclear possui mais benefícios, e 35% que há equivalência entre riscos e benefícios. Ainda 17% afirmam que a energia nuclear traz mais riscos e 5% desses não sabem opinar.

Quanto aos estudantes de EEL 44% destes citam que a energia nuclear possui mais benefícios e outros 44% que esta traz tanto riscos quanto benefícios. Há ainda 9% que afirmam que a energia nuclear traz implica em mais riscos e 3% diz não saber opinar.

Dentre os estudantes de EE 50% diz que a energia nuclear traz mais benefícios e 42% que esta traz mais riscos. Há ainda 8% destes que citam que a energia nuclear traz tanto benefícios quanto riscos.

Quanto aos estudantes de EAU 44% destes afirmam que a energia nuclear traz mais benefícios que riscos, 39% que há uma equivalência entre riscos e benefícios. Apenas 1% destes citam que a energia nuclear traz mais riscos e 11% não souberam opinar.

6.1.13 Análises Quantitativa da Questões 13 da Pesquisa.

Nos gráficos de I, II, III, IV e V a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 13 do questionário aplicado, sendo que o gráfico I representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico II as de Engenharia de Software (ES), III Engenharia Eletrônica (EEL), IV Engenharia de Energia (EE) e V o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 13: Caso o fosse feita uma pesquisa de opinião sobre onde construir um depósito de lixo radioativo, de diferentes níveis de radioatividade. Qual das respostas abaixo seria a sua?"

Gráfico I: Aeroespacial

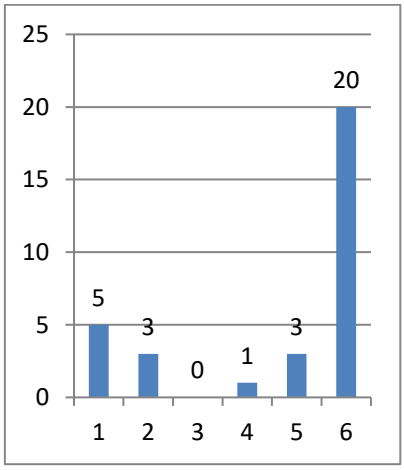


Gráfico II: Software

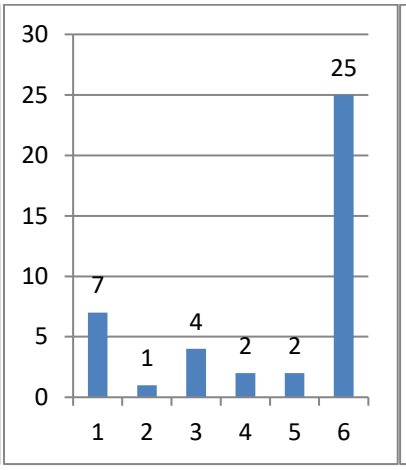


Gráfico III: Eletrônica

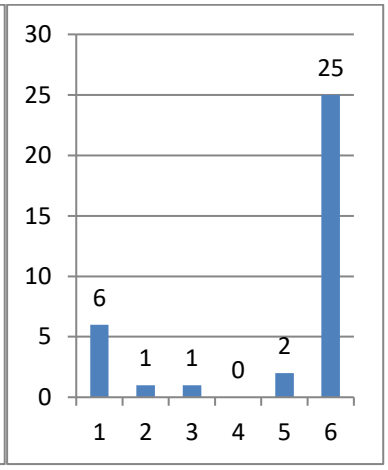


Gráfico IV: Energia

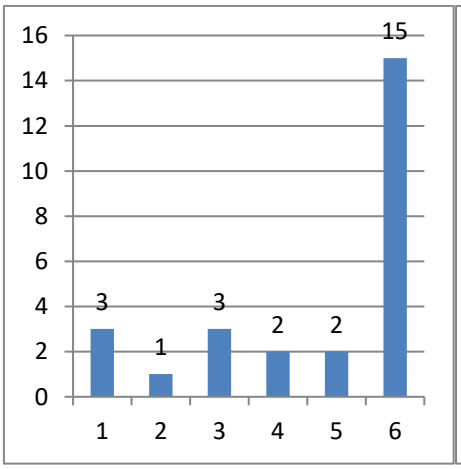
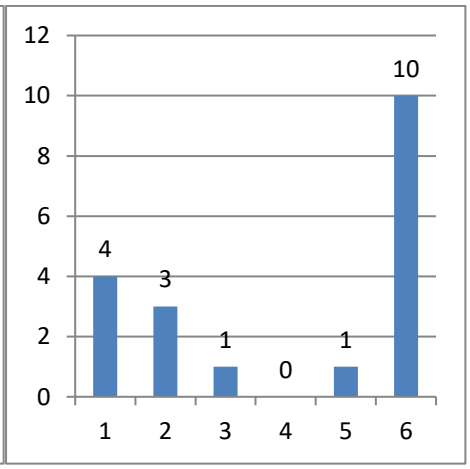


Gráfico V: Automotiva



Fonte: Autoral.

O eixo horizontal dos gráficos acima traz os rótulos das opções de resposta a questão 13 do questionário:

- 1= Sou a favor. Porém, longe de minha casa;
- 2= Sou a favor, independente do local;
- 3= Sou indiferente;
- 4= Sou contra a construção desses depósitos no Brasil;
- 5= Sou contra a construção desses depósitos em qualquer lugar da Terra;
- 6= Construção de áreas isoladas;

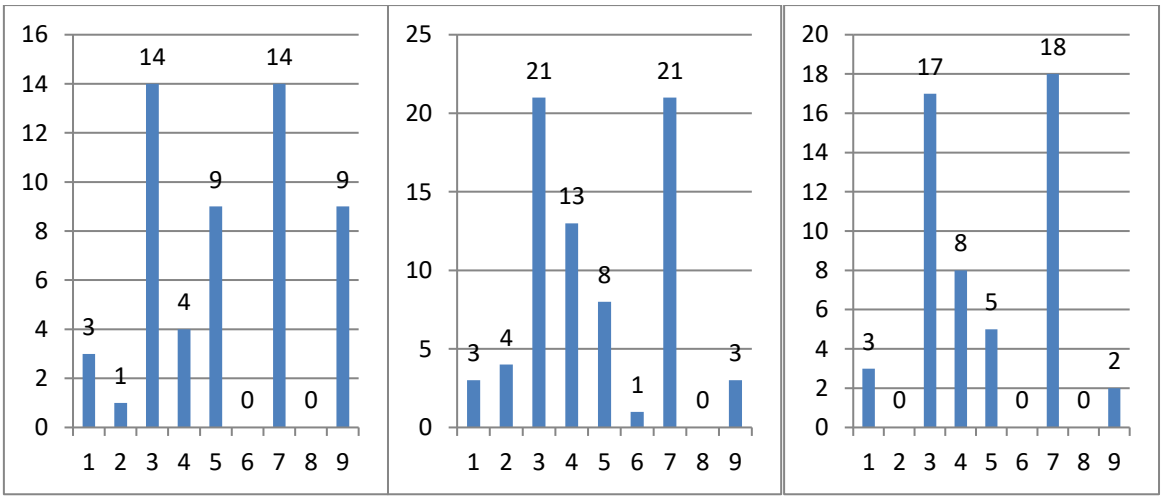
Em resposta à esta questão se nota que o maior percentual dos discentes optaram pela última alternativa de resposta, a construção de depósitos de lixo radioativo em áreas isoladas. Sendo que a segunda alternativa mais citada fora a 1, construção de depósitos longe de sua casa.

