CAPÍTULO 4

PROPULSÃO NUCLEAR[1]

Alixandro Werneck Leite[2]
Jonathan de Araujo de Assis[3]
Fernanda das Graças Côrrea[4]

INTRODUÇÃO

A energia nuclear é uma das fontes de energia mais limpas no planeta. O Estado figura como o principal ator no desenvolvimento da tecnologia nuclear, sobretudo pelo alto grau de sensibilidade tecnológica envolvida nos processos científicos, além do regime internacional de segurança e salvaguardas para monitorar as atividades nucleares dos países que a este se sujeitam.

Devido ao potencial de aplicabilidade dual da tecnologia nuclear, é possível que, a partir do desenvolvimento de meios militares que empreguem o uso da tecnologia nuclear, projetos estratégicos civis sejam beneficiados. De maneira análoga, os avanços alcançados em projetos de natureza civil podem implicar benefícios para eventuais projetos militares.[5] Ainda, os sofisticados processos que são empregados nos produtos de natureza nuclear possibilitam sua aplicação em diversos setores.

1. Os autores apontam um especial agradecimento aos técnicos do Ipea, Fabiano Mezadre Pompermaier e Israel de Oliveira Andrade, e ao parecerista do segmento de *propulsão nuclear*, o capitão de fragata Francisco Joailton de Lima, pelas importantes ponderações, sem as quais não se poderia aperfeiçoar ainda mais este trabalho.
2. Assistente pesquisa III da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea. Mestre em estudos internacionais pelo Instituto de Estudos Internacionais da Universidade do Chile.
3. Auxiliar de pesquisa da Diset/Ipea. Graduando em relações internacionais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp).
4. Assistente técnica 4 na Assessoria de Planejamento Estratégico da empresa Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. Doutoranda na área de concentração estudos estratégicos do Programa de Pós-graduação em Ciência Política da Universidade Federal Fluminense (UFF).
5. Em linhas gerais, ao processo de transbordamento de uma tecnologia militar para o setor civil, dá-se o nome de *spin-off*, ao passo que quando uma tecnologia civil é traduzida para o meio militar é considerada *spin-in*.

Desde a década de 1950, por exemplo, os Estados Unidos e a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) desenvolveram sistemas de energia nuclear para aplicação espacial. Alguns desses sistemas funcionaram em escala laboratorial, alguns sendo empregados em dezenas de missões espaciais (IAEA, 2005). Atualmente, são consideradas alternativas de natureza nuclear para a realização de missões espaciais, tendo em vista que essa tecnologia poderia aprimorar alguns processos empregados nesse tipo de missão, como a capacidade de transportar grandes cargas e a redução do nível de exposição dos tripulantes à radiação (IAEA, 2005).

Em nível nacional, um exemplo da potencial dualidade da tecnologia nuclear é o projeto do submarino com propulsão nuclear, que se caracteriza enquanto um instrumento para fins militares. Contudo, o conhecimento em tecnologia de reatores gerado a partir deste projeto pode contribuir no desenvolvimento de reatores que vão desde o emprego na medicina e pesquisa até a geração de energia.

Ainda em 1938, os físicos alemães Otto Hahn e Fritz Strassmann descobriram que o elemento urânio tinha a capacidade de alta produção de energia, quando exposto a condições químicas específicas (Teixeira, 2007). Todavia, a aplicação dessa descoberta para fins militares ocorreu apenas em 1945, quando houve a primeira explosão de um artefato nuclear, nos Estados Unidos. No mesmo ano, duas bombas nucleares foram lançadas sobre o Japão, nas cidades de Hiroshima e Nagasaki, fato que marcou o início da *era nuclear*.

Na Guerra Fria, momento histórico subsequente ao término da Segunda Guerra Mundial, os dois principais fundamentos que balizaram as relações entre os países foram o de superpotência, que significava, sobretudo, o porte de armamentos nucleares, e o de bipolaridade, que explicava a disputa pela hegemonia internacional entre duas unidades políticas distintas das demais (Buzan e Hansen, 2012). Uma das manifestações da bipolaridade durante a Guerra Fria foi a política geoestratégica de contenção, que pode ser entendida como a estratégia estadunidense de cercear o bloco soviético com aliados. As perspectivas geopolíticas formuladas no âmbito dos Estados Unidos estimulavam ações intervencionistas do país nas *zonas de influência* do bloco soviético.

Em grande medida, o fator tecnológico condicionou as relações entre as grandes potências, uma vez que a obtenção da tecnologia nuclear por um país possibilita um maior poder de barganha para exercer internacionalmente um papel mais relevante, em defesa de seus interesses (Buzan e Hansen, 2012). Nesse sentido, para melhor compreensão da dinâmica da Guerra Fria, é importante termos em mente as discussões que permeiam o conceito de *dissuasão*.

Segundo Lebow (2008), a dissuasão reside na capacidade de um Estado fazer com que o outro execute algo conforme o seu interesse. O enfoque desta influência estaria na tentativa preventiva de se evitar um dano generalizado, como no caso do uso de uma arma nuclear, ou seja, as perdas atreladas a um conflito nuclear seriam bem maiores que os ganhos possíveis.

Outro importante teórico sobre o assunto é Schelling (1966), o qual compreende que, para o exercício da dissuasão, é necessário que não exista entre os atores uma substantiva assimetria em termos de poder militar. Outrossim, uma eventual supremacia militar por parte de um dos atores não condicionaria uma ação dissuasória.

Nesse sentido, o fundador da teoria neorrealista, Kenneth Waltz, argumenta que, durante a Guerra Fria, a União Soviética assumiu uma postura de dissuasão passiva, evitando o conflito com os Estados Unidos (Waltz, 1964[6] *apud* Buzan e Hansen, 2012). Tal argumento advém da visão neorrealista de que a bipolaridade disciplinava os líderes das grandes potências estatais. Um dos pressupostos do neorrealismo de Waltz é o de que os Estados são atores racionais, portanto, a União Soviética compreendia que o equilíbrio da bipolaridade nuclear seria de seu próprio interesse, sendo uma opção melhor que uma política militar expansionista (Buzan e Hansen, 2012).

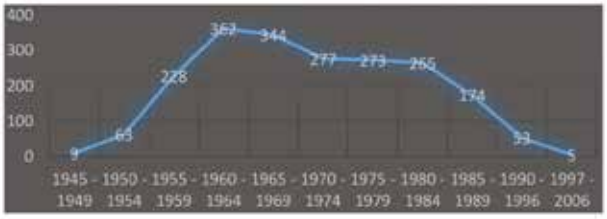
Em grande medida, o ambiente da Guerra Fria motivou a realização de numerosos testes nucleares,

6. Waltz, K. The stability of a bipolar world. *Daedalus*, v. 93. n. 3, p. 881-909, 1964.

sobretudo pela crescente tensão da bipolaridade das potências nucleares. O gráfico 1 demonstra a evolução dos testes nucleares desde 1945 até a assinatura do Tratado de Interdição Completa de Ensaios Nucleares (Ticen), em 1996.

Gráfico 1

Evolução dos testes nucleares no mundo (1945-1996)



Fonte: Fedchenko e Hellgren (2007)

A primeira queda nos números de explosões nucleares deu-se durante a década de 1960. Foi nesse período que Estados Unidos, Reino Unido e União Soviética assinaram o Tratado de Interdição Parcial de Ensaios Nucleares (1963),[7] o que, dada a natureza específica do documento, não impediu a continuidade dos programas nucleares dos países em questão. Apenas em 1996 foi assinado o Tratado de Interdição Completa de Ensaios Nucleares, documento que, somado a outros arranjos normativos, praticamente extinguiu as explosões nucleares no mundo.[8]

Ainda, a década de 1960 marcou a criação de dois mecanismos de regulação nuclear que, hoje, orientam as ações do Brasil no âmbito da finalidade de tecnologias nucleares: o Tratado de Tlatelolco (1967)[9] e o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP), em 1968.[10] O primeiro possui uma característica regional, ao passo que o segundo traduz um projeto internacional de não proliferação e desarmamento.

Efetivamente, o Brasil aderiu ao Tratado de Tlatelolco apenas na década de 1990, porém apresentou um compromisso político com este tratado desde a abertura de assinaturas, em 1967. A conjuntura das negociações para a formulação do tratado fora influenciada pelo evento da Crise dos Mísseis, em 1962.

Em 22 de outubro de 1962, o então presidente dos Estados Unidos, John Kennedy, anunciou a imposição de uma quarentena contra Cuba, sob a justificativa de que o país caribenho acumulava armas militares de tipo ofensivo provenientes da URSS. Para o governo estadunidense, dada o potencial de alcance dos armamentos em questão, este fato constituía uma ameaça à segurança hemisférica (Avila, 2012). Nesse sentido, em mensagem direcionada à sociedade estadunidense, Kennedy afirmou que a posição de seu governo se orientava a fim de evitar o emprego de armamentos nucleares na região, garantindo a paz e a liberdade hemisféricas.

Segundo Avila (2012), o apoio da URSS ao governo de Fidel Castro poderia elevar o prestígio e a moral no bloco comunista e nos países em desenvolvimento, além de possibilitar ganhos político-diplomáticos e estratégicos. Cabe ressaltar, nesse sentido, a presença de mísseis estadunidenses em países como Turquia, Itália e Inglaterra. Por meio de troca de mensagens entre os governos de Estados Unidos e URSS, o mandatário soviético, Nikita Kruschev, reforçou o incômodo que os mísseis estadunidenses estacionados na Turquia causavam à sua administração (United States, 2001). Após cinco dias de intensas negociações, Kennedy e Kruschev alcançaram um entendimento que deu fim às tensões relacionadas à questão cubana.

7. O Tratado de Interdição Parcial de Ensaios Nucleares proibiu a execução de testes nucleares executados no espaço, na terra ou no mar. Apenas foi permitida a execução de testes subterrâneos, o que explica os números contínuos do gráfico 1 apesar do tratado de 1963.
8. Os cinco testes nucleares realizados no período 1997-2006 dizem respeito às atividades de Índia, Paquistão e Coreia do Norte (Fedchenko e Hellgren, 2007).
9. Nome convencionalmente dado ao Tratado para a Proibição de Armas Nucleares na América Latina e o Caribe.
10. O Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP) foi aberto para assinaturas em 1968, com sua implementação efetiva a partir de 1970. Dos 193 países-membro da Organização das Nações Unidas (ONU), 191 países vincularam-se ao tratado. Os dois países que não se inserem no escopo do TNP são Índia e Paquistão. Em particular no caso da Coreia do Norte, destaca-se que os Estados-parte do TNP divergem sobre a validade de sua retirada do escopo do acordo.

> Para o Brasil, os desdobramentos imediatos da crise dos mísseis também parecem terem sido positivos. Em um contexto geral de democracia interna, a denominada Política Externa Independente permitiu que o país sul-americano ganhasse prestígio e legitimidade externa. Assim, por exemplo, a iniciativa brasileira em favor da desnuclearização da América Latina recebeu elogios públicos e privados da maioria dos atores internacionais do continente e do mundo (Avila, 2012, p. 388).

Dessa forma, o objetivo fundamental do Tratado de Tlatelolco era criar uma Zona Livre de Armas Nucleares (ZLAN) na região da América Latina e Caribe.[11] Em suma, uma ZLAN é um espaço geográfico dentro do qual os Estados assumem o compromisso de não só proibir o emprego de armamentos nucleares, mas também estendendo o embargo para testes, fabricação, aquisição e instalação de processos que tenham a finalidade de desenvolvimento de uma arma nuclear (figura 1).

Em 1969, para garantir a execução dos termos estipulados pelo tratado, os Estados-membro criaram a Opanal, órgão que se responsabilizaria pela fiscalização e manutenção do acordo. Além da ZLAN criada na região da América Latina e do Caribe, existem outras seis zonas que são livres das armas nucleares: a Antártida (Tratado Antártico), a Pacífico Sul (Tratado de Rarotonga), o Sudeste Asiático (Tratado de Bagkok), a África (Tratado de Pelindaba), a Ásia Central (Tratado da Ásia Central) e a Mongólia.[12]

Figura 1
Zonas Livres de Armas Nucleares

Fonte: Opanal. Disponível em: <http://goo.gl/QUwIAt>. Acesso em: 20 fev. 2015

11. Até então, o único precedente de um acordo dessa natureza fora o Tratado Antártico, de 1959.
12. O Tratado Antártico foi firmado em 1959, e entrou em vigor em 1961, estabelecendo a Antártica como uma Zona Livre de Armas Nucleares (ZLAN). O Tratado de Rarotonga foi assinado em 1985 e entrou em vigor no ano seguinte. O Tratado de Bangkok foi assinado em 1995 por todos os membros da Associação de Nações do Sudeste Asiático (Asean), entrando em vigor em 1997. O Tratado de Pelindaba foi aberto para assinaturas em 1996, no Cairo, e foi assinado por 55 países, porém apenas onze já o ratificaram. O Tratado da Ásia Central foi assinado em 2006, e entrou em vigor a partir de 2009, sendo o primeiro tratado dessa natureza a ser ratificado no hemisfério norte. Além desses tratados, destaca-se que a Mongólia declarou seu território livre de armas nucleares em 1992, e, em 2000, adotou legislação que normatizou sua posição de Estado livre de armas nucleares.

O Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares, aberto para assinaturas em 1968 e em vigor desde 1970, é um arranjo normativo que visa o pleno desarmamento mundial de armas nucleares por meio da cooperação em matéria de aplicações pacíficas da tecnologia nuclear, bem como busca impedir a disseminação de armas desta natureza. A fim de garantir a execução dos termos contemplados pelo tratado, foi atribuído à Agência Internacional de Energia Atômica (International Atomic Energy Agency – IAEA),[13] criada em 1957, com sede em Viena, a responsabilidade pela fiscalização do sistema de salvaguardas estipulado com o objetivo de garantir a não proliferação e o desarmamento.

