

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE

BRENO ZAMBELLI RAMOS

PROPULSÃO NUCLEAR

RIO DE JANEIRO

2015

BRENO ZAMBELLI RAMOS

PROPULSÃO NUCLEAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): Prof. Eng. José Barbosa da Silva Filho, ESP

RIO DE JANEIRO

2015

BRENO ZAMBELLI RAMOS

PROPULSÃO NUCLEAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: ____ / ____ / ____

Orientador: Prof. Eng. José Barbosa da Silva Filho, ESP

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

**Dedico este trabalho a meus familiares,
instrutores e a todos aqueles que venham
fazer uso deste material futuramente.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pois sem ele não teria conseguido.

À minha família que esteve comigo em todos os momentos.

Ao meu orientador que me ajudou e me incentivou neste projeto.

Não confunda derrotas com fracasso nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias.

(ROBERTO SHINYASHIKI)

RESUMO

Este trabalho tem em vista ressaltar as forma produção energética através de energia nuclear para bordo, modos de sua utilização e as dificuldades e perigos gerados por essa tecnologia, apresentando também eventos históricos e as tentativas de implantação de tal propulsão de modo, de modo a esclarecer duvidas sobre o tema e diminuir o medo do desconhecido das pessoas.

Sua utilização pode ser uma alternativa viável de fonte de energia e seus resíduos deixados são armazenados evitando maior poluição do meio ambiente.

Palavras-chave: Energia nuclear. Propulsão. Propulsão nuclear.

ABSTRACT

This work aims to highlight the way to produce energy through nuclear power on board, ways of use and the difficulties and dangers generated by this technology, also presenting historical events and attempts to implement such propulsion mode, in order to clarify doubts on the issue and reduce the fear of the unknown from people.

Its use can be a viable alternative energy source and its wastes is stored avoiding greater environmental pollution.

Keywords: Nuclear power. Propulsion. Nuclear propulsion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fissão nuclear do urânio	13
Figura 2: Fusão nuclear	14
Figura 3: Reator nuclear	16
Figura 4: Armazém de combustível nuclear descartado	18
Figura 5: Turbinas de ação e reação	22
Figura 6: Caixa redutora	23
Figura 7: Turbo gerador	24
Figura 8: Platina de um Oficial de Maquinas do NS Savannah	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	RADIOATIVIDADE	11
2.1	Energia nuclear	12
2.2	Fissão e fusão nuclear	12
2.3	Reator nuclear	15
2.4	Combustível nuclear	16
2.5	Descarte e perigos	17
3	PROPULSÃO NUCLEAR	18
3.1	Equipamentos gerais	19
3.1.1	Turbinas	20
3.1.2	Caixa redutora	22
3.1.3	Turbo gerador	22
3.2	Diferenças entre reatores de terra e marítimos	23
3.3	Embarcações militares	25
3.4	Embarcações civis	26
3.5	Navios quebra-gelo	28
3.6	Submarinos	28
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Devido às restrições dos gases poluentes emitidos para atmosfera e também à preocupação por fontes de energia mais limpa, a energia nuclear é uma possível solução para futuro da propulsão marítima. Porém esta ideia trouxe consigo medos quanto a radiação uma vez que muitos a desconhecem e acabam ficando a par somente dos danos causados pela sua contaminação e a possível utilização desta tecnologia para fabricação de material bélico mas nem sempre do lado bom dela.

Nesse trabalho discorreremos sobre as características da energia nuclear, como produzi-la, os perigos e benefícios desta energia e formas de implementa-la a bordo. Também falaremos de como a propulsão nuclear é restringida pela seu alto nível de periculosidade levando em consideração os experimentos já realizados, acontecimentos históricos e casos nos quais ela é viável devido a condições de trabalho requeridos da embarcação.

2 RADIOATIVIDADE

A radioatividade pode se tratar de um processo natural ou artificial, certos elementos químicos ou substâncias emitem radiação, portanto são chamadas de radioativas.

Em sua maioria, essas emissões são compostas de partículas α (alfa), partículas β (beta) e partículas γ (gama).

A radioatividade pelo processo natural dá-se em elementos radioativos e seus isótopos. Esses elementos se encontram na natureza e emitem radiação constantemente, gerando poluição do ambiente. Alguns exemplos são o Urânio e o Rádio, este último é usado em radioterapia.

A radioatividade pelo processo artificial é produzida bombardeando núcleos de elementos específicos com partículas apropriadas. Estas partículas providas de energia adequada penetra no núcleo formando um novo núcleo que se degradará posteriormente caso seja instável.

Para o controle da radiação temos unidades de medidas para quantificá-la, podendo ser para quantificar a atividade radiativa emitida por um corpo que é denominada Becquerel (Bq), pode ser para quantificar a dose de radioatividade absorvida por um corpo que chamamos de Gray (Gy) e referente ao efeito provocado pela radiação em tecidos biológicos denominada Sievert (Sv).