6.1.14 Análises Quantitativa da Questões 14 da Pesquisa.

Nos gráficos 1, 2, 3, 4, e 5 a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 14 do questionário aplicado, sendo que o gráfico 1 representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico 2 as de Engenharia de Software (ES), 3 Engenharia Eletrônica (EEL), 4 Engenharia de Energia (EE) e 5 o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 14: Qual dos seguimentos da sociedade a seguir possui maior credibilidade para falar sobre a segurança de Usinas Nucleares?"

Gráfico 1: Aeroespacial **Gráfico 2: Software** **Gráfico 3: Eletrônica**



Fonte: Autoral.

Gráfico 4: Energia

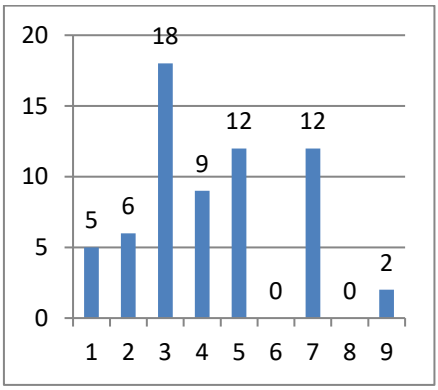
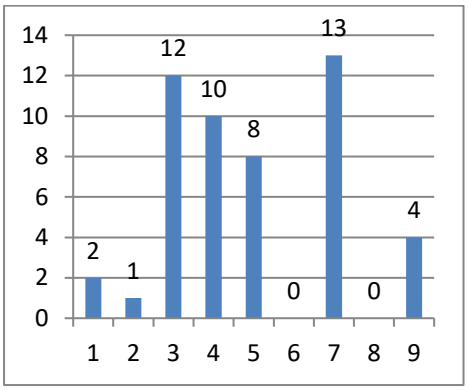


Gráfico 5: Automotiva



Fonte: Autoral.

No eixo horizontal dos gráficos dispostos acima estão os rótulos dados as alternativas de resposta à questão 14 do questionário, onde:

- 1= Governo;
- 2= Ministério Público;
- 3= Órgão Regulador (CNEN);
- 4= Ambientalistas;
- 5= Representantes da usina;
- 6= Jornalistas;
- 7= Acadêmicos de universidades;
- 8= Artistas de TV; 9= Ministério da Defesa;
-

Os estudantes do curso de EA optaram de maneira equiparável pelas alternativas 3 e 7, CENEN e Acadêmicos respectivamente, como os seguimentos mais críveis a tratar sobre a segurança das usinas nucleares. Houve uma equiparação em segunda instância pelos itens 5 e novo pelos discentes deste curso seguido pelos itens 4, 1, 2, 6 e 8 em ordem decrescente de magnitude, sendo que os dois últimos não possuem representatividade.

Os discentes de ES optaram de maneira igual pelas alternativas 3 e 7 seguidas por 4, 5, 2, 1, 9, 6 e 8(sem contribuição), em ordem decrescente de recorrência. Os graduandos de EEL citaram em ordem de magnitude crescente as alternativas 2, 6, 8, 9, 1, 5, 4, 3 e 7, sendo que as três primeiras são nulas.

Da EE a ordem crescente de recorrência é dada pelos itens 6, 8, 9, 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 3. Sendo que as alternativas 6 e 8 são nulas, a 5 e 7 equiparáveis e a mais citada fora a 3. Para os estudantes de EAU os representantes mais críveis são 7, 3, 4, 5, 9, 1, 2, 6 e 8 em ordem decrescente, sendo que os dois últimos não possuem nenhuma credibilidade.

6.1.15 Análises Quantitativa da Questões 15 da Pesquisa.

Nos gráficos de I, II, III, IV e V a seguir estarão dispostas as recorrências das respostas a cada item da questão 15 do questionário aplicado, sendo que o gráfico I representa as respostas do curso de Engenharia Aeroespacial (EA), gráfico II as de Engenharia de Software (ES), III Engenharia Eletrônica (EEL), IV Engenharia de Energia (EE) e V o gráfico de Engenharia Automotiva (EAU).

"Questão 15: O tema "Energia nuclear e rejeitos radioativos" ainda é bastante polêmico e nem sempre de conhecimento público então, dê a sua sugestão de como pode ser feito um esclarecimento sobre o assunto."