O TNP estipula deveres tanto para os Estados detentores da tecnologia de armamentos nucleares, quanto para aqueles desnuclearizados. O TNP estabeleceu uma distinção clara entre Estados nucleares e não nucleares, ou seja, "Estados que estariam negociando questões nucleares em termos de dissuasão e Estados que estariam negociando questões nucleares em termos de não proliferação" (Herz e Missari, 2012, p. 4).

Em sinergia com seus princípios constitucionais, o Brasil contribui, sobretudo a partir da década de 1990, com as negociações que permeiam os temas de não proliferação e desarmamento nucleares no âmbito político-estratégico internacional. O país é signatário do TNP desde setembro de 1998, compreendendo que a execução de arranjos normativos com o objetivo de reduzir ou eliminar os armamentos nucleares, quando firmadas em âmbito multilateral, pode beneficiar um ambiente de confiança mútua entre os Estados (Brasil, 2012). Todavia, o TNP tem sido alvo de críticas brasileiras, sobretudo pelos tímidos avanços no sentido do desarmamento nuclear dos Estados nuclearizados,[14] além do tratamento diferenciado disposto a alguns Estados e pelo temor que o regime possa ser uma ameaça ao acesso à tecnologia nuclear. Em 1998, Índia e Paquistão (gráfico 1) promoveram testes nucleares, contrariamente à lógica do regime de salvaguardas estipulado pelo TNP.

De acordo com o Livro Branco de Defesa Nacional (Brasil, 2012), o tratamento diferenciado disposto aos países que praticam testes nucleares soma-se ao desequilíbrio das obrigações relacionadas aos três pilares do TNP – a não proliferação, o desarmamento e o direito aos usos pacíficos da energia nuclear –, sobretudo no que se refere ao primeiro. Ainda, as reduções numéricas de arsenais nucleares não significaram, de modo geral, a redução da proeminência dessas armas nas doutrinas estratégicas (Brasil, 2012). Sob este contexto, a postura brasileira tem sido de resistência à adesão aos acréscimos do TNP sem antes serem atingidos avanços na esfera do desarmamento nuclear. Dessa forma, para compreender a questão do desenvolvimento do segmento de propulsão nuclear no Brasil, faz-se necessário considerar os fatores internacionais que podem influenciar as ações em âmbito interno, dada a sensibilidade da temática nuclear para os países, bem como os embates domésticos da política nacional.

A partir de uma perspectiva histórica, evidencia-se que a questão nuclear no Brasil se faz presente desde os anos 1930, ganhando maior destaque quarenta anos depois, a partir da década de 1970, por meio da execução de programas nucleares com a finalidade de modernizar o país. Desde meados da década de 1980, sobretudo após o período da redemocratização, os governos brasileiros promoveram crescente participação no debate internacional sobre o tema, refletindo diretamente nas adesões do país aos acordos internacionais no campo da não proliferação, tais como: Regime de Controle de Tecnologia de Mísseis (1995), Grupo de Supridores Nucleares (1996), Tratado de Proibição Completa de Testes Nucleares (1996), Tratado de Tlatelolco (1994) e Tratado de Não Proliferação Nuclear (1998).

Da mesma forma, cabe destacar as relações bilaterais com a Argentina, onde a questão nuclear apresentou avanços significativos no entendimento de uma agenda comum, sobretudo a partir da década de 1990. Assim, enquanto resultados dos esforços empreendidos por estes países na questão nuclear, pode-se destacar a criação, em 1991, da Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC).

13. A abertura de assinaturas para a fundação do Estatuto da Agência Internacional de Energia Atômica (International Atomic Energy Agency – IAEA) foi realizada em 1956, em Nova Iorque, a partir de um esboço elaborado por um grupo de vinte nações, entre elas: África do Sul, Austrália, Bélgica, Brasil, Canadá, Estados Unidos, França, Índia, Portugal, Reino Unido, Tchecoslováquia e União Soviética.

14. As providências para o desarmamento nuclear previstas no Art. VI do TNP não foram implementadas e a inobservância desse objetivo perpetua o desequilíbrio do TNP (Brasil, 2012).

Nesse sentido, infere-se que o país tem consolidadas garantias na área de não proliferação. O arranjo normativo implícito à ABACC não possui precedentes e submete o Programa Nuclear Brasileiro a duas organizações internacionais. Além dos acordos supracitados, a Constituição Federal de 1988 (CF/1988) veda a utilização da energia nuclear para fins não pacíficos (Brasil, 1988).

Assim, a atuação internacional do Brasil na área nuclear visa reforçar a independência do país, ao mesmo tempo em que busca garantir a compatibilidade das normas internacionais com a capacitação tecnológica autônoma, inclusive em setores estratégicos, como o nuclear (Brasil, 2012).

Por meio de esforços autônomos, o país desenvolveu capacidades nucleares, inserindo-se no grupo de países que detêm a tecnologia nuclear. Da mesma forma, domina todo o processo de produção do combustível e possui jazidas de urânio em quantidades suficiente para atender suas necessidades. Cabe destacar que o uso da tecnologia nuclear no Brasil é voltado, exclusivamente, para aplicações pacíficas. O principal objetivo no setor nuclear é a autonomia tecnológica da indústria nuclear brasileira, essencial para o desenvolvimento (Brasil, 2012).

Por fim, conclui-se que a questão nuclear brasileira se associou, historicamente, às temáticas de segurança, desenvolvimento e autonomia tecnológica em relação a potências estrangeiras. Contudo, segundo Herz e Lage (2013), enquanto o Brasil é considerado por alguns países como um ator responsável que conduz relações nucleares exemplares regional e internacionalmente, outros o entendem como um ator contestador da ordem internacional, sendo seu programa nuclear alvo de preocupações.

Além dos fatores políticos anteriormente explicitados, a questão nuclear também conjuga um potencial econômico e energético que deve ser considerado, especialmente pelo entendimento brasileiro da tecnologia nuclear enquanto instrumento modernizador e fomentador do desenvolvimento nacional.

De acordo com estatísticas da Agência Internacional de Energia, a energia nuclear representava 4,8%, em 2012, de toda oferta de energia em nível mundial. A título de comparação, em 1973 a participação da energia de origem nuclear representava apenas 0,9% da oferta mundial (IAEA, 2012). O crescimento evidenciado expressa a crescente importância da energia nuclear enquanto alternativa para atender às demandas mundiais.

Nesse sentido, as crescentes preocupações acerca do nível de emissões de gases de efeito estufa (GEEs), bem como o gradativo aumento da demanda mundial pela energia elétrica, têm inserido a matriz nuclear nos debates contemporâneos sobre a produção de energia. Todavia, os aspectos comerciais e energéticos da matriz nuclear compõem apenas uma parte dos debates que permeiam a questão da tecnologia nuclear. Deve-se ter em mente os fatores políticos e estratégicos que o desenvolvimento da tecnologia nuclear agrega, sobretudo em vista da capacidade destrutiva que armamentos desta natureza provaram possuir. Dessa forma, adequar a utilização desse tipo de energia com as preocupações em nível internacional, expressas por meio do regime de normas que visam a não proliferação nuclear, tem-se apresentado como a questão fundamental para compreender o desenvolvimento dessa tecnologia no Brasil.

Efetivamente, o Brasil é detentor de uma das maiores reservas de urânio do mundo, ainda que o processo de prospecção de novas jazidas do mineral não tenha avançado desde 1997 (gráfico 2). Ademais, o país atesta a natureza pacífica de seu programa nuclear por meio do compromisso com mecanismos de salvaguardas regionais e internacionais, apesar do histórico de resistência aos termos do Tratado de Não Proliferação.

Segundo a Indústrias Nucleares do Brasil S. A. (INB),[15] os trabalhos de prospecção e pesquisa mineral com a finalidade de encontrar concentrações de urânio foram realizados em apenas 25% do território nacional. Não obstante, as reservas do mineral evoluíram de 6,3 mil toneladas de *yellow cake*, em 1973, para cerca de 309 mil toneladas (gráfico 2).

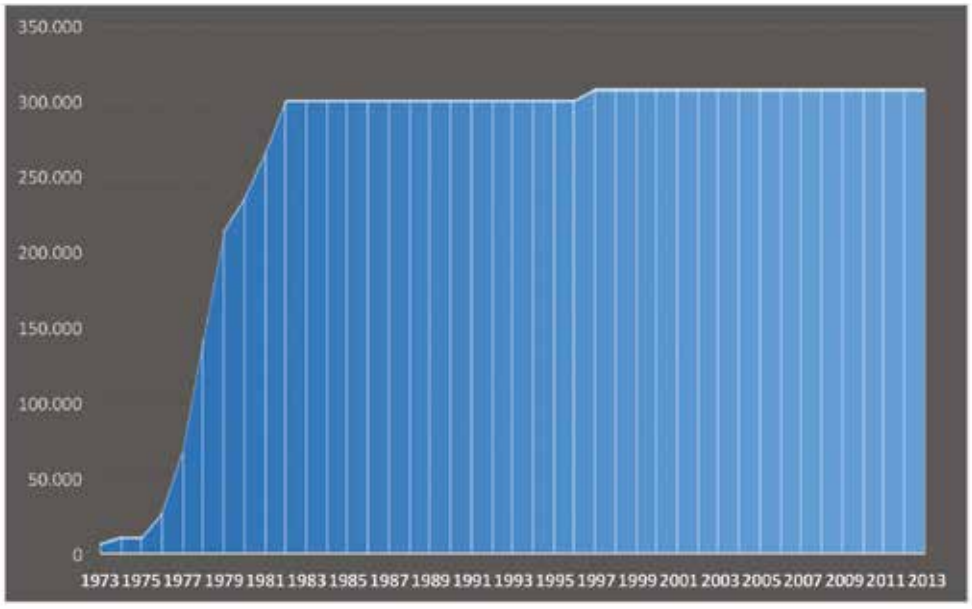
A dimensão dos esforços empreendidos para a prospecção do mineral nuclear em território nacional sugere que o tamanho das reservas brasileiras de urânio pode ser ampliado com novos trabalhos de pesquisa mineral e prospecção (Brasil, 2007). A disponibilidade de grandes concentrações de urânio beneficia a produção, por meio de procedimentos que envolvem alto grau tecnológico do combustível nuclear para aplicações em reatores.

15. Disponível em: <http://goo.gl/3CY5qz>. Acesso em: 26 fev. 2015.

Gráfico 2

Trajetória histórica das reservas de urânio no Brasil[1]

(Em mil toneladas)



Fonte: EPE (2014)

[1] Em toneladas de *yellow cake* (U3O8), também conhecido por *concentrado de urânio*

Dessa forma, a fim de avaliar a capacidade do país em aproveitar o potencial nuclear, deve-se ter em mente o complexo processo industrial que envolve o ciclo do combustível nuclear. Todavia, sobretudo no que se refere ao enriquecimento do urânio, este processo está inserido no âmbito político do desenvolvimento da tecnologia nuclear.

Frente a óbices de natureza técnica e tecnológica, o Brasil pode optar pela importação do urânio enriquecido de países produtores. Nesse sentido, a condição de membro dos tratados internacionais que regem as relações internacionais no âmbito nuclear favoreceria uma ação brasileira. Segundo o Plano Nacional de Energia 2030 (Brasil, 2007), apenas seis atores comercializam o urânio enriquecido: China, Estados Unidos, Japão, Rússia e dois consórcios de países europeus.[16] Porém, por apresentar fatores mais complexos do que apenas os elementos energéticos, a dependência estrangeira para o fomento de uma indústria nuclear nacional cerca-se de questionamentos de ordem política e estratégica.

Atualmente, o Brasil conta com duas usinas nucleares em operação, ambas situadas na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA): Angra I e Angra II, no estado do Rio de Janeiro (figura 2).

Em 1972, teve início a construção da primeira usina nuclear do país (Angra I), fruto de um projeto em parceria com a empresa norte-americana Westinghouse, e sua operação comercial teve início em 1985. Enquanto a primeira usina decorreu de uma aproximação com os Estados Unidos, Angra II derivou do Acordo Brasil-Alemanha, firmado em 1975. Suas obras enfrentaram diversas paralisações, sobretudo por questões econômicas, tendo sido inaugurada em 2001.

Sob a responsabilidade da estatal Eletrobras Eletronuclear, estima-se que a entrega da terceira usina nuclear do país, Angra III, será feita em 2018, após oito anos de construção. Esta integrará o CNAAA e, segundo a Eletronuclear, será capaz de produzir energia suficiente para abastecer as cidades de Brasília e Belo Horizonte durante um ano, além de dispor de tecnologia alemã.

16. . Os dois consórcios europeus em questão são: Eurodif – composto por Bélgica, Espanha, França, Irã e Itália – e Urenco – formado por Alemanha, Holanda e Inglaterra (WNA, 2015d).

Figura 2
Instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto

Fonte: Eletronuclear. Disponível em: <http://goo.gl/Qlo9Bw>. Acesso em: 15 fev. 2015

Delimitação clara do segmento

O processo de propulsão visa o estado de movimento ou de repouso de um corpo, sendo possível operacionalizá-lo por meio de diferentes métodos.[17] A empregabilidade dos meios de propulsão compreende um vasto alcance de aplicação, por exemplo, a aplicação a meios navais (como navios e submarinos), aeroespaciais (aeronaves e veículos espaciais) e terrestres (trens e automóveis). Especificamente no caso da propulsão nuclear, é realizado o aquecimento de água ou vapor por meio da energia liberada por reações nucleares, estas últimas podendo ser enquadradas em um de três modelos: propulsão por fissão nuclear, propulsão por decaimento de isótopos radioativos e propulsão por fusão nuclear (Inpe, 2015).