2.1 Energia nuclear

Energia nuclear trata-se da energia que é liberada pelos átomos no processo de radioatividade.

Tendo em mente a existência desta energia, e preciso saber como utilizá-la, para isto há uma necessidade de forçar o processo da

radioatividade dos elementos, assim cientista se empenharam em produzir uma forma de fazê-lo, surgindo então os processos de fissão e de fusão nuclear.

2.2 Fissão e fusão nuclear

Fissão nuclear é o método que bombardeia o núcleo do átomo forçado a quebra do mesmo dando forma a outros dois átomos. Esta reação libera energia, a do Urânio (U) por exemplo gera energia 25 milhões de vezes maior do que a reação de combustão do metano e segue a seguinte expressão

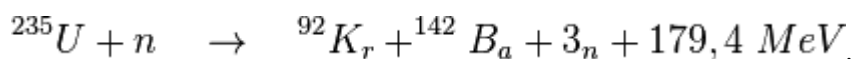
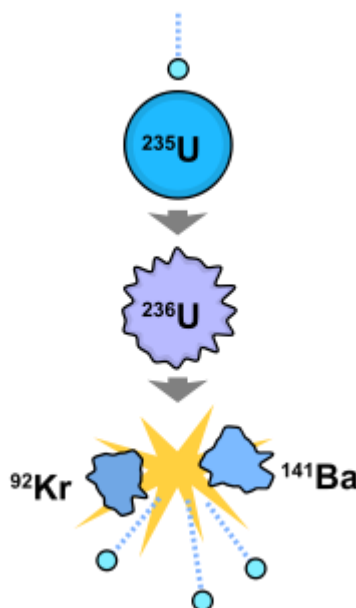


Figura 1 - Fissão nuclear do urânio

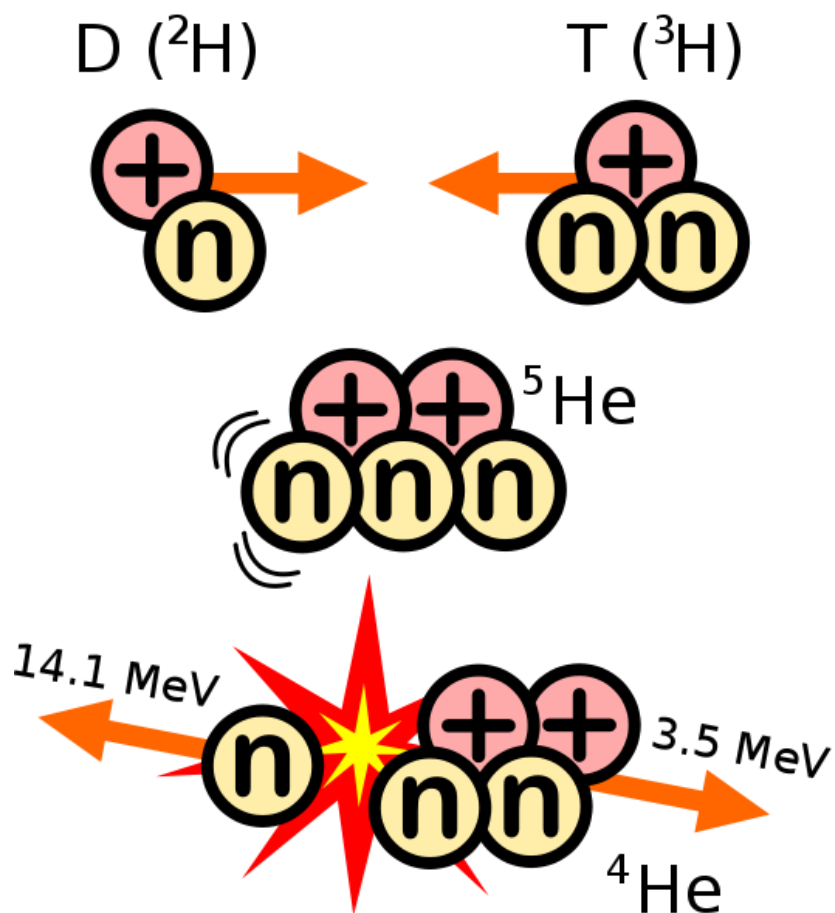


Fonte: pt.wikipedia.org

Ao passo que fusão nuclear é o processo de fazer com que dois átomos colidam propositalmente para formar um outro átomo. A reação libera também grande quantidade de energia, mas requer uma certa

quantidade de energia para ter seu início, no entanto, ela gera mais energia do que consome.

Figura 2 - Fusão nuclear



Fonte: pt.wikipedia.org

Este processo ainda está em fase experimental, não sendo empregado atualmente.

A quantidade de energia que pode ser obtida por processos nucleares supera a que se pode obter mediante processos químicos, que fazem uso somente das regiões externas do átomo.