Gráfico I: Aeroespacial

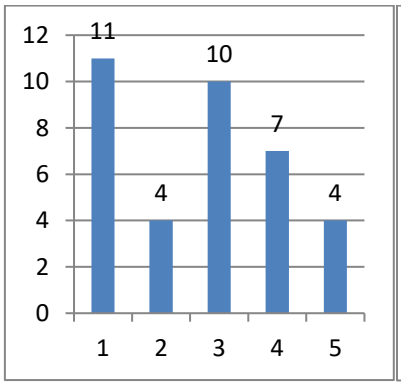


Gráfico II: Software

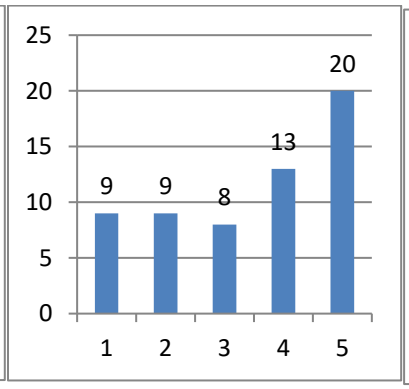


Gráfico III: Eletrônica

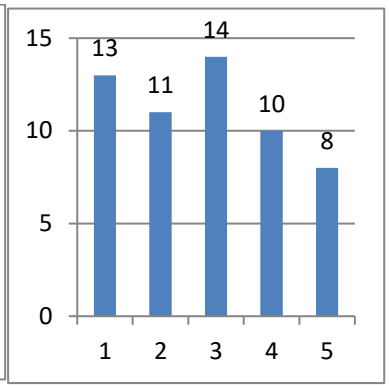


Gráfico IV: Energia

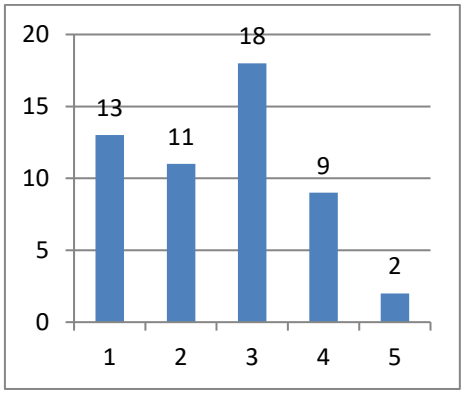
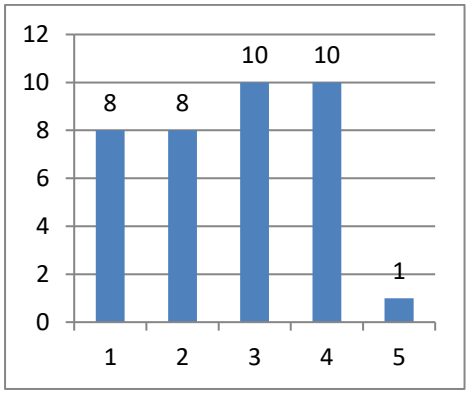


Gráfico V: Automotiva



Fonte: Autoral.

Quanto à legenda ou rótulos dada pela numeração localizada nos eixos horizontais dos gráficos acima, estes representam as alternativas tomadas como resposta, devido às suas recorrências, à questão 15 dos questionário:, dadas por:

- 1= Cartilha;
- 2= Panfleto;
- 3= Palestra, Workshopps;
- 4= Programa de TV, reportagens;
- 5= Aplicativo;

Houve certo equilíbrio quanto as respostas dadas, porém, pode-se notar que a maior recorrência é voltada as alternativas 1 e 3, Cartilha e Palestra, e ainda pelos estudantes de ES e de EEL pela opção 5, Aplicativo. Nota-se que há uma certa tendência de acordo com o escopo de cada uma das engenharias.

Comparando os resultados com as constatações das pesquisas de referência citadas na sessão 3.2 deste trabalho, observa-se a confirmação de pontos em comum. Na pesquisa da OECD da AIEA, verificou se que 34% da população, representada na pesquisa, afirmou que as usinas nucleares devem permanecer em funcionamento citando a vantagem de a energia nuclear ser fonte limpa de energia a par das mudanças climáticas, o que denota que estas ou a consideram segura ou sabem de sua importância, e 25% dessa afirmam que as usinas nucleares devem ser desativadas citando ainda que haja riscos de segurança vinculados principalmente à ataques terrorista, representando aqueles contra as tecnologias nucleares ou que consideram estas mais arriscadas que benevolentes. Isso pode ser confirmado com as conclusões parciais dos resultados das questões 2, 7, 9 e 12 do questionário que trazem a opinião dos entrevistados quanto às aplicações, segurança, opção pela energia nuclear e benefícios e desvantagens da energia nuclear.

Na pesquisa de Präss (2007), é verificado que as principais vantagens citadas pelos entrevistados são: pequeno impacto ambiental; não contribui para o efeito estufa; muita energia com pouco combustível; impulsiona desenvolvimento tecnológico e aplicações médicas. E que as desvantagens ou aspectos negativos principais são: risco de acidentes graves; lixo atômico; produção de armas; gasto com armazenagem do lixo radioativo. As mesmas vantagens, e outras, podem ser verificadas com os resultados das questões 2 e 12, bem como as desvantagens. Isso demonstra equivalência nos estudos de caso.

No estudo realizado no Rio de Janeiro feito por Almeida (2011) verifica-se que na perspectiva dos entrevistados quanto às fontes energéticas do Brasil, que as Usinas Hidrelétricas, Solar e Nuclear são os três mais recorrentes, em ordem decrescente de importância. Ainda nesse estudo 47% das pessoas entrevistadas diz que a energia nuclear traz tanto benefícios quanto desvantagens, quanto às aplicações da energia nuclear são citadas:

aplicações na medicina, setor elétrico e as vantagens ambientais frente às demais fontes. Quanto aos depósitos de rejeitos radioativos, 44,9% dos entrevistados se mostra contra a construção destes. Comparando estes com os da pesquisa realizada nesse trabalho verifica-se novamente uma equivalência entre eles.

6.2 Análise Qualitativa dos Dados

Os resultados abaixo apresentados foram obtidos a partir da aplicação do modelo de regressão logística, seguindo os procedimentos descritos na metodologia.

A tabela 6 a seguir contêm as variáveis explicativas aplicadas ao modelo e suas respectivas categorizações. Essa categorização das variáveis é realizada para que sejam definidas constantes numéricas representativas de cada variável explicativa, e seus respectivos itens resposta, a ser inserida no banco de dados do modelo e exportadas para o SPSS.

Tabela 6: Variáveis explicativas aplicadas ao modelo de regressão.

Variável	Unidades	**Categorização**
Idade	≤ 18	1
	$>18 \leq 22$	2
	$> 22 \leq 24$	3
Sexo	Mulher	1
	Homem	2
Curso	Eng. Aeroespacial	1
	Eng. Eletrônica	2
	Eng. Software	3
	Eng. de Energia	4
	Eng. Automotiva	5
Questão 1_1: Quais aplicações da energia nuclear?	Contaminação	1
Questão 1_2: Quais aplicações da energia nuclear?	Usina Nuclear	2
Questão 1_3: Quais aplicações da energia nuclear?	Bomba Atômica	3
Questão 1_4: Quais aplicações da energia nuclear?	Não sei	4
Questão 1_5: Quais aplicações da energia nuclear?	Outro	5
Questão 1_6: Quais aplicações da energia nuclear?	Acidentes	6
Questão 2: Quais as aplicações da energia nuclear você conhece?	Aplicações Pacíficas	1
	Indústria Bélica	2