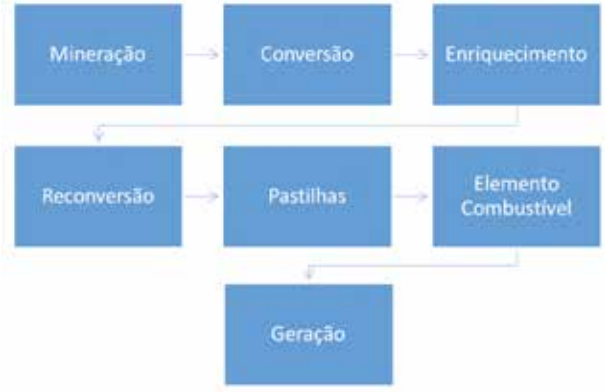
De acordo com o Livro Branco de Defesa Nacional (LBDN), o segmento de propulsão nuclear engloba dois produtos: o projeto do ciclo de combustível e o projeto de geração nucleoelétrica (Brasil, 2012). Ainda, o segmento envolve todos os processos que alteram o estado de movimento, ou de repouso, de um corpo em relação a um dado sistema de referência por meio da fonte de energia nuclear. Neste sentido, o segmento abrange, além dos produtos apresentados pelo LBDN, os mecanismos gerais por meio dos quais a propulsão é viabilizada, tais como: propulsão por fissão nuclear, propulsão por decaimento de isótopos radiativos e propulsão por fusão nuclear. Atualmente, o método mais comum empregado para a propulsão nuclear, sobretudo no Brasil, é o da fissão nuclear.

17. Podem ser empregados meios que se utilizam de fontes de energia diversas, como: a energia das ligações químicas moleculares, a energia elétrica armazenada em baterias ou proveniente de painéis solares, a energia nuclear de reações de fissão nuclear e a energia do decaimento de radioisótopo.

Em termos técnicos, para que seja realizada a propulsão nuclear, é necessária a utilização de elementos químicos específicos, tais como materiais físseis.[18] Há, portanto, uma particularidade tecnológica vinculada ao segmento. São considerados materiais físseis: o urânio 235 (U-235), o urânio 233 (U-233) e o plutônio 239 (Pu-239). A composição natural do urânio contém U-238 (99,3%), U-235 (0,7%) e uma pequena concentração de U-234 (Malheiros, 1996[19] *apud* Teixeira, 2007, p. 12). Dessa forma, os processos de enriquecimento do urânio visam elevar a concentração de U-235 (naturalmente no nível de 0,7%) para valores acima de 3%.

Para que o urânio tenha capacidade de gerar energia, além de um reator nuclear adequado, é necessário o atendimento de todos os processos do que é entendido por ciclo do combustível nuclear. A figura 4 ilustra as fases desse processo.

Figura 3
Ciclo do combustível nuclear



Fonte: INB (2015a)
Elaboração dos autores

A fase da mineração compreende a extração do minério da natureza – bem como a prospecção da jazida – e o beneficiamento deste, transformando-o no concentrado de urânio (U_3O_8), comumente conhecido como *yellow cake* (figura 4). Este composto atende a todas as tecnologias dos reatores nucleares e, no Brasil, é processado na usina de Caetité, no estado da Bahia, pela INB.

Figura 4
O ***yellow cake***

Fonte: INB. Disponível em: <http://goo.gl/iLQzZ8>. Acesso em: 10 fev. 2015

Na etapa de conversão, o *yellow cake* é convertido para o estado gasoso na forma de hexafluoreto de urânio (UF_6) após ter sido dissolvido e purificado. No mundo, apenas sete países possuem este tipo de usina em escala comercial (tabela 1). No Brasil, a capacidade de conversão do urânio está na Unidade Produtora de Hexafluoreto de Urânio (Usexa), nas dependências do Centro Experimental Aramar (CEA), que opera em nível de planta-piloto.

Na etapa de enriquecimento, o U-235 presente no hexafluoreto de urânio (UF_6) tem sua concentração aumentada de 0,7% para níveis em torno de 4%, permitindo sua utilização como combustível para geração de energia elétrica. Entre os processos conhecidos para esta etapa, apenas os métodos de difusão gasosa e de centrifugação (empregada pelo Brasil) são utilizados comercialmente.

Na fase de reconversão, o gás UF_6 é reconvertido ao estado sólido, sob a forma de pó de dióxido de urânio (UO_2). Este é o estado mais propício para a produção do combustível nuclear. No mundo, sete países detêm a tecnologia de reconversão de urânio, sendo o Brasil um deles (INFCIS, 2014).

18. Agentes químicos capazes de produzir uma reação em cadeia da quebra do núcleo dos átomos.
19. Malheiros, T. *Histórias secretas do Brasil nuclear*. Rio de Janeiro: WVA, 1996.

Tabela 1

Usinas de conversão (UF_6) em operação no mundo

País	Número de usinas de conversão
França	2
Rússia	2
Argentina	1
Brasil	1
Canadá	1
China	1
Estados Unidos	1
Reino Unido	1

Fonte: IAEA (2005) e INFCIS (2014)
Elaboração dos autores

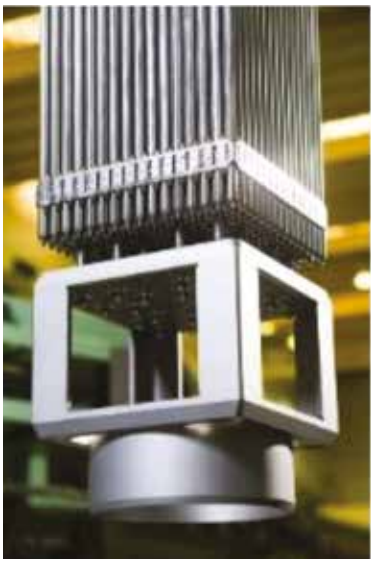
O UO_2 é então transformado em pequenas pastilhas para que possa compor o elemento combustível. Dessa forma, na etapa seguinte, as pastilhas de urânio são organizadas em tubos de uma liga metálica – o zircaloy –, formando um conjunto de varetas, cuja estrutura (figura 5) é inserida no reator nuclear.[20] No mundo, existem aproximadamente vinte plantas (uma delas no Brasil) de fabricação de combustível nuclear para reatores de água leve (WNA, 2015e).

Por fim, na fase de geração ocorre a produção de energia por meio da reação em cadeia proveniente da fissão do núcleo do átomo. Nesta etapa, a energia concebida pode atender tanto à necessidade de produção de energia nucleoelétrica, quanto ao mecanismo de propulsão nuclear. Para tanto, é necessária a aplicação dos reatores nucleares no processo final de geração.

Dessa forma, os reatores inserem-se enquanto equipamentos que, por meio da capacidade de comportar uma reação nuclear em cadeia, operacionalizam as atividades de natureza nuclear. A dimensão de utilidade desses reatores atende desde objetivos de pesquisa e desenvolvimento, até a produção de energia térmica para geração de eletricidade (nucleoelétrica) e propulsão naval (submarino nuclear, por exemplo). Nesse sentido, cabe destacar o desenvolvimento de modelos distintos de reatores de fissão: os de água leve e os de água pesada.

Figura 5

O elemento combustível



Fonte: INB. Disponível em: <http://goo.gl/aM1Ukr>. Acesso em: 10 fev. 2015

A primeira categoria foi produzida nos Estados Unidos e, posteriormente, reproduzida em outros países. Dessa maneira, duas empresas estadunidenses destacam-se no desenvolvimento de reatores que utilizam água leve: a Westinghouse, com um modelo de água pressurizada (*pressured water reactor* – PWR); e a General Eletric, com um modelo de água pesada (*boiling water reactor* – BWR). Já a categoria de reator de fissão baseado em água pesada e urânio natural foi desenvolvida por Argentina, Canadá e Índia.

Breve contextualização do segmento de propulsão nuclear no Brasil

As pesquisas nucleares nos Estados Unidos tiveram início no final do século XIX. Já na década de 1940, havia pesquisas em estágio avançado, em especial na Universidade de Chicago, no desenvolvimento de reatores nucleares. O projeto Manhattan, que ficou conhecido pelo desenvolvimento da primeira bomba atômica, teve início no contexto da Segunda Guerra Mundial. O Brasil teve uma participação direta neste projeto, à medida que, por meio do Acordo Nuclear Brasil-Estados Unidos, de 1945,

20. Um elemento combustível é formado por mais de 230 varetas combustíveis – fabricadas em zircaloy –rigidamente posicionadas em uma estrutura metálica formada por grades espaçadoras. Cada vareta tem 4 metros de comprimento e cerca de 10 milímetros de diâmetro, e nelas são armazenadas as pastilhas de UO2 adquiridas na fase de reconversão (INB, 2015b).

o governo sul-americano enviou toneladas de areias monazíticas[21] para os Estados Unidos (Kuramoto e Appoloni, 2002). Este acordo foi alvo de críticas pelos grupos autonomistas do governo brasileiro, uma vez que interpretaram no acordo o reforço da dependência do país frente aos Estados Unidos, visto que não aparentava nenhum ganho evidente para o Brasil. Apesar disso, o governo brasileiro continuou o fornecimento deste material contendo minérios radioativos até a década de 1950, quando teve início um movimento político contrário ao comércio bilateral sem transferência recíproca de tecnologia (Kuramoto e Appoloni, 2002).

Simultaneamente, no âmbito internacional, os Estados Unidos propunham a execução de medidas[22] que visavam a regulamentação do desenvolvimento de tecnologia nuclear no plano mundial. A responsabilidade pela fiscalização de eventuais violações do acordo caberia a uma agência internacional não submetida às determinações do Conselho de Segurança da Organização das Nações Unidas (ONU). Nesse caso, apesar da aproximação com os Estados Unidos, a delegação brasileira na Comissão de Energia da ONU rejeitou a proposta.

Em síntese, de acordo com Jesus (2011), é possível notar que as iniciativas brasileiras no setor nuclear durante o período do pós-Segunda Guerra Mundial foram marcadas por contradições, sobretudo pela desarmonia de intenções entre setores do governo, fortalecida pela conjuntura internacional à época. Dessa forma, enquanto um grupo defendia a celebração de acordos de cooperação econômica e estratégica com os Estados Unidos – motivado pela possibilidade de manutenção da estabilidade regional no contexto da Guerra Fria –, outra ala do governo adotou um discurso de desenvolvimento científico e tecnológico autônomos (Jesus, 2011).

Nesse contexto, e frente às críticas empreendidas ao acordo bilateral, além do crescente interesse nacional pela tecnologia nuclear, tiveram início as primeiras ações para articular bases para a formação de uma política nuclear no Brasil. Nesse sentido, foi fundado o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), em 1951, tendo como uma de suas finalidades orientar as ações do país na questão nuclear, com o objetivo de permitir ao Brasil explorar suas potencialidades de maneira independente (Jesus, 2011). O CNPq destacou-se enquanto principal agência brasileira voltada para o desenvolvimento nuclear, sobretudo por sua capacidade de articular as ações brasileiras nesta seara. Dessa forma, a criação deste conselho significou um fortalecimento dos anseios autonomistas, o que exaltou a disputa burocrática entre membros do Itamaraty – que apoiavam uma maior participação dos Estados Unidos e uma posição de exportador de matéria-prima para o Brasil – e algumas lideranças no Conselho de Segurança Nacional, no Estado-Maior das Forças Armadas e no CNPq, que defendiam uma política nuclear a favor da independência tecnológica brasileira (Jesus, 2011).

No início de 1952, foi criada a Comissão de Exportação de Materiais Estratégicos (Ceme), que passou a se responsabilizar pela venda de urânio e outros compostos minerais, além de ser encarregada pela aprovação ou modificação dos planos de exportação de quaisquer materiais estratégicos. A Ceme estava vinculada ao Ministério de Relações Exteriores (MRE), tendo o ministro de Relações Exteriores como presidente da comissão. Dessa forma, o papel do CNPq na questão nuclear restringiu-se ao apoio científico e tecnológico, afastando-se de decisões políticas. Cabe frisar ainda que as posições do CNPq e da Ceme divergiam sobre os acordos de exportação de minérios atômicos (Brandão, 2008).

Enquanto ilustração dos atritos entre as duas instituições, destaca-se a assinatura do Segundo Acordo Atômico Brasil-Estados Unidos, de 1952, que previa a exportação pelo Brasil de grandes quantidades de monazita brasileira para o país norte-americano. Nesse sentido, o CNPq opôs-se ao acordo, uma vez que não foi estipulado nenhum tipo de compensação específica para o Brasil, tal como defendido pela política do Ceme.

21. A monazita é um mineral que, além de ser uma importante fonte de tório, contém outros metais e terras raras. Devido à presença de tório em sua composição, a monazita é considerada altamente radioativa.

22. Plano Baruch.

Após a assinatura de tal acordo, o Conselho de Segurança Nacional (CSN) submeteu ao então presidente Getúlio Vargas dois documentos que pretendiam estabelecer pontos básicos para a continuidade de uma política nuclear brasileira. Em suma, os documentos propunham maior autonomia do país no comércio nuclear e a prática das compensações específicas como defendido pelos autonomistas do CNPq. O presidente Vargas deferiu a solicitação do CSN e autorizou Álvaro Alberto a negociar com países europeus, em especial com Alemanha Ocidental e França, na busca de maior autonomia em relação aos Estados Unidos (Jesus, 2011). Segundo Patti (2012), a política de compensação nas trocas nucleares manifestou o desejo da classe política brasileira em obter a mesma tecnologia detida pelas grandes potências.