Isótopos de alguns elementos demonstram a capacidade de emitir energia durante o processo através de reações nucleares. Isto acontece pois nas reações nucleares parte da massa transforma-se em energia. A

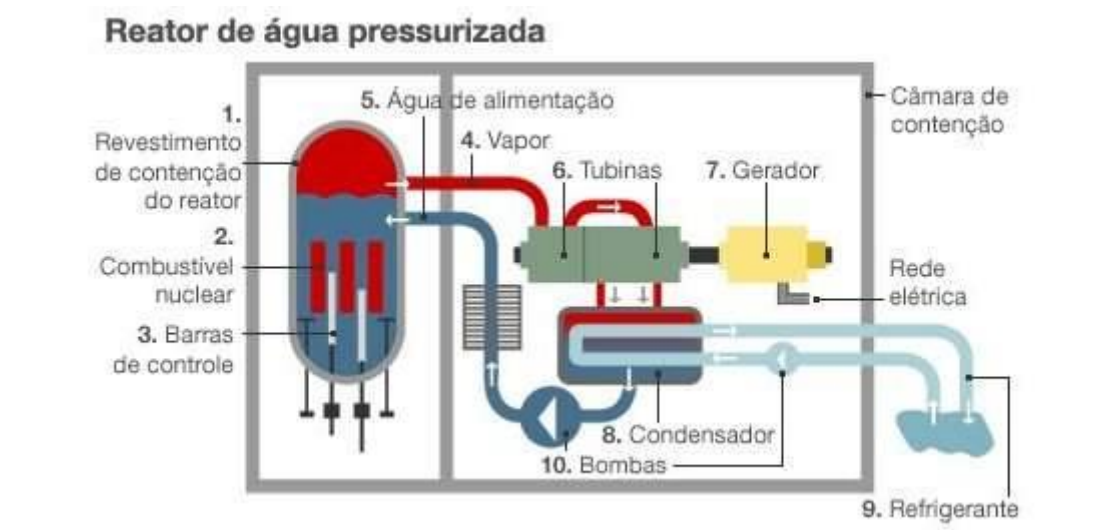
reação nuclear modifica a composição do núcleo do átomo de um elemento que poderá se transformar em diferentes elementos. Este processo ocorre naturalmente com certos elementos, outros porém deve-se provocar esta reação através de técnicas que irão bombardear nêutrons ou outros elementos como visto anteriormente.

2.3 Reator nuclear

O reator nuclear baseia-se em uma câmara com revestimento contra radiação e hermeticamente selada, a qual irá abrigar o combustível nuclear e também as barras de controle.

As barras de controle são posicionadas entre as barras de combustível de modo a controlar a reação em cadeia q irá ocorrer de modo a mantê-la em estado crítico, diferente do que seria o pensamento comum, sendo controlado, o estado crítico é uma coisa boa, pois neste momento há a autossustentação da fissão nuclear sem a necessidade de novos bombardeamentos no núcleo, com as barras de controle podemos evitar que a liberação de energia excessivamente podendo causar diversos problemas.

Figura 3: Reator nuclear



Fonte: www.inovacaotecnologica.com.br

2.4 Combustível nuclear

É designado combustível nuclear todo material que foi produzido de modo a ser utilizado para gerar energia nuclear.

O combustível nuclear mais utilizado é o Urânio (U) e é comumente achado na natureza, consiste em ampla escala de dois isótopos U-235 e U-238. A produção da energia dá-se a partir da fissão do núcleo de átomos de U-235, que libera energia em forma de calor.

O enriquecimento de urânio baseia-se na separação dos isótopos do urânio de modo a aumentar a concentração de um isótopo em relação aos outros.

Há uma classificação deste elemento que baseia-se no percentual de enriquecimento e o utilizado para a geração da energia apresenta-se na faixa de 2 a 5%. Para valores entre 0.71% e 20% são denominados