Questão 3: Quais as vantagens da energia nuclear você conhece?	Evolução Tecnológica, na medicina e áreas diversas	1
	Não sei, não há ou outras	2
Questão 4: Quais as desvantagens da energia nuclear?	Explosão, contaminação e lixo nuclear	1
	Não sei, não há ou outras	2
Questão 5: Você tem conhecimento dos reatores nucleares que existem no Brasil?	Sim	1
	Não	2
Questão 6: O que você sabe sobre o lixo radioativo?	Material que não serve pra coisa alguma.	1
	Material que pode apresentar certo nível de contaminação.	2
Questão 7: Você considera uma usina nuclear segura?	Sim	1
	Não ou não sabe opinar	2
Questão 8_1: Supondo que as hidrelétricas em certo momento não conseguirão mais suprir a demanda de energia do País. Cite outra fonte de energia elétrica.	Carvão ou derivados do petróleo (óleo e gás)	1
Questão 8_2: Supondo que as hidrelétricas em certo momento não conseguirão mais suprir a demanda de energia do País. Cite outra fonte de energia elétrica.	Renováveis	2
Questão 8_3: Supondo que as hidrelétricas em certo momento não conseguirão mais suprir a demanda de energia do País. Cite outra fonte de energia elétrica.	Energia Nuclear	3
Questão 9: Você é a favor ou contra à utilização da energia nuclear no Brasil?	A favor (=0 falha)	0
	Contra (=1 sucesso)	1
Questão 10: Gostaria de receber um material educativo?	Sim	1
	Não	0
Questão 11_1: Qual ou quais fonte (s) de energia elétrica serão mais usadas daqui a 20 anos?	Solar, Eólica ou Biomassa	1
Questão 11_2: Qual ou quais fonte (s) de energia elétrica serão mais usadas daqui a 20 anos?	Nuclear	2
Questão 11_3: Qual ou quais fonte (s) de energia elétrica serão mais usadas daqui a 20 anos?	Carvão ou derivados do petróleo (óleo e gás)	3
Questão 12_1: No total a energia nuclear traz mais riscos, benefícios ou ambos?	Mais riscos	1
Questão 12_2: No total a energia nuclear traz mais riscos, benefícios ou ambos?	Mais benefícios	2

Questão 12_3: No total a energia nuclear traz mais riscos, benefícios ou ambos?	Tanto riscos quanto benefícios ou não sabe opinar.	3
Questão 13: Caso fosse feita uma pesquisa sobre a construção ou não de um depósito de lixo radioativo, qual seria sua resposta?	Sou a favor	1
	Sou contra ou indiferente	2
Questão 14_1: Qual dos segmentos da sociedade possui maior credibilidade para falar sobre a segurança de Usinas Nucleares?	Governo	1
Questão 14_2: Qual dos segmentos da sociedade possui maior credibilidade para falar sobre a segurança de Usinas Nucleares?	mídia ou ambientalistas	2
Questão 14_3: Qual dos segmentos da sociedade possui maior credibilidade para falar sobre a segurança de Usinas Nucleares?	Representantes da usina	3
Questão 14_4: Qual dos segmentos da sociedade possui maior credibilidade para falar sobre a segurança de Usinas Nucleares?	Acadêmicos de universidades	4
Questão 15_1: Sugestão de como poderia ser esclarecido o tema "Energia nuclear e rejeitos radioativos"	Cartilha	1
Questão 15_2: Sugestão de como poderia ser esclarecido o tema "Energia nuclear e rejeitos radioativos"	Panfleto	2
Questão 15_3: Sugestão de como poderia ser esclarecido o tema "Energia nuclear e rejeitos radioativos"	Palestra	3
Questão 15_4: Sugestão de como poderia ser esclarecido o tema "Energia nuclear e rejeitos radioativos"	Programa de TV	4
Questão 15_5: Sugestão de como poderia ser esclarecido o tema "Energia nuclear e rejeitos radioativos"	Aplicativo	5

Fonte: Autoral.

À mão da descrição das variáveis, segue-se para a execução da regressão logística univariável, aplicada as variáveis explicativas do banco de dados, a fim de se identificar aquelas elegíveis à análise do modelo. De acordo com as referências já citadas.

Nas tabelas 3 e 4 a seguir, a primeira coluna traz as variáveis explicativas utilizadas do trabalho, enquanto na segunda coluna encontram-se descritos os coeficientes β, os quais fornecem o ajuste do modelo de regressão. Na coluna 3 são apresentados o p-valor, ou seja, a

probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema que aquela observada em uma amostra, sob a hipótese nula. No estudo proposto o $p - valor$ significa $sucesso$ (1) ou $fracasso$ (0) do entrevistado ser a favor ou contra a energia nuclear, respectivamente. Foi tomado um intervalo de confiança de 95%. Na última coluna são apresentadas as Razões de Chances (RC) dos eventos correlacionados acontecerem, no caso em questão a combinação entre as variáveis explicativas e a variável resposta do estudo dada em porcentagem.

Tabela 7: Resultados da RL Binária Univariada.

Variável	Coeficiente (β)	RC (Exp. β)	p-valor (Sig)
	-0,811	0,444	0,597
Idade	0,442	1,555	0,518
	0,287	1,333	0,663
Sexo	-1,081	0,339	0,007
	0,693	2	0,306
	0,575	1,777	0,358
Curso	0,182	1,2	0,771
	0,511	1,666	0,454
	0,693	2	0,165
Questão 1_1	0,013	1,013	0,976
Questão 1_2	-0,272	0,762	0,476
Questão 1_3	0,16	1,175	0,671
Questão 1_4	-0,539	0,583	0,25
Questão 1_5	0,447	1,564	0,255
Questão 1_6	-0,065	0,938	0,907
Questão 2	-0,434	0,648	0,625
Questão 3	-1,186	0,306	0,107
Questão 4	-1,165	0,312	0,165
Questão 5	-0,821	0,44	0,033
Questão 6	0,312	1,366	0,418
Questão 7	-2,515	0,081	0
Questão 8_1	0,107	1,113	0,862
Questão 8_2	0,154	1,167	0,852
Questão 8_3	-1,171	0,31	0,003
Questão 9	0	0	0
Questão 10	0,102	1,108	0,832
Questão 11_1	-0,444	0,642	0,545

Questão 11_2	-2,877	0,056	0,005
Questão 11_3	-1,995	0,136	0,056
Questão 12_1	1,416	4,122	0,017
Questão 12_2	-2,11	0,121	0
Questão 12_3	0,792	2,208	0,044
Questão 13	-1,012	0,364	0,077
Questão 14_1	-0,517	0,597	0,185
Questão 14_2	0,602	1,826	0,135
Questão 14_3	-0,895	0,409	0,068
Questão 14_4	-0,233	0,792	0,539
Questão 15_1	-0,233	0,8	0,579
Questão 15_2	-0,12	0,887	0,777
Questão 15_3	0,31	1,364	0,418
Questão 15_4	0,134	1,144	0,737
Questão 15_5	-0,591	0,554	0,233

Fonte: Autoral.

Da tabela acima, para valores da razão de chances, Sig. $< 0{,}2$, foram identificadas as variáveis aplicáveis ao modelo. Sendo elas: *Sexo; Questão 2; Questão 3; Questão 4; Questão 5; Questão 6; Questão 7; Questão 8_3; Questão 11_2; Questão 11_3; Questão 12_1; Questão 12_2; Questão 12_3; Questão 14_1; Questão 14_2; Questão 14_3 e Questão 14_4.*

Identificadas essas variáveis realizou-se a regressão multivariável, onde as variáveis apresentadas em cada coluna possuem os respectivos significados descritos anteriormente e obteve-se os resultados apresentados na tabela 8 a seguir:

Tabela 8: Variáveis na RL Multivariável.