O objetivo dessa política era capacitar o Brasil a produzir todas as fases da energia nuclear, motivando a construção de usinas e o treinamento de cientistas. Todavia, os governos que sucederam Getúlio após sua morte, durante o triênio de 1954-1956, mudaram profundamente a política nuclear brasileira, beneficiando o estreitamento de laços com os Estados Unidos (Patti, 2012).

Em síntese, a despeito das ações empreendidas a fim de promover uma maior autonomia do país em termos de tecnologia nuclear, o período do novo governo foi marcado por forte influência da potência norte-americana sobre a orientação do desenvolvimento nuclear no Brasil. Em 1953, o presidente estadunidense anunciou a nova política nuclear de seu país, o programa Átomos para a Paz. Tal iniciativa visava ao controle dos armamentos nucleares por meio da cooperação internacional em prol da promoção da paz, além de lançar bases para a criação da Agência Internacional de Energia Atômica, em 1957.

Sob esse contexto, o Brasil assinou com os Estados Unidos dois acordos na área nuclear: o Acordo de Cooperação para Usos Civis de Energia Atômica, que objetivava a cooperação no desenvolvimento do uso pacífico da tecnologia nuclear, e o Programa Conjunto de Reconhecimento e Investigação de Urânio no Brasil, que visava pesquisar as reservas naturais de urânio no Brasil. A assinatura de tais acordos ilustra a mudança de prioridades do novo governo, uma vez que a natureza destes acordos contestava o projeto de desenvolvimento de uma política nuclear nacional autônoma.

A partir de 1956, a política brasileira buscou conciliar uma abordagem de aproximação com os Estados Unidos e a consolidação do desenvolvimento da indústria nacional (Jesus, 2011; Patti, 2012). O governo contemplava a questão da produção e o uso da energia nuclear, sobre a qual se destaca o ponto da fabricação de combustível nuclear. Nesse sentido, buscou atender às demandas do setor mais autonomista do governo ao propor a ideia de utilização das usinas nucleares no processo expansionista da indústria nacional. Vale ressaltar que as ações adotadas em relação à questão nuclear se deram sob um contexto de desenvolvimento-associado – e não nacional-desenvolvimentismo[23] –, uma vez que havia uma estreita associação ao capital estrangeiro e aos Estados Unidos (Vizentini, 2008).

Dessa forma, é possível notar que durante a segunda metade da década de 1950, tanto práticas autonomistas quanto de alinhamento estrangeiro encontraram espaço nas políticas governamentais. A consolidação da cooperação bilateral com os Estados Unidos no âmbito nuclear se expressou por meio da continuidade das exportações de minérios radioativos. Em contrapartida, foram criadas instituições que fortaleceram as ações do país no setor nuclear, como a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), e a IAEA, ambas em 1956.

A CNEN era o órgão superior responsável por planejar, orientar e supervisionar a política nacional de energia nuclear, representando o controle brasileiro sobre as exportações de minérios nucleares, além de estimular o desenvolvimento nacional de tecnologias nucleares. De acordo com Brandão (2008), foi com a criação da CNEN que a Política Nuclear Brasileira teve, efetivamente, seu início.

23. *Nacional-desenvolvimentismo* é aqui compreendido como a "vinculação do interesse nacional com o desenvolvimento, ativado pela vontade política concentrada no Estado, de novas atividades econômicas, particularmente industriais, associadas à diversificação do mercado interno" (Bastos, 2006, p. 241).

O acordo com a Alemanha Ocidental

Em 1974, em resposta à conjuntura internacional de crise do petróleo, a Eletrobras elaborou um plano prevendo a construção de doze usinas nucleares até o ano de 1990, com o objetivo de atender às necessidades energéticas do país. Sob este contexto, o governo de Ernesto Geisel propôs um programa para adquirir, gradualmente, a tecnologia do ciclo do combustível e fundou uma empresa estatal (Nuclebrás)[24] para o gerenciamento do setor nuclear em nível nacional.

A partir da década de 1970, o Brasil aproximou-se da República Federal da Alemanha a fim de consolidar uma parceira no âmbito nuclear. O acordo entre os dois países alcançou entendimentos em nível diplomático, industrial e tecnológico.

O entendimento na esfera diplomática traduziu-se por meio do Acordo de Cooperação no Campo dos Usos Pacíficos da Energia Nuclear, documento assinado entre os ministérios das Relações Exteriores da Alemanha Ocidental e do Brasil, que constitui a principal ferramenta para o estabelecimento de negociações entre os dois países.

Em nível industrial, foi assinado, entre o Ministério de Minas e Energia (MME) do Brasil e o Ministério da Pesquisa e Tecnologia da Alemanha Ocidental, o Protocolo de Instrumentos Sobre a Implantação do Acordo de Cooperação no Campo dos Usos Pacíficos da Energia Nuclear, com o objetivo de operacionalizar o entendimento cooperativo diplomático por meio do estabelecimento de *joint-ventures* entre a Nuclebrás e as indústrias alemãs (quadro 1). Nesse sentido, foram criadas empresas subsidiárias à Nuclebrás para absorver os equipamentos e as tecnologias para a construção de centrais nucleares, além de garantir o prosseguimento do Programa Nuclear Brasileiro.

Quadro 1

Joint-ventures criadas no acordo de 1975

Empresa	Finalidade	Proprietários
Nuclebrás Auxiliar de Mineração S.A. (Nuclam)	Prospecção, mineração e conversão do urânio	Nuclebrás Urangelesellschaft
Nuclebrás Enriquecimento Isotópico S.A. (Nuclei)	Enriquecimento isotópico	Nuclebrás Kraftwerk Union Reaktor-Brennelement-Union GmbH
Nuclebrás Engenharia S.A. (Nuclen)	Reatores de potência, gradualmente construídos com componentes nacionais	Nuclebrás Kraftwerk Union
Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (Nuclep)	Equipamentos pesados	Nuclebrás Kraftwerk Union Gutehoffnungshütte Sterkrade
Nusteg	Desenvolvimento do *jet nozzle*,* na República Federal da Alemanha	Nuclebrás Steag AG
Nustep	Exploração de patentes de enriquecimento por *jet nozzle*	Nuclebrás Steag AG Interatom

Fonte: Coutto (2014, p. 199)
Elaboração dos autores
*O *jet nozzle* é um dos processos aerodinâmicos (outros processos são: centrifugação, difusão gasosa, eletromagnético e laser) para o enriquecimento de urânio. Para seu funcionamento, o processo de *jet nozzle* demanda uma corrente de gás de alta velocidade para provocar um gradiente de pressão semelhante ao processo de centrifugação (WNA, 2015d).

24. A fundação da empresa derivou do Decreto no 76.805/1975.

O Art. 1º do Acordo de Cooperação no Campo dos Usos Pacíficos da Energia Nuclear previa o fomento, pelas partes contratantes, à cooperação entre empresas e instituições de pesquisa dos dois países, englobando áreas como: prospecção e extração de minérios de urânio; enriquecimento de urânio; produção de elementos combustíveis, além do reprocessamento de combustíveis irradiados; e produção de reatores nucleares. Nesse sentido, o Art. 2º do acordo garantia que as partes contratantes seriam partidárias ao princípio de não proliferação nuclear, o que assegurava a natureza pacífica do Programa Nuclear Brasileiro.

Da mesma forma, o Art. 3º estabelecia que a concessão de equipamentos e materiais destinados à produção e ao processamento de material físsil, além da transmissão de informações tecnológicas, estava condicionada ao estabelecimento de um acordo sobre salvaguardas entre o Brasil e a Agência Internacional de Energia Atômica, a fim de garantir que a tecnologia não fosse empregada para a produção de armas nucleares.

O ponto em questão nesse acordo para o Brasil era, segundo Kuramoto e Appoloni (2002), a continuação das pretensões dos governos militares em transformar o país em uma grande potência. Para isso, a energia nuclear seria considerada a solução mais viável para o problema de dependência em relação à energia elétrica, uma vez que as hidrelétricas não supriam as carências existentes, e a importação de matérias-primas, como o carvão e o petróleo, gerava dependência frente a outros Estados. Nesse sentido, a crise do petróleo de 1973 somada à perspectiva de esgotamento da matriz hidrelétrica no Sul e Sudeste do país eram os principais problemas apontados pelos gestores à época (Brandão, 2008, p. 88).

Dessa forma, entende-se que a crise energética da década de 1970 representou uma ameaça ao crescimento econômico e à estabilidade do país, à medida que os limitados recursos de petróleo do Brasil o deixavam vulnerável às instabilidades no preço desse produto. Na mesma medida, a dinâmica política interna dos Estados Unidos influenciou na iniciativa brasileira em iniciar um programa paralelo, sobretudo pelos constrangimentos que eram exercidos sobre o programa oficial.[25]

O Programa Autônomo de Tecnologia Nuclear

Em 1979 deu-se início ao Programa Autônomo de Tecnologia Nuclear (PATN), também conhecido como Programa Nuclear Paralelo, que se pautava na busca pela aquisição de tecnologia nuclear por meios próprios. O PATN foi desenvolvido durante o período 1978-1989, e era diretamente vinculado à Presidência da República e supervisionado pelo Conselho de Segurança Nacional. Sua execução contava com a associação das áreas técnicas das Forças Armadas e da CNEN, bem como de outras instituições vinculadas a esta, como o Ipen (figura 7).

Figura 6
A organização institucional do Programa Nuclear Paralelo

Fonte: Brasil (1985)
Elaboração dos autores

Tal estrutura organizacional visava atingir condições técnicas adequadas para todas as aplicações pacíficas da energia nuclear. Por meio da associação

25. Segundo Barletta (1997), o Ato de Não proliferação, de 1978, representou um obstáculo ao programa nuclear brasileiro à medida que defendia a não cooperação nuclear com países que não o havia aceitado.

entre áreas técnicas de natureza militar e civil, "foi possível obter o máximo aproveitamento das instalações existentes e o envolvimento de considerável parte da comunidade científica brasileira representada por engenheiros, pesquisadores e técnicos" (Brasil, 1985, p. 1).

O objetivo geral do Programa Nuclear Paralelo,[26] bem como a busca pela capacidade de enriquecimento de urânio, reflete motivações de natureza civil e militar. Os desafios e as limitações enfrentadas pelo país na execução de seu programa independente ilustram as dificuldades para que um Estado em desenvolvimento atinja um estágio avançado em termos de tecnologia nuclear.

A partir de uma perspectiva estratégico-militar, o desenvolvimento nuclear brasileiro motivara-se pelos avanços da Argentina nessa questão, enquanto uma análise civil do programa nuclear sugere uma busca pelo desenvolvimento tecnológico autônomo do Brasil (Barletta, 1997). Em suma, a coalizão que motivou e realizou o programa nuclear paralelo caracterizava-se pela heterogeneidade de interesses na obtenção da capacidade de enriquecimento nuclear, tal como afirma Barletta (1997):

> a Marinha desejava o desenvolvimento da propulsão para um submarino. Técnicos e cientistas civis desejavam participar em avançadas pesquisas para o desenvolvimento nacional. O Exército aspirava um pouco mais do que sua exclusão do esforço. A Força Aérea buscava o desenvolvimento de fontes de energia para satélites (Barletta, 1997, p. 13).

Apesar da latente discordância de interesses, a heterogeneidade não causou fissuras no interior do PATN, uma vez que todos os atores envolvidos entendiam a importância da autonomia tecnológica (Barletta, 1997). Ademais, o caráter sigiloso do programa constrangia as ações dos atores, o que acabava por dirimir as tensões existentes no âmbito da coalizão.

De acordo com Chaves (2014), a estrutura que organizava o PATN era composta por instituições que não estavam sujeitas às salvaguardas e às inspeções internacionais previstas no acordo teuto-brasileiro, o que permitiu o pleno desenvolvimento das atividades do programa paralelo. Sob este contexto, o PATN atingiu o objetivo de desenvolver capacidades para o processo de enriquecimento de urânio, parte fundamental para obter autonomia na cadeia de produção do combustível nuclear.

Compreende-se, portanto, que a iniciativa do PATN estava inserida no contexto de um regime internacional de não proliferação, o qual praticava medidas restritivas com a finalidade de impedir a proliferação de armas nucleares. Contudo, as pressões internacionais exercidas sobre o acordo firmado entre Alemanha Ocidental e Brasil, a fim de impedir o acesso à tecnologia de enriquecimento de urânio, motivaram o governo brasileiro a buscar uma alternativa para o desenvolvimento de suas capacidades nucleares (Patti, 2012).

O discurso das autoridades brasileiras, no que se refere ao PATN, era o de que este obedecia aos compromissos internacionalmente firmados pelo país, além do compromisso político com o Tratado de Tlatelolco, de 1968. Apesar disso, o entendimento do Tratado de Não Proliferação Nuclear por parte da política externa brasileira como um instrumento discriminatório, o que levou a consequente rejeição do tratado, foi entendida pelos observadores internacionais como uma justificativa para a obtenção de armamentos nucleares (Barletta, 1997).

Nesse sentido, infere-se que o país esteve constrangido pelo consenso político e normativo internacional contrários à proliferação nuclear e à prática de testes atômicos pacíficos. Em termos de embates no âmbito da política interna, o discurso da autonomia tecnológica orientou as decisões tomadas pelo país no que se refere à política nuclear, além de beneficiar um entendimento entre os grupos participantes do PATN e legitimar os processos e as características do programa (Barletta, 1997).

26. De acordo com a Exposição de Motivos no 11/1985, o objetivo geral do Programa Autônomo de Tecnologia Nuclear (PATN) era desenvolver a competência nacional a fim de condicionar um amplo emprego de energia nuclear, permitindo a propulsão naval e a produção de explosivos nucleares para fins pacíficos.