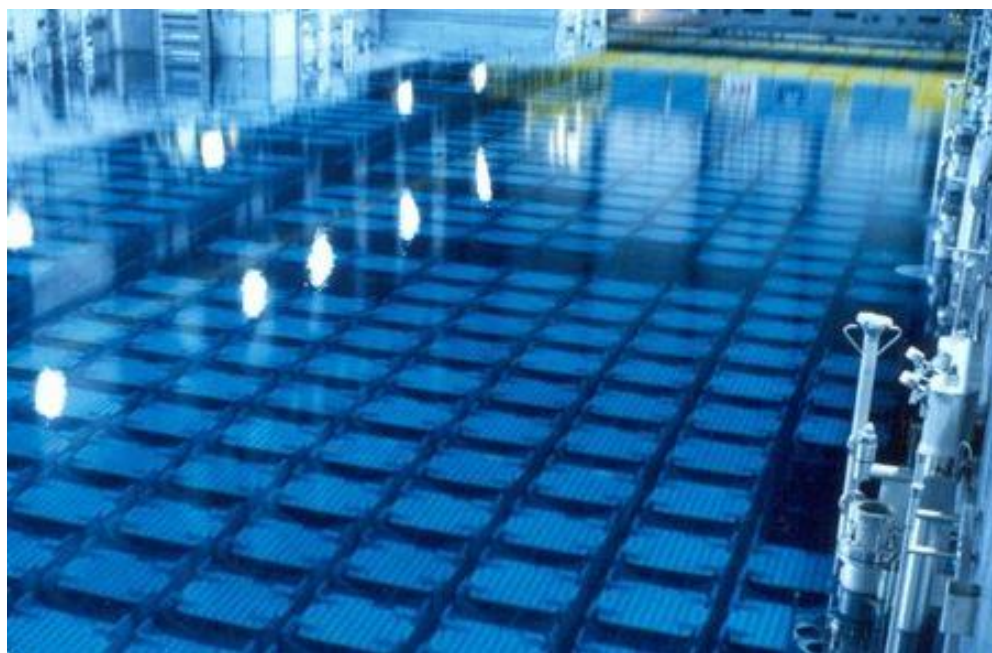
urânio fracamente enriquecidos, para os valores superiores a 20% são classificados como urânio altamente enriquecidos.

Para aplicações militares é necessária uma concentração de 85% do urânio enriquecido, como o U-238 inibe a reação em cadeia seria preciso uma grande quantidade de massa crítica, inviabilizando a utilização de combustível nuclear para fabricação de armas.

2.5 Descarte e perigos

Para os lixos de alta atividade, existe uma grande preocupação. Devido ao fato do urânio enriquecido que se utiliza nos reatores manter-se radioativo por milhões de anos. Não há, atualmente, um modo definitivo sobre como descartar esse material sem oferecer riscos à população. No Brasil, rejeitos desse tipo são armazenados em piscinas de resfriamento nas próprias usinas nucleares que os produzem. Prevê-se que as piscinas que são utilizadas para armazenar resíduos radioativos estejam com suas capacidades ocupadas até 2020. Devido a este problema, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) determinou a construção de um depósito geológico definitivo como condição para a licença de operação de Angra 3, que deve estar pronta em 2016.

Figura 4 - Armazém de combustível nuclear descartado



Fonte: www.world-nuclear.org

O descarte incorreto e irresponsável de descartes radioativos pode ser muito perigoso um dos acidentes de maior proporção ocorreu com o isótopo de césio-137 iniciou-se no dia 13 de setembro de 1987, em Goiânia, Goiás. O desastre fez centenas de vítimas, que se contaminaram por meio de radiações emitidas por uma cápsula que continha césio-137, expondo apenas 19,26g do material, um pó branco que no escuro brilha com uma coloração azul.

3 Propulsão nuclear

A energia nuclear para a propulsão tem várias características logísticas que apelam aos engenheiros navais, tanto para fins civis quanto para militares. Uma pequena quantidade de combustível nuclear pode fornecer energia equivalente a milhões de vezes o seu peso em carvão ou óleo. É bastante prático construir um navio que irá operar um reator durante vários anos sem reabastecimento. Embora o custo de fabricação de elementos de combustível nuclear é elevado, o custo global da operação pode ser mais baixo do que os custos de operação de um navio semelhante que queime combustível fóssil. Como barcos a vela, embarcações nucleares são independentes dos caprichos da aquisição de combustível em cada porto. O processo trabalhoso e caro de carga e queima de combustível é em grande parte eliminado pela maior parte da vida operacional do navio.

Devido à sua elevada potência em comparação com o espaço ocupado e à eliminação da necessidade de grandes depósitos de combustível, uma instalação de propulsão nuclear permite mais espaço para transporte de carga. Ele também permite que um navio opere em velocidades mais altas durante anos sem reabastecimento. Isso melhora a velocidade e eficiência do comércio marítimo. Os navios militares, tais como submarinos e porta-aviões, podem viajar em altas velocidades através de grandes distâncias, limitado apenas pela resistência de seus tripulantes. Navios Árticos podem operar por meses, independentes do fornecimento de combustível.

Reatores nucleares não necessitam de oxigênio para a combustão e não emitem gases. Este é um benefício menor para navios de superfície, eliminando tubulações, chaminés de exaustão e equipamentos necessários para dar o suporte à queima de

combustíveis fósseis. Para as embarcações submersíveis esta é a vantagem mais importante. Com a energia nuclear, um submarino pode ser impelido a velocidades comparáveis às dos navios de superfície por períodos prolongados, limitado apenas pela resistência da tripulação, em vez de abastecimento de combustível ou a capacidade da bateria. Embora não seja uma motivação para o desenvolvimento original da energia nuclear marítima, as preocupações ambientais têm suscitado interesse crescente por parte de alguns que estão preocupados com os efeitos do CO₂, SO₂ e outros poluentes atmosféricos emitidos por navios de carga.