Variáveis na Equação	Coeficiente (β)	p-Valor (Sig.)	RC (Exp. β)
Sexo	-0,452	0,433	0,636
Q3	-0,157	0,882	0,854
Q4	-0,267	0,818	0,765
Q5	-0,248	0,637	0,781
Q7	-1,796	0,004	0,166
Q8_3	-0,146	0,782	0,864
Q11_2	-2,631	0,018	0,072
Q11_3	-1,604	0,179	0,201
Q12_1	0,981	0,529	2,667
Q12_2	-1,283	0,379	0,277
Q12_3	0,207	0,881	1,23
Q13	-0,556	0,443	0,573
Q14_1	-0,236	0,683	0,79
Q14_2	0,238	0,687	1,268
Q14_3	-0,137	0,844	0,872
Q15_5	-0,323	0,627	0,724
Constante	6,987	0,021	1081,963

Fonte: Autoral.

Observando os resultados da tabela 4 acima verifica-se que as únicas variáveis explicativas que mostraram significância considerável ($Sig. < 0.05$) foram as questões 7 ($Q7$) e questão 11_2 ($Q11_2$), com significâncias 0.004 e 0.018, respectivamente.

Na questão 7: "*Você considera uma usina nuclear segura?",* as respostas possíveis eram 1= sim e 2= não ou não sabe opinar. Relembrando o mencionado no tópico de descrição metodológica, ao se aplicar o modelo no software SPSS as variáveis explicativas foram primeiramente categorizadas, isso significa que os parâmetros testados são dados tendo como

referência a primeira resposta do item. Logo, a significância da questão 7 implica que a aqueles entrevistados que não consideram uma usina nuclear segura, possuem maior tendência a serem contra a utilização da energia nuclear no Brasil.

Da variável explicativa, questão 11_2: "*Qual ou quais fonte (s) de energia elétrica serão mais usadas daqui a* 20 *anos?*" cuja resposta é 'Nuclear', verifica-se que aqueles que negam a energia nuclear como fonte de energia elétrica mais utilizada daqui a 20 anos, possui grande tendência a ser contra à utilização da energia nuclear no Brasil.

Para complementar a análise é realizada uma análise de frequência dos dados. Nessa análise são verificados os percentuais relativos de recorrência aos itens resposta. Os resultados dessa análise podem ser verificados na tabela 9 a seguir:

Tabela 9: Perfil descritivo dos dados.

Variável	Resposta	%
Idade	Idade (1) ≤ 18	1,4
	Idade (2) >18 ≤ 22	38,3
	Idade (3) > 22 ≤ 24	51,1
	Idade (4) > 24	9,2
Sexo	Homem	26,2
	Mulher	73,8
	Não informou	2,7
Semestre	1° ao 5°	17,4
	5° ao 10°	52,3
	10° ou mais	27,5
Curso	Eng. Aeroespacial	20,1
	Eng. Eletrônica	27,5
	Eng. Software	22,8
	Eng. de Energia	17,4
	Eng. Automotiva	12,1
Questão 1_1	Contaminação	29,5
Questão 1_2	Usina Nuclear	48,3
Questão 1_3	Bomba Atômica	48,3
Questão 1_4	Não sei	26,2
Questão 1_5	Outro	32,9
Questão 1_6	Acidentes	14,1
Questão 2	Aplicações Pacíficas	4,0
	Indústria Bélica	96,0
Questão 3	Evolução Tecnológica, na medicina e áreas diversas	5,4
	Não sei, não há ou outras	94,6
Questão 4	Explosão, contaminação e lixo nuclear	4,0
	Não sei, não há ou outras	96,0
Questão 5	Sim	41,6
	Não	58,4

Questão 6	Material que não serve para coisa alguma.	46,3
	Material que pode apresentar certo nível de contaminação.	53,7
Questão 7	Sim	43,0
	Não ou não sabe opinar	57,0
Questão 8_1	Carvão ou derivados do petróleo (óleo e gás)	10,1
Questão 8_2	Renováveis	94,0
Questão 8_3	Energia Nuclear	61,7
Questão 9	A favor (= 0 falha)	24,8
	Contra (=1 sucesso)	75,2
Questão 10	Sim	20,1
	Não	79,9
Questão 11_1	Solar, Eólica ou Biomassa	94,0
Questão 11_2	Nuclear	25,5
Questão 11_3	Carvão ou derivados do petróleo (óleo e gás)	13,4
Questão 12_1	Mais riscos	8,7
Questão 12_2	Mais benefícios	40,3
Questão 12_3	Tanto riscos quanto benefícios ou não sabe opinar.	50,3
Questão 13	Sou a favor	78,5
	Sou contra ou indiferente	21,5
Questão 14_1	Governo	65,8
Questão 14_2	Mídia ou ambientalistas	28,2
Questão 14_3	Representantes da usina	28,2
Questão 14_4	Acadêmicos de universidades	53,0
Questão 15_1	Cartilha	36,2
Questão 15_2	Panfleto	28,9
Questão 15_3	Palestra	40,3
Questão 15_4	Programa de TV	32,9
Questão 15_5	Aplicativo	23,5

Fonte: Autoral.

Da tabela 9 acima pode ser verificado o exposto pela análise qualitativa. Na questão 7 verifica-se que a maioria dos entrevistados, 57%, afirmou que as usinas nucleares não são seguras. Isso mostra que mesmo dentro de uma faculdade de tecnologias existe uma grande desconfiança sobre a seguridade de uma usina nuclear.

Com apenas 25% de recorrência, o item 11_2 que traz a energia nuclear como uma das fontes mais prováveis de eletricidade para daqui a 20 anos, tem se com isso, a confirmação do identificado pela análise de RL. Isso demonstram o quão desacreditados os discentes de engenharia estão com relação à utilidade e aplicações da energia nuclear, indicando uma provável falta de real conhecimento das suas aplicações.

7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se com a revisão literal que a partir do início desse século, a preocupação com a opinião pública tem se tornado recorrente. Isto se deve ao fato de que há uma globalização da informação em desenvolvimento exponencial. Com isto passou a existir maior cobrança e pressão pelos civis, o que se tornou de certo modo um dos entraves, para o Brasil, no que tange o desenvolvimento e disseminação das tecnologias nucleares.

Pesquisas de opinião realizadas nas nações onde se faz presente a energia nuclear mostra que as pessoas dali, apesar de às vezes se oporem à tal tecnologia, não vêm outra alternativa. Além disso, desprezando os desastres a energia nuclear é de caráter predominantemente benéfico, pois, possibilita o desenvolvimento de áreas diversas num país, economia, médica, industrial, etc.