Quadro 2

Objetivos específicos do Programa Nuclear Paralelo

Órgão executor	Projeto	Objetivos
Ministério da Marinha	Ciclone	Desenvolvimento de tecnologia de enriquecimento de urânio por meio do processo de ultracentrifugação* e construção de usina de demonstração
Ministério da Marinha	Remo	Desenvolvimento de tecnologia de propulsão naval, visando à construção de submarinos nucleares
Ministério do Exército	Atlântico	Desenvolvimento de tecnologia de produção de grafita nuclearmente pura, objetivando a fabricação de moderadores para reatores a urânio natural Construção de reator de pequeno porte, com urânio natural e grafita, com capacidade de produção de plutônio
Ministério da Aeronáutica	Solimões	Desenvolvimento de tecnologia de enriquecimento de urânio por laser Desenvolvimento de explosivos nucleares para fins pacíficos e urânio enriquecido
Comissão Nacional de Energia Nuclear	Procon	Produção de compostos de urânio (natural e enriquecido) necessários aos demais projetos
Comissão Nacional de Energia Nuclear	Celeste	Reprocessamento de combustível para produção de plutônio
Comissão Nacional de Energia Nuclear	Metalurgia	Preparação de urânio metálico e domínio da tecnologia necessária às suas aplicações
Comissão Nacional de Energia Nuclear		Controle radiométrico e ambiental das instalações e áreas

Fonte: Brasil (1985)

Elaboração dos autores

*O processo de ultracentrifugação necessita da ação de uma força centrífuga agindo sobre as partículas de UF_6. É um dos processos mais sofisticados para o enriquecimento de urânio, além de obter os melhores resultados em termos de eficiência de produção e de consumo de energia (Silva e Marques, 2006)

Já sob o contexto deste programa, a Marinha do Brasil delineava seu objetivo de adquirir um submarino de propulsão nuclear. Nesse sentido, e considerando a inviabilidade de obter o conhecimento dos processos nucleares por meio de transferência de tecnologia, concentrou suas pesquisas no desenvolvimento do método de ultracentrifugação[27] para o enriquecimento de urânio. Contudo, uma das limitações para a execução do projeto do submarino nuclear brasileiro à época diz respeito aos limites geofísicos da plataforma continental brasileira.

Frente a essa questão, na década de 1980, o governo brasileiro elaborou um estudo para mapear a plataforma continental do país, tendo suas conclusões obtidas e divulgadas em 2004. Depois de enviada uma solicitação junto à Comissão de Limites das Nações Unidas para o prolongamento da plataforma brasileira, o país teve seu pedido homologado em 2007. Dessa forma, segundo Corrêa (2008), o país estaria apto a dar continuidade ao projeto de capacitação tecnológica por meio do desenvolvimento do submarino nuclear.

O período da redemocratização é marcado pelo início da produção de urânio enriquecido pelo país, também tendo sido admitida publicamente a existência do Programa Nuclear Paralelo, o qual acabou incorporado às pesquisas oficiais. De acordo com Carpes (2006), duas outras medidas foram tomadas a fim de garantir a natureza pacífica do anseio brasileiro pela tecnologia nuclear: a criação do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), e a inclusão da questão nuclear na CF/1988.

Em seu texto, a CF/1988 postula que apenas serão permitidas atividades nucleares em território nacional com finalidades pacíficas e se aprovadas pelo Congresso Nacional, além de garantir o monopólio estatal sobre as atividades relacionadas aos minérios nucleares (Brasil, 1988). Ademais, a criação do Ministério de Ciência e Tecnologia, e a sua inserção

27. Originalmente, o acordo firmado com a Alemanha Ocidental previa a transferência de tecnologia do método de ultracentrifugação. Todavia, devido a pressões internacionais, a Alemanha Ocidental ofereceu o método de jato centrífugo (*jet nozzle*), que era menos econômico e menos eficaz (Brandão, 2008).

no programa nuclear, fortaleceu a premissa da natureza pacífica das atividades nucleares no país.

O precedente normativo instaurado pela CF/1988 desmotivou qualquer tendência belicista nos governos subsequentes. A menos que fossem atendidos os pré-requisitos para sua reforma, a CF/1988 garantiria a manutenção dos objetivos pacíficos do país no que se refere ao desenvolvimento da tecnologia nuclear. Ademais, a reaproximação política e econômica com a Argentina, bem como a natureza democrática do novo regime, deslegitimara medidas em vista da aquisição de armas nucleares (Barletta, 1997).

Encerrado no início da década de 1990, o PATN foi capaz de instrumentalizar o país com a tecnologia de enriquecimento de urânio em um curto espaço de tempo. O período subsequente ao término da Guerra Fria motivou a adesão de muitos países, entre eles o Brasil, ao Tratado de Não Proliferação Nuclear. Dessa forma, segundo Corrêa (2008), a capacidade nacional de modernização por meio da tecnologia nuclear foi constrangida pela inserção do país no modelo político neoliberal, bem como pelo contexto pacifista a nível internacional.

Relações com a Argentina

Alguns autores avaliam diferentes graus de relevância das relações entre Argentina e Brasil para o desenvolvimento do projeto nuclear brasileiro. De acordo com Patti (2011 *apud* Chaves, 2014), a finalidade do PATN era capacitar o Brasil com ativos estratégicos para seu futuro, garantindo total controle sobre tecnologias sensíveis.

Segundo Barletta (1997), a relação de rivalidade entre as duas potências regionais deve ser entendida enquanto fator de motivação para o projeto de desenvolvimento da capacidade nuclear brasileira. Dessa forma, o programa nuclear argentino preocupava os oficiais brasileiros pela possível aplicabilidade militar, além do estágio avançado das pesquisas argentinas (Teixeira, 1994[28] *apud* Barletta, 1997).

Da mesma forma, o desenvolvimento de capacidades nucleares estava inserido no contexto de competição política entre os dois Estados pela predominância regional. Nesse sentido, a disputa pela supremacia tecnológica traduzia-se na busca pela capacidade de enriquecimento do urânio,[29] a qual era enquadrada pelos oficiais brasileiros em uma lógica de dissuasão tecnológica. Assim, o potencial brasileiro de equiparar-se a um eventual armamento nuclear argentino desmotivaria sua construção pelo país vizinho (Neves e Silva, 1995[30] *apud* Barletta, 1997).

Contudo, a atmosfera de competição com a Argentina diminui durante o período da transição democrática. Dessa forma, o motivador fundamental para o programa nuclear paralelo foi a ambição de aprimorar a envergadura internacional do país (Flores, 1995 *apud* Barletta, 1997).

Após a redemocratização, as relações entre Argentina e Brasil sobre a questão nuclear permaneceu complexa, à medida que ambos os países ainda possuíam componentes importantes de seus programas nucleares situados fora do arranjo de salvaguardas das normas internacionais. Dessa forma, com o objetivo de melhorar a relação bilateral, o ministro de Relações Exteriores argentino sugeriu que os países negociassem um mecanismo de salvaguarda mútuo, além de renunciarem às explosões atômicas pacíficas.

O modelo previsto pela proposta argentina era o de encontros periódicos para a discussão de temas relacionados à questão nuclear – trocas de informações sobre instalações, análises atualizadas sobre possibilidades para cooperação, entre outros –,

28. Em entrevista realizada por Barletta, em 13 de novembro de 1994, em São Paulo, com o general Manoel Augusto Teixeira, diretor de planejamento do Ministério do Exército.

29. Ainda, a busca pela capacidade de enriquecimento nuclear, expressa no Programa Nuclear Paralelo, era entendida como uma *corrida pelo prestígio* com a Argentina para ser o primeiro a dominar essa tecnologia (Bocco, 1989; Fonseca, 1995 *apud* Barletta, 1997); e entrevista realizada por Barletta, em 7 de julho de 1995, em Brasília, com o almirante Mário César Flores, Secretary of the SAE during Franco Admnistration (1992-1994), minister of the Navy during Collor Administration (1990-1992) Naval attache in Buenos Aires (1976-1978).

30. Em entrevista realizada por Barletta, em 4 de outubro de 1995, em Brasília, com o ministro Luiz Augusto de Castro Neves, Executive Secretary of the SAE (1992-1995), National Security Council (1981-1987), Delegate, bilateral negotiations on Brazil-Argentina integration (1986-1987) Nember, Vargas Commission (1985-1985) Representative, IAEA Board of Governors (1978-1985).

além da realização de visitas às instalações nucleares das partes respeitando o sigilo industrial dos países (Argentina, 1985a).

Russell e Tokatlian (2002) ressaltam essa mudança de percepção ocorrida na época ao caracterizarem as relações entre os países vizinhos como *iniciativas de cooperação, integração e concertação*. Os autores explicam que, embora não estivesse ultrapassado o receio argentino pelo expansionismo brasileiro e consequente desequilíbrio de poder entre os Estados, "nessa época, o Brasil já havia deixado de ser a hipótese de conflito prioritária para o pensamento estratégico militar argentino" (Russell e Tokatlian, 2002, p. 418). Em síntese, de acordo com Itaussu (1996), a década de 1980 marcou uma nova fase de cooperação entre Argentina e Brasil.

De acordo com Mallea (2013), o governo argentino possuía três objetivos muito claros com a proposta: garantir que nenhum dos países produzisse explosivos nucleares; proporcionar garantias para a proteção de segredos industriais e prevenir retrocessos no desenvolvimento pacífico da tecnologia nuclear; e favorecer o desenvolvimento integrado das indústrias nucleares de Argentina e Brasil.

Contudo, dois eventos ocorridos em 1985 demonstraram preocupações das duas partes sobre a questão nuclear: supostas declarações do ministro do Exército brasileiro, general Leônidas Pires Gonçalves, em favor da construção de uma bomba nuclear; e o sobrevoo de um avião brasileiro sobre as instalações argentinas para o enriquecimento de urânio, localizada em Pilcaniyeu (Mallea, 2013).

Em relação às declarações do general Gonçalves, o embaixador argentino no Brasil solicitou um encontro com o ministro das Relações Exteriores brasileiro para discutir o assunto. Já a planta de enriquecimento nuclear sobrevoada pela aeronave brasileira não estava inserida no regime de salvaguardas internacionais, o que sugere uma preocupação brasileira com a discrição das atividades nucleares da Argentina.

De acordo com o relatório argentino (Argentina, 1985b), a aeronave brasileira decolou do aeroporto de São Carlos de Bariloche, Argentina, em direção ao Chile. Durante o voo, a aeronave brasileira mudou seu curso, direcionando-se à localização das instalações de Pilcaniyeu. Ademais, o relatório sugeria que fossem apresentadas notas de protesto frente às supostas atividades brasileiras.

Posteriormente, a convite do governo argentino, o então presidente brasileiro, José Sarney, visitou a planta de enriquecimento de urânio, de Pilcaniyeu, em 1987. No ano seguinte, após o anúncio brasileiro de obtenção da tecnologia de enriquecimento de urânio, o então presidente argentino, Raúl Alfonsín, visitou a planta experimental Aramar, em Iperó, São Paulo.

Ainda em 1985, sob o contexto dos dois eventos supracitados, os presidentes de Argentina e Brasil reuniram-se em Foz do Iguaçu, no estado do Paraná, para discutir a aproximação política e econômica do Cone Sul. Durante o encontro, a delegação argentina propôs a execução de um mecanismo bilateral de salvaguardas no âmbito nuclear, ao passo que a contraparte brasileira sugeriu a criação de um grupo de trabalho liderado pelos ministros de Relações Exteriores de ambos os países (Mallea, 2013). Nesse sentido, a Declaração Conjunta de Foz de Iguaçu sobre a Política Nuclear contempla a proposta brasileira. Vale ressaltar que foi a partir das recomendações dessa reunião que surgiu o Programa de Integração e Cooperação Argentina-Brasil (Picab), em 1986, o qual seria posteriormente complementado com o Ato de Amizade Brasil-Argentina,[31] em Brasília.

Apesar dos avanços atingidos na problemática nuclear, em 1986 foi denunciada a existência de túneis na Serra do Cachimbo, no estado do Pará, que seriam empregados para a execução de testes atômicos com a finalidade de desenvolver uma arma nuclear. Na mesma medida, a sucessão presidencial a ser realizada nos dois países levantou temores sobre a descontinuidade dos esforços empreendidos até então. Todavia, segundo Mallea (2013), Fernando Collor adotou três medidas essenciais que garantiram os avanços bilaterais na questão nuclear: o desmantelamento da estrutura do PATN;[32] término das atividades na Serra do Cachimbo; renúncia às explosões

31. Disponível em: <http://goo.gl/vtfk4m>. Acesso em: 20 fev. 2015.
32. O novo presidente indicado para a CNEN, José Luiz de Santana Carvalho, exerceu um importante papel na extinção do Programa Nuclear Paralelo (Mallea, 2013).

nucleares pacíficas, durante discurso na ONU. Ainda, em 1990, os presidentes de Argentina e Brasil reuniram-se em Foz do Iguaçu e aprofundaram as medidas firmadas nos governos anteriores.

Durante o encontro, foi assinada a Declaração Comum sobre a Política Nuclear, que estabelece três princípios fundamentais: a criação do Sistema de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (SCCC) para a execução de inspeções recíprocas; o início de negociações junto à IAEA para a implementação de salvaguardas com base no SCCC; e a adoção das medidas necessárias para a plena aderência ao Tratado de Tlatelolco (Mallea, 2013).

Em julho de 1991, em Guadalajara, os presidentes assinaram o Acordo para o Uso Exclusivamente Pacífico da Energia Nuclear, que previa a fundação do mecanismo responsável pela administração do SCCC: a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares.