3.1 Equipamentos gerais

A operação de um reator de uma embarcação civil ou militar é semelhante à de reatores nucleares terrestres. A reação nuclear sustentada no reator produz calor, que é usado para ferver a água. O vapor resultante gira uma turbina. O eixo da turbina pode ser acoplado por meio de uma caixa redutora ao hélice do navio, ou em um sistema de acionamento turboelétrico que pode ser executado por um gerador que fornece energia elétrica à motores ligados ao hélice.

As marinhas Russa, Britânica e dos Estados Unidos contam com a propulsão da turbina a vapor por meio de uma caixa de engrenagens, enquanto os navios franceses e chineses utilizam a turbina para gerar eletricidade para propulsão (transmissão turboelétrica). A maioria dos submarinos nucleares têm um único reator, mas submarinos russos e o USS Triton tinham dois. A maioria dos porta-aviões norte-americanos são alimentados por dois reatores, entretanto a USS Enterprise tinha oito. A maioria dos reatores marítimos são do tipo água pressurizada, embora os EUA e a marinha soviética projetaram navios de guerra movidos reatores refrigerados

com metal líquido.

3.1.1 Turbinas

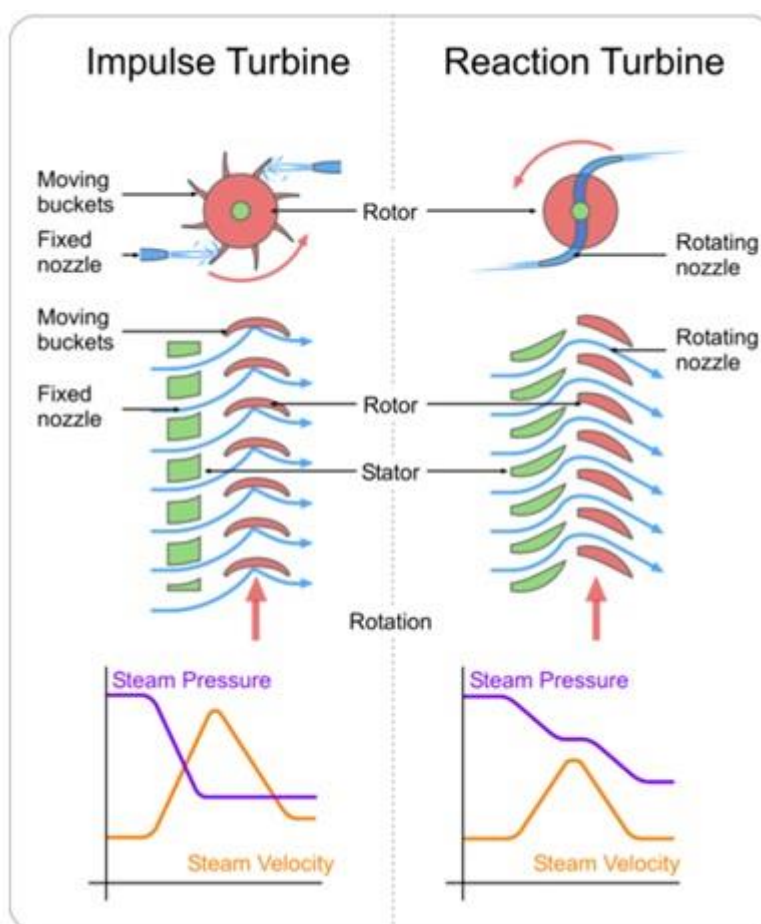
A turbina a vapor é um dispositivo rotativo que extrai energia de uma corrente de água, vapor d'água ou gás e a converte em energia mecânica e a utiliza para fazer o trabalho mecânico em um eixo de saída rotativo. O elemento básico da turbina é a roda ou rotor, que conta com paletas ou lâminas que são colocados ao redor de sua circunferência, de forma que o fluido em movimento produza uma força tangencial que impulsiona a roda, fazendo-a girar. Essa energia mecânica é transferida através de um eixo para movimentar uma máquina, um compressor, um gerador elétrico ou uma hélice. As turbinas se classificam como hidráulicas ou de água, a vapor ou de combustão. Atualmente, a maior parte da energia elétrica mundial é produzida com o uso de geradores movidos por turbinas.

Num tipo de turbina, as lâminas rotativas são como baldes. Jatos de alta velocidade de vapor entram por bicos de forma a empurrar lâminas, girando-as com uma série de impulsos, e saindo pelo outro lado com uma pressão semelhante, mas velocidade muito reduzida. Este projeto é chamado de uma turbina de impulso ou ação e é particularmente bom em extrair energia do vapor de alta pressão.