Com a análise inicial quantitativa do estudo de caso realizado por intermédio de pesquisa opinião para este trabalho nota-se que a população em estudo apresenta desconfiança e até receio à energia nuclear, quando analisados os resultados mostrados nos itens 7 e 11, onde os entrevistados demonstram desconfiança e incredibilidade à energia nuclear. Isto é comprovado com os resultados apresentados na tabela 9, análise de frequência, onde apenas 43% dos entrevistados afirma sobre a segurança das usinas nucleares e 25,5% acreditam que energia nuclear será uma das principais fontes de energia elétrica no futuro.

Como resultado da pesquisa verificou-se que mesmo dentro da comunidade acadêmica de caráter específico, faculdade de engenharia, há ainda um grande percentual de discentes que sequer reconhecem as aplicações ou até mesmo a existência de reatores nucleares no Brasil.

A falta de informação e conhecimento pelos discentes fica evidenciada quando na questão 2 do questionário recorrem apenas às aplicações mais comuns da energia nuclear, na questão 5 quando cerca de 58,4%, mostrados na tabela 9 de análise de frequência, dizem desconhecer a existência de reatores nucleares de potência no país.

Quanto aos rejeitos radioativos a grande maioria dos entrevistados se mostra ciente dos riscos relacionados ao resíduo. E que quando se é indagado quanto à destinação dos detritos, eles citam categoricamente locais e áreas isoladas, o que comprova a percepção dos riscos correlacionados ao lixo.

Na busca por traçar o perfil da visão dos entrevistados foi utilizada a ferramenta de

análise estatística, a regressão logística, e com a aplicação destas verificou-se que as principais variáveis que leva o discente a ser contra a utilização da energia nuclear no Brasil são a desconfiança quanto a segurança de uma usina nuclear e a incredibilidade na energia nuclear como fonte de energia. Mostrado ao se verificar na tabela 8, resultados da regressão logística, que a razão de chances ou $p - valor\ (Sig)$ é considerável para as avairáveis explicativas 7 e 11-2, que tratam desses aspectos.

Com a conclusão desse estudo é possível confirmar o identificado nas pesquisas anteriores, que quanto maior a desconfiança a respeito das tecnologias nucleares menores são as chances de um indivíduo não aceitar a energia nuclear como fonte promissora e segura de energia e eletricidade.

Conclui-se também através desse estudo que mesmo em uma faculdade de engenharias, de uma das melhores universidades do Brasil, é expressivo o número de pessoas que desconhecem os reais benefícios da energia nuclear.

É válido afirmar que um estudo mais aprofundado em uma amostra um tanto mais expressiva e diversificada será necessário para se ter uma maior precisão das inconsistências aqui identificadas. Contudo, à mão desse estudo e de seus resultados é possível afirmar categoricamente que existe a necessidade de maiores esclarecimentos a respeito das tecnologias nucleares no Brasil.

Da análise descritiva dos dados e com a análise de regressão univariada foi possível identificar que uma solução possível ao problema da desconfiança pública à energia nuclear seria a elaboração de uma cartilha por acadêmicos de universidades para que sejam esclarecidas dúvidas e disseminados conhecimentos sobre a energia nuclear no país tais como: existência ou não de usinas nucleares? Quais as aplicações da energia nuclear? Quais os benefícios da energia nuclear? Onde será disposto o lixo radioativo? E quão segura é uma usina nuclear.

Sendo assim, este trabalho traz como perspectiva a construção de materiais educacionais sobre energia nuclear, tendo como objetivo fomentar a divulgação e informação da população acerca dos riscos e benefícios dessa forma de energia. Também é deixado para um trabalho futuro a realização de uma pesquisa que abranja uma população mais genérica, possibilitando a obtenção de resultados mais fidedignos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIEA, Agência Internacional de Energia Atômica. **Relatório Anual de 2015.** Disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc60-9.pdf>. Acesso em 06 de Maio de 2017.

ALMEIDA, Renata Araujo de. **Um estudo simplificado sobre a percepção pública na área nuclear:** sugestões para campanhas educativas para os diferentes segmentos da sociedade. 2011. Tese de Doutorado. Disponível em:< http://carpedien.ien.gov.br:8080/bitstream/ien/542/1/dissertacao_mestrado_ien_2011_03.pdf> Acesso em: 07 de Abril de 2017.

AUTORACING. **Sala de Controle de uma Usina Nuclear.** 2011. Disponível em: <http://www.autoracing.com.br/forum/index.php?showtopic=62458&page=2>. Acesso em: 07 de Maio de 2017.

CABRAL, Dantas Anya. História das Usinas Nucleoelétricas no Brasil. **Revista Eletrônica de Energia**, v. 1, n. 1, 2012(b). Disponível em:< http://www.revistas.unifacs.br/index.php/ree/article/view/1639> Acesso em: 15 de Fevereiro de 2017.

CABRAL, Dantas Anya. **Rumo a uma nova percepção dos riscos nucleares no Brasil:** Questões estratégicas e implicações de política. 2012(a)**.** Disponível em: <http://www.repositorio.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/492/1/DISSERTAO_%20Anya%20Dantas%20Cabral_2012.pdf>. Acesso em: 06 de Maio de 2017.

CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. **História da Energia Nuclear**,2008**.** Apostila Educativa, de... . Disponível em:< http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/historia-da-energia-nuclear.pdf>. Acesso em 05 de Março de 2017.

DA SILVA REZENDE, Gabriel Fonseca et al. **Reatores Nucleares De Potência**. INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA, 2009. Disponível em:< http://www.lucianosantarita.pro.br/Arquivos/Reatores_nucleares_potencia.pdf> Acesso em: 04 de Maio de 2017.

DE LIRA, Elda Vilaça. **Os Benefícios do Uso da Energia Nuclear**. 2015, Disponível em:< http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/116/46116418.pdf> Acesso em: 07 de Abril de 2017.

DOS SANTOS, Ricardo Luís Pereira. **A energia nuclear no sistema elétrico brasileiro**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em:< http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/luis_pereira.pdf> Acesso em: 07 de Abril de 2017.

EC, Comissão Europeia. **Europeans and Nuclear Safety**. Disponível em:< http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_271_en.pdf> Acesso em: 17 de Abril de 2017.

EPE, Empresa de Pesquisas Energéticas. **Balanço Energético Nacional 2016**, 2016. Disponível em: < https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acesso em: 29 de Maio de 2017.

FGV, Fundação Getúlio Vargas. **O futuro da Energia Nuclear no Brasil e no Mundo.** Fundação Getúlio Vargas 29 de Abril de 2015. Disponível em:<http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/2015-04-29_fgv_futuro_energia_nuclear_travassos_1.pdf>. Acesso em: 07 de Maio de 2017.

FGV, Fundação Getúlio Vargas. **Perspectivas para a Energia Nuclear no Brasil**, 2016. Disponível em: < http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/arquivos/3_-_felipe_goncalves_contextualizacao_nuclear_fg.pdf >. Acesso em: 29 de Maio de 2017.