O principal objetivo da ABACC é garantir, aos membros da Agência e à comunidade internacional, que os materiais nucleares tenham seu emprego voltado, exclusivamente, para fins pacíficos. O esforço traduzido na instituição bilateral simboliza a busca pela construção de um ambiente de confiança mútua entre os países, por meio de uma maior transparência de seus programas nucleares. Nesse sentido, a ABACC destaca-se por ser a única organização binacional de salvaguardas nucleares no âmbito internacional, além de ser a primeira organização binacional criada por Argentina e Brasil (ABACC, 2014).[33]

Ainda, foi assinado o Acordo Quadripartite (Argentina, Brasil, ABACC e IAEA), que estipulava o envio de relatórios pelos dois países para a ABACC, afirmando seus inventários nucleares. Em contrapartida, as duas instituições seriam responsáveis por fiscalizar os complexos nucleares dos dois países. Esta prática de fiscalização permitiu a consolidação de uma atmosfera de confiança mútua de alto nível (Dawood, Herz e Lage, 2015).

33. Disponível em: <http://goo.gl/qiNOOs>. Acesso em: 20 fev. 2015.

A revitalização do programa nuclear brasileiro

Na primeira década do século XXI, o tema nuclear, em especial o Programa Nuclear Brasileiro, voltou a ser um assunto presente na pauta do Estado. Segundo Carpes (2006), a inclusão do agora chamado Programa Nacional de Atividades Nucleares (Pnan) significaria que todo o assunto relacionado com produção nuclear continuaria a ser dividido em seus respectivos objetivos e estariam mantidos nos órgãos que antes os geriam. A retomada do programa favoreceu a concretização, em 2006, da produção e do domínio da tecnologia do ciclo do combustível nuclear no Brasil.

A consequência desse avanço no início do século XXI foi a inauguração da Unidade Produtora de Hexafluoreto de Urânio nas dependências do Centro Experimental Aramar,[34] em fevereiro de 2012. Da mesma forma, está prevista a conclusão do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (Labgene) para julho de 2017, o qual completa, ao lado da Usexa, os dois grandes projetos do Programa Nuclear da Marinha (PNM). Nesse sentido, o Brasil adquiriu o controle sobre todas as etapas do combustível nuclear, desde a extração do urânio até a reconversão e fabricação do elemento combustível, fonte geradora de calor para geração de energia elétrica.

A Usexa é a unidade-piloto onde se converte o minério beneficiado de urânio, conhecido como *yellow cake* em hexafluoreto de urânio (UF_6) gasoso, o qual torna possível a produção dimensionada de 40 t de UF_6 natural por ano, em escala industrial. Já o Labgene tem a finalidade de prover capacidades tecnológicas para o projeto, a construção, a operação e a manutenção de um reator nuclear do tipo *pressurized water reactor* (PWR),[35] a ser empregado na propulsão do submarino nuclear (SN-BR), além de potencial

34. O Centro Experimental Aramar (CEA) faz parte da organização do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), que é uma organização militar fundada em 1986 sob o nome de Coordenaria para Projetos Especiais (Copesp). Sua denominação foi alterada para CTMSP em 1995. Além do CEA, o CTMSP-Sede – localizado dentro da Universidade de São Paulo – completa a organização do centro.

35. O modelo de reator empregado nos submarinos nucleares e desenvolvido pela Marinha do Brasil é do tipo de água pressurizada (pressurized water reactor – PWR) constituído por três circuitos: primário, secundário e de refrigeração.

aplicabilidade para geração núcleo-elétrica. Este laboratório será composto por onze prédios principais, entre eles o prédio do reator e o das turbinas. Nestes projetos, há a participação de algumas empresas brasileiras, como a Empresa Gerencial de Projetos Navais (Emgepron), a INB e a Nuclep Equipamentos Pesados (Nuclep).

Também é possível exemplificar a revitalização e o prestígio do programa nuclear por meio dos documentos elaborados nesse período. Entre eles o Livro Branco de Defesa Nacional, que aponta o setor nuclear como estratégico para o país – reafirmando sua aplicabilidade exclusiva para fins pacíficos e a sua relevância para o desenvolvimento nacional –, e ressalta que em face do processo de construção da nova ordem internacional, cabe ao país se mobilizar a fim de capacitar-se e garantir o exercício de sua soberania, bem como de seus interesses a longo prazo (Brasil, 2012).

Além disso, a Estratégia Nacional de Defesa (END) também aponta o caráter estratégico do setor nuclear e afirma que o fato de rechaçar o desenvolvimento de armamentos nucleares não exclui a busca por tecnologia nuclear, ressaltando quatro iniciativas:

- completar, no que diz respeito ao programa de submarino de propulsão nuclear, a nacionalização completa e o desenvolvimento em escala industrial do ciclo do combustível (inclusive a gaseificação e o enriquecimento) e da tecnologia da construção de reatores, para uso exclusivo do Brasil;

- acelerar o mapeamento, a prospecção e o aproveitamento das jazidas de urânio;

- desenvolver o potencial de projetar e construir termelétricas nucleares, com tecnologias e capacitações que acabem sob domínio nacional, ainda que desenvolvidas por meio de parcerias com Estados e empresas estrangeiras. Empregar a energia nuclear criteriosamente, e sujeitá-la aos mais rigorosos controles de segurança e de proteção do meio ambiente, como forma de estabilizar a matriz energética nacional, ajustando as variações no suprimento de energias renováveis, sobretudo a energia de origem hidrelétrica;

- aumentar a capacidade de usar a energia nuclear em amplo espectro de atividades (Brasil, 2008, p. 33-34).

Historicamente, a aquisição da tecnologia nuclear era vista pelos físicos, militares e políticos como uma plataforma para alçar o país à modernidade. A retomada do projeto nuclear brasileiro durante o período 2003-2014, portanto, deve ser entendida neste contexto (Dawood, Herz e Lage, 2015).

O Programa de Desenvolvimento de Submarinos

O projeto de um submarino nuclear nasceu da tentativa do governo brasileiro de acompanhar o ritmo cientificista e tecnológico disseminado pelos Estados Unidos durante a década de 1970 (Corrêa, 2008). Nesse sentido, coube à Marinha do Brasil buscar meios viáveis para a construção do submarino nuclear que, em termos de defesa marítima, serviria ao propósito de atuar no espaço geoestratégico do Atlântico Sul.

Um importante passo para o desenvolvimento do submarino nuclear brasileiro foi o Acordo de Cooperação Brasil-França assinado em 2008, que determina a construção de quatro submarinos convencionais e da parte não nuclear do submarino nuclear para a Marinha do Brasil. Nesse contexto, o governo brasileiro pretendeu a conclusão do submarino de propulsão nuclear por meio de um acordo com estaleiros estrangeiros.

Dos países que detêm a tecnologia de construção de um submarino de natureza nuclear (China, Estados Unidos, França, Índia e Rússia), o governo brasileiro optou pela parceria com os franceses, sob o argumento de que a proposta da França previa a transferência da tecnologia, além de construir os submarinos em território brasileiro.

Além do *know-how* em termos nucleares, a França destaca-se por ser um dos maiores produtores, ao lado da Alemanha, de submarinos da classe convencional do mundo (Corrêa, 2009). O modelo

convencional francês, o *Scorpène*, emprega mísseis antinavio Exocet SM-39, permitindo atingir alvos a uma longa distância.

A parceria franco-brasileira tem se estendido por meio de uma série de contratos firmados com empresas brasileiras e a estatal francesa Direction des Constructions Navales et Services (DCNS). Com exceção do projeto e da construção da planta nuclear, cuja responsabilidade exclusiva é da Marinha do Brasil, há o compromisso do governo francês em transferir tecnologia para a construção dos submarinos convencionais da classe *Scorpène* e da parte não nuclear do submarino nuclear.

Um importante fruto do acordo de cooperação com o governo francês, o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (Prosub), sustenta-se em quatro principais objetivos: construção de quatro submarinos convencionais; o projeto e a construção do submarino com propulsão nuclear; um complexo de Estaleiro e Base Naval (EBN); e a Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (Ufem), que já foi concluída. Após atingir consensos na esfera da parceria estratégica, expressos pelos acordos entre presidentes e ministros de defesa dos dois países, foram firmados entendimentos de natureza técnica e operacional, sobretudo entre as marinhas brasileira e francesa.

Nesse sentido, a Marinha do Brasil criou a Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (Cogesn),[36] dentro da estrutura organizacional da Diretoria-Geral do Material da Marinha, para gerenciar os projetos da Marinha brasileira. A Cogesn tem por atribuições: *i*) gerenciar o projeto e a construção do estaleiro dedicado aos submarinos e de sua base; *ii*) gerenciar o projeto e a construção do submarino com propulsão nuclear; e *iii*) gerenciar a construção dos quatro submarinos convencionais modelo *Scorpène*.

O envolvimento da Cogesn junto ao Prosub insere-se em um dos programas gerenciados por esta coordenadoria: o Programa de Desenvolvimento do Submarino com Propulsão Nuclear (Prodesn). Este programa, além de contemplar ações no âmbito do Prosub, prevê o desenvolvimento e a construção da propulsão do submarino nuclear. Dessa forma, não há previsão contratual com o governo francês para a realização da transferência de tecnologia nuclear, a qual será desenvolvida pelo CTMSP, no contexto do Programa Nuclear da Marinha.

A transferência de tecnologia estratégica da DCNS para a Marinha do Brasil foi adotada pelo Ministério da Defesa para acelerar a construção do submarino com propulsão nuclear. Enquanto parte do acordo entre os países, a capacitação técnica de todos os recursos humanos envolvidos no projeto do submarino nuclear foi ministrada pela DCNS.

O projeto de construção do submarino de propulsão nuclear contempla, além de aspectos estratégico-militares, demandas de natureza tecnológica e industrial, ambos importantes para o desenvolvimento do país (Corrêa, 2009). Com a obtenção do *know-how* derivado do Prosub, espera-se que a indústria nacional se fortaleça e garanta ao Estado as capacidades para o desenvolvimento de submarinos de maneira independente.

Dessa forma, a parceria firmada entre os dois Estados enquadra-se na política brasileira de buscar privilegiar acordos que preveem a transferência de tecnologia. Assim, o país será capaz de manter e desenvolver os processos de fabricação dos submarinos convencional e nuclear. Nesse sentido, o Prosub insere-se no projeto brasileiro de revitalização de sua base industrial de defesa.

Ao contrário do que o anseio pela aquisição de um equipamento de guerra pode sugerir, o submarino nuclear representa, antes de um armamento, um instrumento político-estratégico para dissuadir eventuais interferências estrangeiras na plataforma continental brasileira. Da mesma forma, e devido ao alto grau de sensibilidade tecnológica agregada aos sistemas de propulsão nuclear, os países detentores deste tipo de tecnologia constrangem a comercialização da propulsão nuclear, o que levou o país a pensar em adquirir a tecnologia de maneira autônoma.

36. A Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (Cogesn) tem sob sua responsabilidade a gerência de dois grandes programas da Marinha do Brasil: Programa Nuclear da Marinha (PNM) e Programa de Desenvolvimento do Submarino com Propulsão Nuclear (Prodesn).

Em termos de emprego estratégico, é por meio da negação do uso do mar que o submarino se destaca, exercendo dissuasão sobre o oponente que, eventualmente, intente por empreender alguma ação em território marítimo brasileiro (Corrêa, 2008).

A fundação da Amazul

De acordo com a Marinha do Brasil, um dos principais óbices na construção do futuro submarino com propulsão nuclear é a formação de recursos humanos. Em razão do contingenciamento do setor de defesa, dos diversos cortes orçamentários e das diversas atividades do projeto, a continuidade das pesquisas no projeto foi comprometida. A solução encontrada, em 2012, foi criar uma nova estatal vinculada à Marinha do Brasil e ao Ministério da Defesa com o propósito de abrigar os recursos humanos alocados ao PNM e ao Prosub.

Essa empresa, denominada Amazônia Azul Tecnologia de Defesa (Amazul), representa uma cisão com outra estatal vinculada à MB, a Emgepron. Os funcionários especializados do setor nuclear desta empresa foram transferidos para a Amazul, executando as mesmas funções para as quais prestaram concurso público. A princípio, a nova estatal iniciou suas atividades com os 1.100 funcionários transferidos da Emgepron, mas já foram abertos concursos para o preenchimento de trezentas vagas administrativas e de pessoal técnico de nível médio, inclusive com a previsão de mais trezentos postos de trabalho para contratação de pessoal de nível superior.

Em abril de 2014, foi criada a Unidade Operacional da Amazul no CTMSP. Entre as instalações nucleares que constituem o CTMSP é possível destacar: a Unidade-Piloto para fabricação de UF_6 (Usexa); o Laboratório de Enriquecimento Isotópico (LEI); a Unidade-Piloto de Enriquecimento (Uside); o Laboratório de materiais nucleares (Labmat); o Labgene, em construção; a Armazenagem de Materiais Nucleares (Armar); e a Unidade de Células Quentes Piloto (UCQP). Dessa forma, a Amazul é a única empresa especializada do setor nuclear nacional com uma unidade operacional instalada no Centro Experimental Aramar.

O PNM, a cargo do CTMSP, está dividido em duas etapas. A primeira delas compreende o domínio do ciclo do combustível nuclear e já está concluída, implicando um grande salto tecnológico, econômico e político. Já a segunda diz respeito à construção do Labgene – um protótipo de reator desenvolvido em terra, cujos propósitos são desenvolver a capacidade tecnológica nacional para o projeto, a construção, a operação e a manutenção do reator nuclear do tipo PWR, que será empregado na propulsão do primeiro submarino nuclear (SN-BR).

O objetivo da Amazul é atuar em: gestão de pessoal; gestão do conhecimento; comércio de produtos e serviços técnicos; gestão de programas, projetos e empreendimentos; operação de empreendimentos; e participações minoritárias em empreendimentos e empresas por meio de consórcios, sociedades de propósito específicas ou *joint-ventures*. Concernente à área de gestão de pessoas, a nova estatal mantém uma unidade organizacional no CTMSP, embora exista a perspectiva de criação de novas unidades em outras organizações militares, como na Coordenadoria-Geral do Prosub da Diretoria geral de Material da Marinha (Cogesn/DGMM).