Numa concepção alternativa chamada uma turbina de reação, há um segundo conjunto de lâminas estacionárias ligados ao interior da caixa da turbina. Estes ajudam a acelerar e dirigir o vapor para as lâminas rotativas no ângulo ideal, antes de sair com a temperatura e pressão reduzidas, mas em geral, a mesma velocidade que tinha quando entrou. Esta concepção é conhecida como uma turbina de reação. Ambos os conjuntos de lâminas têm de ser feitas a partir de

materiais extremamente resistentes, capazes de rodar a velocidades muito altas com vapor de alta pressão de sopro para eles o tempo todo.

Figura 5 - Turbinas de ação e reação



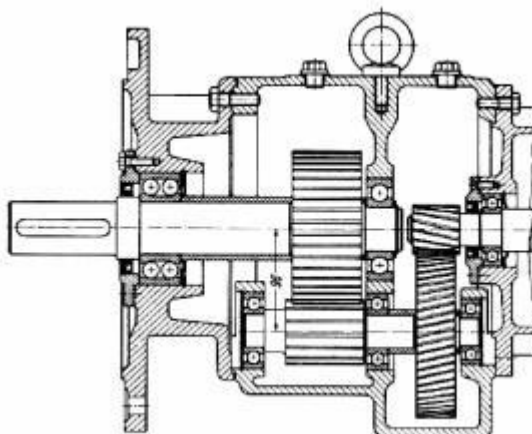
Fonte: pt.wikipedia.org

3.1.2 Caixa redutora

A caixa redutora é um arranjo de engrenagens pelo qual uma velocidade de entrada pode ser reduzida para uma menor de saída, com mais torque na saída. Esse conjunto de engrenagens de redução consiste diversas engrenagens que se conectam a um eixo principal. O movimento de entrada de alta velocidade é transmitido ao conjunto

de engrenagens de rotação, em que velocidade é alterada. O número de engrenagens utilizadas na montagem de engrenagens de redução depende da exigência de velocidade de saída do conjunto de engrenagens de redução aplicação.

Figura 6 - Caixa redutora



Fonte: www.ebah.com.br

3.1.3 Turbo gerador

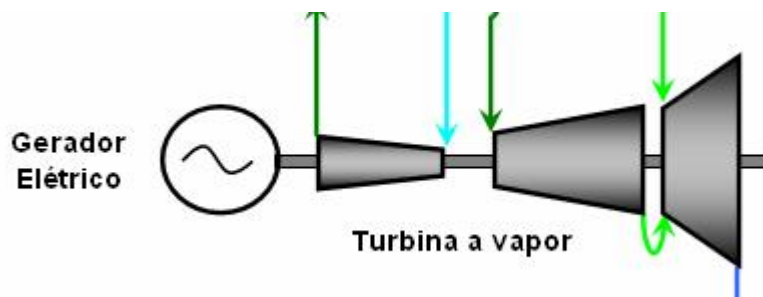
Na produção de eletricidade, um gerador é um dispositivo que converte energia mecânica em energia elétrica para o uso em um circuito externo. A fonte de energia mecânica pode variar amplamente de uma manivela à um motor de combustão interna. Geradores fornecem quase toda a potência para redes de energia elétrica.

A conversão inversa de energia elétrica em energia mecânica é feita por um motor elétrico. Motores e geradores têm muitas semelhanças, muitos motores podem ser acionados mecanicamente para gerar eletricidade e frequentemente fazem geradores aceitáveis.

A energia criada pelos geradores é transferida para motores que

irão acionar o eixo propulsor com uma velocidade determinada.

Figura 7 - Turbo gerador



Fonte: www.ibiritermo.com.br

3.2 Diferenças entre reatores de terra e marítimos

Os reatores do tipo marinho diferem de reatores de energia elétrica comerciais terrestres em vários aspectos.

Enquanto reatores terrestres em usinas nucleares podem produzir até cerca de 1600 megawatts de potência, um reator típico propulsão marítima produz não mais que algumas centenas de megawatts. Considerações de espaço ditam que um reator marinho deve ser fisicamente pequeno, por isso deve gerar maior potência por unidade de espaço. Isto significa que os seus componentes são sujeitos a tensões maiores do que as de um reator em terra. Seus sistemas mecânicos devem funcionar perfeitamente nas condições adversas encontradas no mar, incluindo vibração e o caturro e jogo de um navio que opere em mares revoltos. Mecanismos de desligamento do reator não pode contar com a gravidade para a queda das hastes de controle no lugar, como em um reator de terra que permanece sempre na posição vertical. A corrosão da água salgada é um problema adicional que complica a manutenção.

O combustível em um reator marítimo possui tipicamente um enriquecimento mais elevado (isto é, contém uma concentração mais elevada de U235 comparado com U238 como já vimos) do que o utilizado numa central elétrica nuclear terrestre. Alguns reatores marinhos utilizam urânio enriquecido com teor relativamente baixo que requer reabastecimento mais frequentes. Outros porém operam com urânio altamente enriquecido, variando de 20% U235, à mais de 96% U235 encontrado em submarinos norte-americanos, em que o núcleo menor resultante é mais silencioso em operação (a grande vantagem de um submarino). Usando combustível mais altamente enriquecido também aumenta a densidade de potência do reator e prolonga a vida útil da carga de combustível nuclear, mas é mais caro e um maior risco de proliferação nuclear do que o combustível menos enriquecido.