FIGUEIRA, Cleonis Viater. **Modelos de regressão logística**. 2006. Disponível em:< http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8192/000569815.pdf?sequence=1>. Acesso em: 08 de Maio de 2017.

FRANCO, Simone Bezerra. **Avaliação de Tecnologia em saúde:** Perfil do Usuário Brasileiro do Programa Farmácia Popular com Hipertensão Arterial Diagnosticada. Universidade de Brasília, Faculdade Gama. Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica. 2017.

GOLDEMBERG, José. **Os riscos da energia nuclear.** ComCiência no.104 Campinas 2008. Disponível em:<http://comciencia.scielo.br/pdf/cci/n104/a11n104.pdf> Acesso em: 06 de Maio de 2017.

GOMES, Marília Miranda Forte, et. al. Passado e presente: condições de vida na infância e mortalidade de idosos. **Revista Saúde Pública**, 2015, Volume 49 Número 93. Disponibilizada pelo autor

GONÇALVES, Odair Dias. O Programa Nuclear Brasileiro e a Física Médica no Brasil. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 151-156, 2009. Disponível em: <http://www.rbfm.org.br/index.php/rbfm/article/view/40/v3n1p151> Acesso em 15 de Fevereiro de 2017.

GONÇALVES, Odair Dias; DE ALMEIDA, Ivan Pedro Salati. **A energia nuclear**. Ciência Hoje, v. 37, n. 220, 2005. Disponível em:< https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&q=GON%C3%87ALVES%2C+O+D%3B+ALMEIDA%2C+I+P+S.+Energia+Nuclear+e+Seus+Usos+na+Sociedade&btnG=&lr=> Acesso em: 12 de Abril de 2017.

GUJARATI, Damodar N. Econometria Básica/Damodar N. Gujarati, Dawn C. Porter; tradução Denise Durante, Mônica Rosemberg, Maria Lúcia G.L. Rosa; revisão técnica Claudio D. Shikida, Ari Francisco de Araújo Júnior, Márcio Antônio Salvato. - 5ª ed. - Porto Alegre. Editora: AMGH, 2011.

IAE, International Energy Agency. **Key Eletricity Trends 2016-** Based on Monthly Data, 2016. Disponível em: < http://www.iea.org/media/statistics/Keyelectricitytrends2016_.pdf>. Acesso em: 29 de Maio de 2017.

MILANEZ, Almeida e do Carmo. Energia Nuclear Socialmente Aceitável como Solução Possível para a Demanda Energética Brasileira. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, Fevereiro, 2006 Volume 2, Número 1. Disponível em: < http://www.fisica.net/nuclear/energia_nuclear_socialmente_aceitavel_como_solucao_para_demanda_energetica_brasileira.pdf >. Acesso em: 18 de Abril de 2017.

MINISTÉRIO de Minas e Energia. **Boletim de Energia Nuclear Brasil e Mundo 2016.** Disponível em: < http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/16+-+Energia+Nuclear+-+Brasil+e+Mundo+-+ano+ref.+2015+%28PDF%29/f9a87926-f1cb-46c5-8f0b-17317b321e26?version=1.6://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticas/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/brasil-tem-5-maior-reserva-de-uranio> Acesso em: 11 de Abril de 2017.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**, 2007. Disponível em: < http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_2.pdf>. Acesso em: 29 de Maio de 2017.

NETO & CORREA, Antonio Souza Vieira, Francisco. **Visão geral de métodos de análise de risco aplicados a instalações perigosas.** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 1997. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/12136/05000.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 06 de Maio de 2017.

OBJETIVO. **Tratado de Não Proliferação Nuclear.** 2017. Disponível em: < http://www.objetivo.br/noticias.asp?id=3610>. Acesso em: 07 de Maio de 2017.

OECD. **Public Attitudes to Nuclear Power**. AIEA, 2010. Disponível em:< http://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2010/nea6859-public-attitudes.pdf>. Acesso em: 18 de Abril de 2017.

PRÄSS, Alberto Ricardo. **Energia Nuclear Hoje:** Uma Análise Exploratória. Porto Alegre, 2007. Disponível em:< http://www.fisica.net/monografias/A_Energia_Nuclear_Hoje.pdf> Acesso em : 26 de Janeiro de 2017.

PRIS, Power Reactors Information Systems. AIEA. **Operational & Long-Term Shutdown Reactors 2017.** Disponível em:<https://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByType.aspx>. Acesso em 06 de Maio de 2017.

ROSA, Luiz Pinguelli. **Aspectos técnicos e institucionais da segurança dos reatores nucleares no brasil**. Comissão de Acompanhamento do Programa Nuclear da Sociedade Brasileira de Física, 1986. Disponível em: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/19/084/19084523.pdf> . Acesso em: 06 de Maio de 2017.

9. APÊNDICE

Apêndice I Questionário Aplicado aos Acadêmicos da Faculdade de Engenharias da UnB Gama – FGA.

QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

Prezado (a) estudante:

O presente questionário é parte do desenvolvimento de um de Trabalho de Conclusão de Curso que tem como um de seus objetivos a realização de uma análise estatística quantitativa e qualitativa sobre o conhecimento que os estudantes da FGA/UnB possuem sobre as tecnologias nucleares, bem como a aceitação de tais estudantes à implantação de usinas nucleares no território brasileiro. É importante salientar que a sua participação será mantida anônima em toda a pesquisa e em qualquer circunstância pública em que os resultados da investigação vierem a ser apresentados. Por favor, leia as perguntas com atenção e dê as respostas com sinceridade.

Parte A: Perfil do Entrevistado
Nome:
Sexo: ( ) M ( )F **Idade:**
Graduação Curso:
Semestre:

Parte B: Questões
Questão 1: O que você pensa quando ouve a palavra RADIAÇÃO?
( ) Contaminação

( ) Usina Nuclear

( ) Bomba atômica

( ) Não sei

( ) Outro

( ) Acidentes

Questão 2: Quais aplicações da Energia Nuclear você conhece?
( ) Tratamento para cura de câncer e diversos tumores
( ) Dessalinização da água
( ) Combustível Nuclear
( ) Tratamento de Gases Tóxicos
( ) Tratamento de Águas
( ) Cura de tintas e vernizes
( ) Esterilização de instrumentação médica e odontológica

( ) Irradiação de alimentos
( ) Geração de energia elétrica
( ) Irradiação de látex
( ) Diagnóstico e tratamento da tireoide
( ) Fins bélicos
( ) Melhoria das propriedades de materiais industrializados

Questão 3: Quais as vantagens da Energia Nuclear você conhece?

( ) Evolução tecnológica de áreas diversas
( ) Avanços na área médica
( ) Forma de energia para o futuro
( ) Não sei
( ) Não há
( ) Outros, especifique.

Questão 4: Quais as desvantagens da energia nuclear?