Em médio prazo, na área de comércio de produtos e serviços técnicos, a Amazul poderá comercializar pastilhas de urânio-gadolínio para as Indústrias Nucleares do Brasil S. A., centrífugas e cascatas de enriquecimento, serviços de fabricação eletromecânica e ensaios, além de testes e análises laboratoriais. A estatal também poderá comercializar com os institutos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) da Comissão Nacional de Energia Nuclear, tais como o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, o Instituto de Radiologia e Dosimetria, o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares e o Instituto de Engenharia Nuclear da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IEN/UFRJ). Além disso, a Amazul também poderá prestar serviços técnicos à Eletrobras Eletronuclear (ETN), à INB, à Nuclebrás Equipamentos Pesados S. A. (Nuclep), ao CTMSP e à Cogesn.

Como gestora de projetos e empreendimentos, a Amazul poderá atuar na Fábrica de Ultracentrífugas (UTSI); nas cascatas de enriquecimento da FC-E Resende, da INB; na armazenagem de combustível

usado pela ETN; no reator nuclear multipropósito (RMB); e no veículo de imersão profunda (VIP) tripulado. Como operadora de empreendimentos, a estatal poderá contribuir no Complexo Radiológico do Estaleiro e Base Naval (EBN), no RMB e nas instalações industriais e de P&D do CTMSP.

Também é possível citar alguns dos projetos que a nova estatal pretende atuar: projeto de detalhamento para construção do submarino com propulsão nuclear (SN-BR); projeto do sistema de combate do SN-BR; e projeto dos sistemas de comando-controle de plataforma do SN-BR. A Amazul também pretende colaborar como gestora de mão de obra do projeto conceitual do Complexo Radiológico do Estaleiro e Base Naval, na implantação da fábrica de ultra centrífugas e de cascatas nas INB, na armazenagem complementar de combustível usado da Central Nuclear Álvaro Alberto e na construção como empresa-âncora do projeto do veículo de imersão profunda tripulado.

A perspectiva é que, a partir do domínio completo da propulsão nuclear para emprego em submarinos, outros setores civis e militares possam absorver e empregar este tipo de propulsão, alavancando outros programas estratégicos brasileiros, como navios, veículos espaciais e usinas nucleoelétricas.

Objetivos

Para que o Brasil se torne um mercado de exportação com alto valor tecnológico agregado é necessário que o governo federal assegure às empresas do setor de defesa a continuidade dos investimentos nos projetos e programas a fim de torná-las competitivas. Além de fomentar o desenvolvimento autônomo das pesquisas científicas e dos desenvolvimentos tecnológicos, a inovação deve ser compreendida como condição *sine qua non* por todo setor para a estruturação do complexo industrial de defesa, dominando todas as etapas: projeto, construção, operação e manutenção.

Nesse sentido, o objetivo geral do trabalho é permitir uma visão sistêmica do segmento de propulsão nuclear no Brasil, medida em termos de competitividade, capacidade produtiva e potencial tecnológico, a fim de subsidiar políticas públicas que atendam às necessidades da Base Industrial de Defesa (BID) nacional, como superação de gargalos e aumento do volume de exportações. Dessa forma, buscar-se-á mapear, analisar e identificar as empresas que, além de atenderem aos interesses da Marinha do Brasil, particularmente no desenvolvimento de submarinos com propulsão nuclear, atendam aos interesses do Programa Nuclear Brasileiro, de institutos de pesquisa e de ensino, bem como de empresas e de universidades brasileiras. Ademais, destaca-se que esta análise está sob o contexto da inserção do segmento no âmbito internacional.

CONTEXTO MUNDIAL

Uma breve divisão na compreensão do contexto mundial do segmento nuclear está nos fatores econômicos e políticos. Isto se deve ao fato de que todas as ações neste ramo envolvem a necessidade de uma prévia aceitação política e de seu desenvolvimento estar atrelado às regras existentes internacionais, além da colaboração em aceitar a presença de inspetores da Agência Internacional de Energia Atômica, com quem possui um acordo de cooperação técnica com a ONU, por meio da Circular de Informação em 1959,[37] a partir das regras inicialmente estabelecidas pelas reuniões multilaterais as quais deram a criação do Tratado de Tlatelolco entre os Estados americanos (1968) e o Tratado de Não Proliferação Nuclear (1970).[38] É importante verificar este ponto, pois casos recentes, como a Coreia do Norte e o Irã, demostraram a relevância da aceitação internacional – os dois Estados sofrem sanções devido ao desenvolvimento do seu programa nuclear sem uma clara visão de fins pacíficos para a IAEA.

A academia tem estudado tal fenômeno desde a década de 1940 do século XX e, em especial, para o caso nuclear, a partir dos anos 1950. Uma das teorias principais estudadas é a da dissuasão, ou em inglês *deterrence*. A definição básica disto estaria, segundo

37. Neste documento, a ONU reconhece a IAEA como agência relacionada ao setor nuclear, com esforços para proporcionar o desarmamento, e, em contrapartida, reconhece-se a importância da ONU como mantenedora da paz mundial e do desenvolvimento econômico, na segurança e na área social. Disponível em: <http://goo.gl/2OX80V>.

38. O tratado foi firmado em 1968, mas entrou em vigor a partir de 1970.

Lebow (2008) em seu artigo *Deterrence*, na capacidade de um Estado fazer com que o outro execute algo conforme o seu interesse.[39] O enfoque desta influência estaria na tentativa preventiva de se evitar um dano generalizado, como no caso o uso de uma arma nuclear, ou seja, as perdas seriam bem maiores que os ganhos possíveis. Contudo, devem-se discernir as teorias de dissuasão da estratégia dela, pois os postulados gerais dão base para que tais táticas possam ser empregadas, mas podem ser misturadas – diversos pensamentos sobre dissuasão implicadas em uma estratégia. Além disso, Lebow (2008) aponta a diferença entre a forma geral e a imediata. Para o autor, a segunda forma tem a função de exercer de maneira implícita o desejo de dissuasão de um Estado, ou seja, buscar por outros meios aquilo que não obtém, e, às vezes, pela forma mais comum, o uso da força.

Um dos primeiros teóricos sobre o tema, Bernard Brodie (1958), argumentou que o emprego de tecnologia militar no sentido de guerrear contra outro Estado não deve ser posto como uma opção para o Estado com quem se conflita (como um desafio), diferentemente do emprego da dissuasão na forma tradicional (aliada ao pensamento de Clausewitz), pois é diferente o sentido de vitória em uma guerra nuclear, devido aos riscos de tais armas. Schelling (1966) entende que se caso um dos Estados não tivesse a capacidade militar superior, ou os dois lados apresentassem o mesmo nível de poder destrutivo, a barganha surgiria como forma de resolução do problema.[40] Desta forma, seria relevante analisar três pontos para obter sucesso: o contexto, a habilidade e a disposição para sofrer.

Na área econômica, o mercado mundial de energia nuclear e, em especial, de propulsão nuclear está concentrado em poucos países. Um detalhe deste grupo é que alguns deles são detentores de tecnologia, mas a conseguiram graças a parcerias estabelecidas no século passado. Desta forma, as empresas dos países com maior capacidade possuem contratos para a construção de reatores como a ação do Grupo DCNS e do Grupo Rosatom em outros países.

Deve-se compreender que há poucos países no mundo detentores desta tecnologia e alguns deles não apresentam indústrias nacionais para a confecção dos equipamentos nucleares como os reatores. Empresas como o Grupo Rosatom, a Rubin, a DCNS e outras estão em vários pontos do mundo, com parcerias estabelecidas para tanto. Desta forma, preferiu-se somente adicionar a Índia à lista de Estados com desenvolvimento de um programa nuclear sem a conclusão de um submarino ou porta-aviões próprios. Nas próximas subseções, serão estudadas: a dimensão do mercado mundial para o segmento, que se entenderá em dados práticos, qual é o comportamento atual da área de propulsão nuclear e os principais *players* no mundo, será feita também uma análise dos principais Estados com o desenvolvimento de um programa nuclear, os seus devidos produtos, como os submarinos e porta-aviões – nenhum dos Estados atualmente trabalha de forma efetiva para a produção de outros bens com propulsão nuclear –, suas principais empresas e, no caso de estatais, o nome do órgão e outros assuntos dentro deste parâmetro. Por fim, haverá uma breve explanação de possíveis desafios e oportunidades para o Estado brasileiro se inserir ou ter a cooperação.

Dimensão do mercado mundial para o segmento

O mercado mundial de propulsão nuclear, ou mercado nuclear, em sua essência, tem se desenvolvido com maior expressão recentemente. Apesar de muitos Estados serem possuidores de reservas de urânio, eles não possuem um programa nuclear oficial expressivo e fazem parte do rol de locais onde as grandes empresas concentram o emprego da extração desse material para trazer aos centros urbanos e passarem pelo processamento natural de obtenção desta fonte de energia. Um breve cálculo para entendimento da produção do combustível nuclear estaria na tabela 2.

39. Este conceito é bem atrelado ao entendimento sobre poder.
40. A crise dos mísseis em Cuba é um reflexo desta situação de barganha.

Tabela 2

Custo aproximado para obtenção de combustível nuclear a partir de 1 quilo de urânio (jul. 2013)

Processos	Quantidade por valor unitário	Valor (US$)
Urânio	8.9 kg U_3O_8 x $130	1.160
Conversão	7.5 kg U x $11	83
Enriquecimento	7.3 SWU x $120	880
Fabricação do combustível	Por quilo	240
Total aproximadamente		2.360

Fonte: WNA (2015b)

As reservas de urânio no mundo são um importante fator para o mercado e a maior concentração está na Austrália. Todavia, observa-se a presença da Rússia e, em especial, de países da antiga URSS, os quais concentram 25% do urânio mundial. O Brasil ocupa o oitavo lugar, com uma quantidade de 276 mil barris. No caso dos Estados localizados em lugares como a África, existem parcerias entre grandes empresas estrangeiras (*joint-venture*), como a Cameco, a Areva e outros, que dividem a extração da matéria-prima. Os outros países se comportam conforme a tabela 3.

Tabela 3

Reservas de urânio no mundo (2013)

Países	Barris de urânio	Mundo (%)
Austrália	1.706.100	28,9
Cazaquistão	679.300	11,5
Federação Russa	505.900	8,6
Canadá	493.900	8,4
Níger	404.900	6,9
Namíbia	382.800	6,5
África do Sul	338.100	5,7
Brasil	276.100	4,7
Estados Unidos	207.400	3,5
China	199.100	3,4
Mongólia	141.500	2,4
Ucrânia	117.700	2,0
Uzbequistão	91.300	1,5
Botsuana	68.800	1,2
Tanzânia	58.500	1,0
Jordânia	33.800	0,6
Outros países	19.500	0,3
Total mundial	5.902.500	100

Fonte: WNA (2015f)

O mercado de propulsão nuclear tem se expandido graças aos novos contratos assinados entre as empresas de Estados com tecnologia já desenvolvida e países sem uma indústria própria capaz de absorver as suas matérias-primas. Apesar de a maioria das empresas produtoras de submarinos e porta-aviões com propulsão nuclear serem contratadas em sua grande parte pelos ministérios da Defesa de seus Estados-sedes, ainda há espaço para o desenvolvimento de outros Estados, como a presença da BAe Systems na Arábia Saudita e na Austrália, ou o caso da Rubin em países como a Índia, onde se constata até empréstimo de submarinos para este Estado. A tabela 4, embora não demonstre a realidade específica do mercado nuclear, desenha o *ranking* das empresas de defesa no mundo, muitas delas estudadas neste texto.

Tabela 4

Maiores empresas de defesa no mundo (2013)
(Em US$ milhões)

Posição	Empresa	Vendas para defesa	Total
1	Lockheed Martin	40.494,00	45.358,00
2	Boeing	32.000,00	86.623,00
3	BAe Systems	28.014,00	29.802,50
4	Raytheon	22.047,60	23.706,00
5	Northrop Grumman	19.500,00	24.661,00
6	General Dynamics	18.836,00	31.218,00
9	Thales	10.961,60	19.456,80
13	Huntington Ingalls Industries	6.324,00	6.800,00
16	DCNS	4.601,70	4.601,70
18	GE	4.100,00	146.045,00
24	Babcock International	3.423,80	5.803,10
36	Bechtel	2.600,00	39.400,00

Fonte: Defense News (2014)

Principais *players* no mundo

Estados Unidos

A produção de artefatos militares está condicionada pelas demandas do Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Destarte, entre as forças, a Marinha tem maior predominância nas solicitações de bens, como porta-aviões e submarinos com propulsão nuclear. A Aeronáutica retornou com os esforços

em desenvolvimento de bens nucleares por meio da Air Force Nuclear Weapons Center em 2006.