A planta de um propulsor marítimo nuclear deve ser projetada para ser altamente confiável e autossuficiente, necessitando minimamente de manutenção e reparo, que poderão ter de ser realizado a muitas milhas de seu porto de origem. Uma das dificuldades técnicas na concepção de elementos de combustível para um reator nuclear de mar é a criação de elementos de combustível que irão suportar uma grande quantidade de danos da radiação. Elementos combustíveis podem rachar ao longo do tempo e bolhas de gás pode formar. O elemento combustível utilizado em reatores marinhos é uma liga de metal-zircônio em vez do óxido de urânio cerâmico, muitas vezes usado em reatores terrestres. Reatores marítimos são projetados para a vida longa do núcleo, habilitada pelo enriquecimento relativamente elevado do urânio e pela incorporação de um "combustível tóxico" nos elementos de combustível, que é lentamente consumido conforme os elementos de combustível venham a se tornarem menos reativos. A dissipação gradual do "veneno

nuclear" aumenta a reatividade do núcleo para compensar a diminuição da reatividade dos elementos combustíveis envelhecidos, prolongando assim a vida útil do combustível. Fornecendo uma blindagem interna de nêutrons, a qual reduz o dano do bombardeio constante de nêutrons no aço, aumentando a vida útil do reator.

3.3 Embarcações militares

Sob a direção do Almirante (então capitão) Hyman G. Rickover, o design, desenvolvimento e produção de plantas de propulsão marítimo-nucleares começou nos EUA na década de 1940. O primeiro protótipo de reator naval foi construído e testado no Centro de Reator Naval na Estação de Teste de Reatores Nacional em Idaho (agora chamado de Laboratório Nacional de Idaho), em 1953. O primeiro submarino nuclear, o USS Nautilus, foi lançado ao mar em 1955.

A União Soviética também desenvolveu submarinos nucleares. Os primeiros tipos desenvolvidos foram a classe November, a primeira das quais, o K-3 "Leninskiy Komsomol", estava em operação sob o poder nuclear em 04 de julho de 1958.

A energia nuclear revolucionou o submarino, finalmente tornando-se um verdadeiro navio "debaixo d'água", em vez de um ofício "submersível", que só podia ficar submerso por períodos limitados. Ele deu ao submarino a capacidade de operar submerso em altas velocidades, comparáveis aos de navios de superfície, por períodos ilimitados, dependentes apenas da resistência de sua tripulação.

Nautilus levou ao desenvolvimento paralelo de novos submarinos da classe Skate, alimentado por reatores únicos, e um

cruzador, USS Long Beach, em 1961, alimentado por dois reatores. O porta-aviões USS Enterprise, encomendado em 1961, foi alimentado por oito unidades de reatores.

3.4 Embarcações civis

Movido a energia nuclear, navios mercantes civis, não se desenvolveram além de alguns navios experimentais. Os EUA construíram o NS Savannah, concluído em 1962, foi principalmente uma demonstração do poder nuclear civil e era muito pequeno e caro para operar economicamente como um navio mercante. O projeto foi muito de um compromisso, não sendo nem um cargueiro eficiente nem um navio de passageiros viável. A embarcação alemã Otto Hahn, um navio de carga e de pesquisa, navegou cerca de 650.000 milhas náuticas (1,2 milhão quilômetros) em 126 viagens com mais de 10 anos sem quaisquer problemas técnicos. No entanto, revelou-se muito caro para operar e foi convertido em diesel. O Mutsu, embarcação japonesa, foi marcado por problemas técnicos e políticos. Seu reator teve vazamento de radiação significativa e pescadores protestaram contra a operação do navio. Todos estes três navios utilizavam urânio pouco enriquecido. Sevmorput, navio-farol soviético e depois da Rússia com capacidade de quebra-gelos, tem operado com sucesso na Rota do Mar do Norte desde que foi comissionado em 1988. A partir de 2012, é o único navio mercante de propulsão nuclear em serviço.

Navios nucleares civis sofrem com os custos de infraestrutura especializada. O Savannah era caro, uma vez que exigiu muitos custos iniciais para o primeiro navio da sua classe e um navio civil nuclear, bem como os custos para uma equipe nuclear de terra, e instalações de manutenção. Como só houve um navio, foi uma infraestrutura cara para uma única unidade. Uma frota nuclear maior

seria capaz de usar a mesma infraestrutura reduzindo custos incrementais sucessivos: cada navio seria mais barato do que o último.