( ) Explosão;
( ) Lixo Nuclear;
( ) Contaminação;
( ) Não sei;
( ) Outros;

Questão 5: Você tem conhecimento dos reatores nucleares que existem no Brasil?

( ) Sim;
( ) Não;

Questão 6: O que você sabe sobre lixo radioativo?

( ) Material que não serve para coisa alguma e pode ser jogado fora em qualquer lugar;
( ) Material que pode apresentar certo nível de contaminação, não pode ser reaproveitado e que deve ser armazenado e depositado em local adequado;
( ) Não sei;
( ) Outros (especifique);

Questão 7: Você considera uma usina nuclear segura?

( ) Sim
( ) Não
( ) Não sei opinar

Questão 8: Supondo que as hidrelétricas em certo momento não conseguirão mais suprir a demanda de energia do País. Cite outra fonte de energia elétrica?

( ) Usinas à Carvão
( ) Energia Eólica
( ) Energia Solar
( ) Energia Nuclear
( ) Biomassa
( ) Outras. Especifique.

Questão 9: Você é a favor ou contra á utilização da energia nuclear no Brasil?

( ) A favor
( ) Contra.

Questão 10: Gostaria de receber um material educativo onde seriam apresentadas as vantagens, desvantagens e aplicações da energia nuclear?

( ) Sim

( ) Não

Questão 11: Em sua opinião qual ou quais fonte(s) de energia elétrica serão mais usadas no Brasil daqui a 20 anos?

( ) Solar

( ) Nuclear

( ) Eólica

( ) Hídrica

( ) Carvão, ou derivados do petróleo (óleo e gás)

( ) Decomposição de Biomassa

Questão 12: No total, a energia nuclear traz mais riscos, benefícios ou ambos?

( ) Mais Riscos

( ) Mais Benefícios

( ) Tanto riscos quanto benefícios

( ) Não sei

Questão 13: Caso o fosse feita uma pesquisa de opinião sobre onde construir um depósito de lixo radioativo, de diferentes níveis de radioatividade. Qual das respostas abaixo seria a sua?

( ) Sou a favor. Porém, longe de minha casa;

( ) Sou a favor, independente do local;

( ) Sou indiferente;

( ) Sou contra a construção desses depósitos no Brasil;

( ) Sou contra a construção desses depósitos em qualquer lugar da Terra;

( ) Construção de áreas isoladas

Questão 14: Qual dos seguimentos da sociedade a seguir possui maior credibilidade para falar sobre a segurança de Usinas Nucleares?

( ) Governo

( ) Ministério Público

( ) Órgão Regulador (CNEN)

( ) Ambientalistas

( ) Representantes da usina

( ) Jornalistas

( ) Acadêmicos de universidades

( ) Artistas de TV

( ) Ministério da Defesa

Questão 15: O tema "Energia nuclear e rejeitos radioativos" ainda é bastante polêmico e

nem sempre de conhecimento público então, dê a sua sugestão de como pode ser feito um esclarecimento sobre o assunto.

Apêndice II

Questionário de Pesquisa Simplificado

Prezado (a) estudante:

O presente questionário é parte do desenvolvimento de um de Trabalho de Conclusão de Curso que tem como um de seus objetivos a realização de uma análise estatística quantitativa e qualitativa sobre o conhecimento que os estudantes da FGA/UnB possuem sobre as tecnologias nucleares, bem como a aceitação de tais estudantes à implantação de usinas nucleares no território brasileiro. É importante salientar que a sua participação será mantida anônima em toda a pesquisa e em qualquer circunstância pública em que os resultados da investigação vierem a ser apresentados. Por favor, leia as perguntas com atenção e dê as respostas com sinceridade.

Parte A: Perfil do Entrevistado

Nome:

Sexo: ( ) M ( )F **Idade:**

Graduação Curso:

Semestre:

Parte B: Questões

Questão 1: O que você pensa quando ouve a palavra RADIAÇÃO?

( ) Contaminação;

( ) Usina Nuclear;

( ) Bomba atômica;

( ) Não sei;

( ) Outro;

( ) Acidentes.

Questão 2: Quais aplicações da Energia Nuclear você conhece?

( ) Industria Bélica;

( ) Aplicações pacíficas.

Questão 3: Quais as vantagens da Energia Nuclear você conhece?

( ) Evolução tecnológica na medicina, energia e áreas diversas;

( ) Não sei, não há ou outras.

Questão 4: Quais as desvantagens da energia nuclear?

( ) Explosão, contaminação e lixo nuclear;

( ) Não sei ou outras.

Questão 5: Você tem conhecimento dos reatores nucleares que existem no Brasil?

( ) Sim;

( ) Não.

Questão 6: O que você sabe sobre lixo radioativo?

( ) Material que não serve para coisa alguma e pode ser jogado fora em qualquer lugar, não sei inferir ou outras implicações;
( ) Material que pode apresentar certo nível de contaminação, não pode ser reaproveitado e que deve ser armazenado e depositado em local adequado.

Questão 7: Você considera uma usina nuclear segura?

( ) Sim;

( ) Não ou não sabe opinar.

Questão 8: Supondo que as hidrelétricas em certo momento não conseguirão mais suprir a demanda de energia do País. Cite outra fonte de energia elétrica?

( ) Carvão, ou derivados do petróleo (óleo e gás);

( ) Renováveis;

( ) Energia Nuclear.

Questão 9: Você é a favor ou contra á utilização da energia nuclear no Brasil?

( ) A favor;

( ) Contra.

Questão 10: Gostaria de receber um material educativo onde seriam apresentadas as vantagens, desvantagens e aplicações da energia nuclear?

( ) Sim;

( ) Não.

Questão 11: Em sua opinião qual ou quais fonte (s) de energia elétrica serão mais usadas no Brasil daqui a 20 anos?
( ) Solar, Eólica ou Biomassa;

( ) Nuclear;

( ) Carvão, ou derivados do petróleo (óleo e gás).

Questão 12: No total, a energia nuclear traz mais riscos, benefícios ou ambos?

( ) Mais Riscos;

( ) Mais Benefícios;

( ) Tanto riscos quanto benefícios ou não sabe opinar.

Questão 13: Caso o fosse feita uma pesquisa de opinião sobre onde construir um depósito de lixo radioativo, de diferentes níveis de radioatividade. Qual das respostas abaixo seria a sua?

( ) Sou a favor;

( ) Sou contra ou indiferente.

Questão 14: Qual dos seguimentos da sociedade a seguir possui maior credibilidade para falar sobre a segurança de Usinas Nucleares?

( ) Governo;

( ) Mídia ou Ambientalistas;

( ) Representantes da usina;

( ) Acadêmicos de universidades.

Questão 15: O tema "Energia nuclear e rejeitos radioativos" ainda é bastante polêmico e nem sempre de conhecimento público então, dê a sua sugestão de como pode ser feito um esclarecimento sobre o assunto.