Figura 8 - Platina de um Oficial de Maquinas do NS Savannah



Fonte: en.wikipedia.org

3.5 Navios quebra-gelo

Propulsão nuclear tem provado ser tecnicamente e economicamente viável para quebra-gelos no Ártico soviético. Navios nucleares operam durante anos sem reabastecimento, e os navios têm motores potentes, bem adequados à tarefa de quebra-gelo.

O quebra-gelo soviético Lenin foi o primeiro navio de superfície movido a energia nuclear do mundo em 1959 e permaneceu

em serviço por 30 anos (novos reatores foram montados em 1970). Isso levou a uma série de quebra-gelos maiores, a classe Arktika de 23.500 toneladas com seis navios, lançada no início de 1975 por exemplo. Estes navios têm dois reatores e são usados em navegações de águas profundas do Ártico. NS Arktika foi o primeiro navio de superfície a chegar ao Polo Norte.

Para utilização em águas rasas, como estuários e rios, quebra-gelos de classe Taymyr, de calado pequeno, estão sendo construídas na Finlândia e, em seguida, equipado com seu sistema de propulsão nuclear de reator único na Rússia. Eles são construídos para estar em conformidade com normas internacionais de segurança para os navios nucleares.

3.6 Submarinos

É difícil falar a respeito da evolução da propulsão elétrica e não mencionar os submarinos, onde foi precisa a criação deste sistema de propulsão ao final do século XIX.

Os submarinos não nucleares não podem acionar seus geradores movidos por motores de combustão interna no período em que estiverem submersos, isto devido ao requerimento da combustão que precisa de uma quantidade de ar que não pode ser obtida embaixo d'água.

Devido à falta de comburentes, o oxigênio, os MCI só funcionam no momento em que o submarino encontra-se na superfície da água ou enquanto está próximo a ela, podendo utilizar o equipamento chamado "snorkel". Ligados os MCI, eles fornecem energia para a recarga das baterias e para o motor elétrico de propulsão (MEP). Ao submergirem, os submarinos fazem uso apenas da energia que foi armazenada nas baterias, alimentando toda a embarcação, inclusive os MEP.

O modo de propulsão utilizado nos submarinos não nucleares continua o mesmo desde o momento que foi inventado, sua necessidade de mergulho força que essa solução acabe não podendo ser substituída, o que melhora com o passar do tempo é apenas a tecnologia utilizada pelas baterias.

A utilização desta forma de propulsão é impraticável em navios mercantes, pois os acumuladores de energia diminuiriam o espaço útil dos navios e aumentariam também o deslocamento do navio, podendo comprometer a estabilidade. Existem também manobras para a carga das baterias em submarinos que requerem a remoção de toda a tripulação de bordo para a terra. Isso é impraticável em um navio mercante, pois este precisa seguir com seu plano de navegação com rapidez.

4 Considerações finais

Neste trabalho foram apresentadas as características da energia nuclear, seus malefícios e benefícios e também uma base conceitual para sua utilização a bordo. Abordou também a forma que diversas embarcações nucleares foram introduzidas no mercado, como foi sua aceitação e os motivos de sua pouca utilização.

Com o objetivo de demonstrar a viabilidade da propulsão nuclear devido à suas grandes vantagens como eficiência, combustível durável e energia limpa este trabalho apontou varias utilizações bem sucedidas desta tecnologia.

Por fim observa-se que a propulsão nuclear possui também diversos perigos que devem ser levados a sério para que recursos nucleares não se tornem tragédias históricas, há também a falta da mão de obra especializada no assunto uma vez que seja uma tecnologia muito complicada e também perigosa sendo necessárias diversas leis e regulamentos para evitar novos desastres.

REFERÊNCIAS

Fissão nuclear do urânio. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Nuclear_fission.svg>. Acesso em: 25 jul. 2015, 16:00:00.

Fusão nuclear. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:D-T_fusion.svg>. Acesso em: 25 jul. 2015, 16:00:00.

Reator nuclear. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/imagens/040175110314-reator-nuclear.jpg>>. Acesso em: 25 jul. 2015, 16:00:00.

Armazém de combustível nuclear descartado. Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/uploadedImages/org/Nuclear_Basics/Storage_pool_Areva.jpg>. Acesso em: 25 jul. 2015, 16:00:00.

Turbinas de ação e reação. Disponível em: <http://www.daviddarling.info/images/impulse_and_reaction_turbines.png>. Acesso em: 25 jul. 2015, 16:00:00.

Caixa redutora. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABGCkAA/projetos-mecanicos>>. Acesso em: 25 jul. 2015, 16:00:00.

Turbo gerador. Disponível em: <http://www.ibiritermo.com.br/images/desenho_turbogerador.jpg>. Acesso em: 25 jul. 2015, 16:00:00.

Platina de um Oficial de Maquinas do NS Savannah. Disponível em: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a7/Ns-savanna-eng.jpg/140px-Ns-savanna-eng.jpg>>. Acesso em: 25 jul. 2015, 16:00:00.