A política de dissuasão nuclear dos Estados Unidos tem o enfoque na prevenção do uso da tecnologia nuclear por parte de outros Estados como seu principal ponto desde a popularização desta tecnologia. Durante a Guerra Fria, fatores como a criação do Tratado de Não Proliferação Nuclear e a assinatura de tratados como Strategic Arms Limitation Talks (SALT) I e II proporcionaram uma redução na produção de ogivas e de tecnologia nuclear norte-americana. Segundo o Nuclear Threat Initiative (NTI, 2014a), os Estados Unidos alcançaram a quantia de 31.255 mil ogivas nucleares em 1967 (em 2013 eram 4.804). Outra estratégia de dissuasão em regiões como dos países-membro da Organização do Tratado do Atlântico Norte (Otan) foi a colocação de ogivas nucleares em bases militares próprias dentro do território europeu, como na Alemanha, na Bélgica, na Itália, nos Países Baixos e na Turquia. No início da atual administração norte-americana, o presidente Obama, por meio de discurso presidencial em Praga, na República Checa, em 2009, deu destaque ao cumprimento de novos parâmetros para um mundo sem armas nucleares. Em 2010, duas ações foram dadas: a ratificação do novo Tratado de Redução de Armas Estratégicas (Strategic Arms Reductions Treaty – START II[41] – sigla em inglês) com a Rússia e o lançamento da Revisão das Posturas Nucleares, que enfatiza o objetivo norte-americano em cinco pontos:

- Prevenção da proliferação nuclear e o terrorismo nuclear;
- Redução da função dos armamentos nucleares na estratégia de segurança nacional;
- Manutenção da dissuasão e da estabilidade estratégica nos níveis reduzidos de forças nucleares;
- Fortalecimento da dissuasão no plano regional e gerar segurança aos aliados e parceiros dos Estados Unidos;
- Manutenção de arsenal nuclear seguro e efetivo. (United States, 2010).

No tocante à extração do urânio para a fabricação dos produtos nucleares, sua obtenção para produção é feita por poucas empresas. Ao contrário de Estados como China e Índia, são empresas privadas e, em alguns casos, estrangeiras, as extratoras e fornecedoras da matéria-prima nuclear para o emprego tanto na área civil como militar. Segundo o WNA (2015c), a maioria dos estados norte-americanos está certificado pelos órgãos de regulação deste setor. As principais empresas extratoras são: Cameco, Uranium One, UEC, Mestena Uranium, Ur-Energy, EFRC etc.

Os Estados Unidos já têm desenvolvido tanto os submarinos do tipo de ataque, quanto os balísticos e os de cruzeiro. Historicamente, produziu o primeiro submarino com este tipo de propulsão, o USS Nautilus em 1951. As gerações destes veículos norte-americanos estão em uma fase mais avançada em comparação com os outros Estados. Um exemplo disto seria a classe Ohio (submarino balístico e de cruzeiro), que iniciou a sua fabricação há quinze anos, mas a primeira classe deste tipo de submarino chamada ainda George Washington iniciou em 1958. Os submarinos de ataque tiveram como seu primeiro modelo na história, o já comentado USS Nautilus. Hoje em dia, a classe mais atual chama-se Virginia.[42]

Além destes produtos, os Estados Unidos também produzem porta-aviões com este tipo de propulsão. A classe Gerald Ford foi a última construída e tem feito a patrulha por diversas regiões do planeta, mas a primeira versão de porta-avião a base de movimentação nuclear foi a USS Enterprise ou CVN-65, construído entre 1958-1962 e aposentado em 2012. Neste período, outros aprimoramentos e classes sugiram como a Nimitz e a atual.

41. Este tratado, com validade de dez anos, assegura a redução do arsenal nuclear dos dois Estados (Estados Unidos e Federação Russa).

42. O USS Nautilus era somente um modelo de submarino. A primeira classe de submarinos de ataque norte-americanos foi o Skate, em 1957.

Quadro 3

Produção das minas de urânio em operação nos Estados Unidos (2006-2013)

Ano	Urânio produzido (t)	Cidade	Minas In-situ leach (ISL) operantes nesse ano
2006	1.583	White Mesa	Crow Butte, Smith Ranch-Highland, Alta Mesa, Kingsville Dome, Vasquez
2007	1.748	White Mesa	Crow Butte, Smith Ranch-Highland, Alta Mesa, Kingsville Dome
2008	1.503	White Mesa	Crow Butte, Smith Ranch-Highland, Alta Mesa, Rosita, Kingsville Dome
2009	1.445	White Mesa	Crow Butte, Smith Ranch-Highland, Alta Mesa
2010	1.630	White Mesa	Crow Butte, Smith Ranch-Highland, Alta Mesa, La Palangana
2011	1.538	White Mesa	Crow Butte, Smith Ranch-Highland, Alta Mesa, La Palangana, Willow Creek
2012	1.596	White Mesa	Crow Butte, Smith Ranch-Highland, Alta Mesa, La Palangana, Willow Creek
2013	1.796	White Mesa	Crow Butte, Smith Ranch-Highland, Alta Mesa, Hobson/La Palangana, Willow Creek, Lost Creek

Fonte: WNA (2015c)

Atualmente, a Marinha dos Estados Unidos, por meio de suas empresas contratadas, constrói, simultaneamente, os porta-aviões e submarinos com propulsão nuclear. As empresas construtoras (ou montadoras) norte-americanas são a General Dynamics (a divisão Eletric Boat) e a Huntington Ingalls (anteriormente chamada de Northrop Grumann Corporation). No caso das partes de cada submarino e porta-aviões, destacam-se empresas como Babcock & Wilcox, Bechtel, General Eletric e Westinghouse que são as fornecedoras de reatores. A seguir, serão analisadas a General Dynamics e a Huntington Ingalls.

General Dynamics Eletric Boats

Oriunda do final do século XIX e criada por Isaac Rice e John Philip Holland,[43] esta empresa trabalhava somente na construção de submarinos para a Marinha norte-americana. Foi ela a construtora do primeiro submarino moderno. Em 1952, trocou o seu nome para General Dynamics Corporation e, após a compra de diversas empresas, entre elas a Consolidated Vultee (Convair), formou-se um grande conglomerado especializado em defesa e a sexta maior indústria bélica no mundo (Defense News, 2014). Entretanto, em relação ao trato com submarinos, juntou-se o novo nome e o velho, tornando-se a General Dynamics Eletric Boats (GDEB). Apesar das mudanças ocorridas com o fim da Guerra Fria e a venda de uma grande parte das suas divisões no início da década de 1990, a companhia especializou-se em quatro grandes áreas (aeroespacial, sistema de combate, sistema de informação e tecnologia e sistema marítimo).

O desempenho financeiro da General Dynamics tem sido constante em relação valor das vendas feitas (entre US$ 31 bilhões e 32 bilhões por ano). No período 2011-2013, houve uma leve queda (3% a 4%), mas com um crescimento no lucro líquido (de US$ 332 milhões para US$ 2,4 bilhões). O principal cliente da empresa é o Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Apesar da queda de US$ 22 bilhões para US$ 19 bilhões entre 2011 e 2013, a GDEB é ainda detentora de quase 60%-70% das vendas (General Dynamics Corporation, 2014). A maioria das vendas está concentrada na área de tecnologia (sistemas de informação e tecnologia), com cerca de um terço dos valores totais (US$ 11 bilhões em 2011 e US$ 10,2 em 2013). No tocante aos produtos marítimos, as vendas de submarinos com propulsão nuclear correspondem a 10% do valor total de vendas do grupo, mas têm uma significância grande para a Eletric Boats por ser representante de 55% dos bens vendidos. Entende-se que, mesmo com tamanha importância, a produção de submarinos não está no mesmo porte dos aviões, veículos de combates e sistemas de informação e tecnologia.

43. Considerado pai dos submarinos modernos. Morris (1998).

Tabela 5

Vendas de artefatos militares e artefatos marítimos (2011-2013)

(Em US$ milhões)

Categorias	2011	2012	2013
Submarino com propulsão nuclear	3.696	3.601	3.697
Navios combatentes de superfície	1.191	1.152	1.139
Navios auxiliares e logísticos de combate	930	746	499
Reparos e outros serviços	814	1.093	1.377
Total	6.631	6.592	6.712

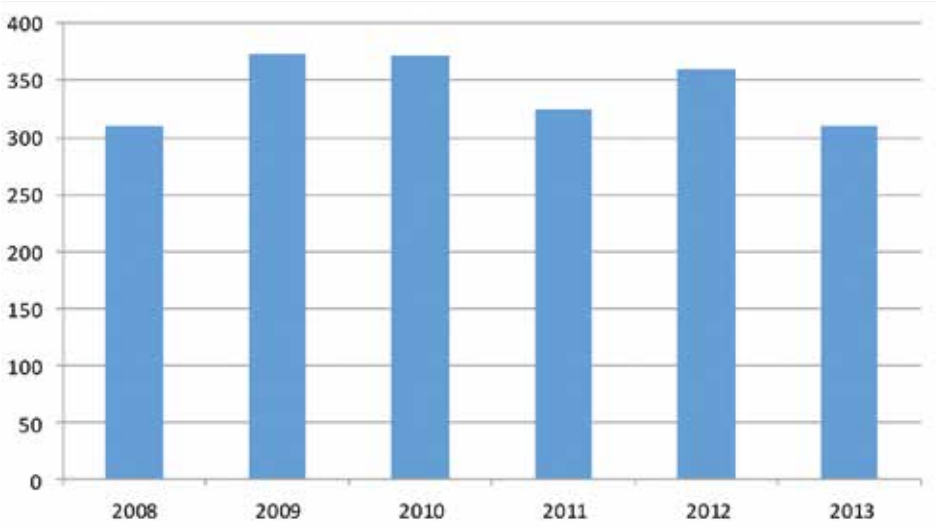
Fonte: General Dynamics Corporation (2014)

Como mencionado anteriormente, a Eletric Boats foi fundada em 1899, e desde então tem sido uma das principais construtoras de submarinos para a Marinha norte-americana. Em relação aos produtos desenvolvidos em 2014, a empresa possui o contrato para a construção da nova geração de submarinos de ataque, a classe Virginia, que substituirá a Los Angeles. A vantagem deste novo modelo está em sua capacidade de trabalho em águas profundas assim como em média profundidade e em sua proposta de multimissões. O pedido feito pela Marinha americana é de trinta produtos destes, os quais foram divididos em cinco blocos. Atualmente, foram cumpridos os dois primeiros, e um submarino do bloco três foi entregue em agosto de 2014 – o Dakota do Norte SSN-784. Os contratos para a construção destas armas estão concentrados entre a empresa estudada e a Northrop Grumman Newport News – hoje, Huntington Ingalls Industries. A classe Virginia apresenta um conjunto de inovações com parcerias estabelecidas com empresas como a *Lockheed Martin*, a General Eletric (GE) e outras, como o caso da propulsão obtida a partir da tecnologia dos reatores de pressão-água (PWR) S9G, feitos pela GE. Em relação ao armamento, este possui mísseis *Tomahawk*, doze lançadores verticais (VLS), torpedos *MK48 ADCAP* e quatro lançadores de torpedos.

Outra classe produzida pela Eletric Boat é a Ohio. A empresa já construiu dezoito submarinos para a Marinha entre 1981 e 1997. Sua funcionalidade dentro do mar é de setenta dias, o que o torna um resistente e longevo aparato de guerra. Graças aos artigos negociados no Tratado de Redução de Armas Estratégicas (START II – sigla em inglês), quatro destes submarinos foram retirados de operação. A nova proposta da Marinha norte-americana desde 2008 é a construção de doze submarinos com o propósito de estarem em ação no mar em 2029. Isto visa substituir os catorze já existentes e obsoletos – farão quarenta anos de uso em 2025. Desde 2008, a empresa estudada tem vencido as licitações para construir diversas partes do submarino, o que totaliza cerca de US$ 2 bilhões. A nova proposição para este produto é a alteração da forma de mísseis balísticos para a forma automática (teleguiados). Também há a perspectiva de se aprimorar a vida útil destes equipamentos no mar, o que corresponderia ao necessário para cumprir as missões esperadas pela Marinha, ao contrário da primeira versão do Ohio, o qual cobria a metade do tempo das missões.

Em relação à P&D, após anos de aumentos em investimentos, em 2013 houve uma redução nestes, que o colocou no patamar de 2008. A General Dynamics tem apresentado grandes avanços nos produtos destinados ao público da Aeronáutica e, também, tem investido em temas relacionados à área de sistemas de informação e tecnologia. O destaque dado ao setor de submarinos com propulsão nuclear está na reformulação da classe Ohio. O gráfico 3 mostra o avanço dos investimentos em P&D. Tais valores correspondem, em média, a 1% do valor das vendas totais da empresa.

Gráfico 3
Investimentos em P&D (2008-2013)
(Em US$ milhões)



Fonte: General Dynamics Corporation (2014)

A General Dynamics está espalhada por quase todos os continentes do planeta.[44] Sua área de atuação é destacadamente nos Estados Unidos, mas ainda assim está em quarenta países. Nos últimos anos, suas vendas para Estados estrangeiros (governos) foram de US$ 6,4 bilhões, o que corresponde a 20% do valor total das vendas da companhia. As maiorias das vendas são de produtos atrelados a aviões e seus derivados. A empresa tem cerca de 93 mil empregados em todo o mundo. No Brasil, ela está desde 2012, por meio da subsidiária britânica da General Dynamics, a General Dynamics UK.

Huntington Ingalls Industries

A Huntington Ingalls Industries (HII) foi conformada por meio de alguns desmembramentos (*spun-off)* ocorridos dentro do conglomerado Northrop Grumann AP partir de 2000. Em 2008, a Northrop Grumann Shipbuilding surgiu da fusão de duas subsidiárias do grupo – parte da Ship System e da Newport News, essa a antiga construtora de submarinos e porta-aviões com propulsão nuclear. A primeira é a fabricante de navios de combate para diferentes tipos de missão e também de segurança (Guarda Costeira), enquanto a segunda produz porta-aviões e submarinos com propulsão nuclear. O nome atual é devido aos fundadores iniciais das empresas (Collis Potter Huntington e Robert Ingalls). Nos últimos anos, a HII apresentou um crescente destaque como empresa contratada pela defesa dos Estados Unidos para a construção de navios de combate, porta-aviões e submarinos, em sua maioria de propulsão nuclear.

O desempenho financeiro da HII apresentou um aumento médio de 2,9% entre 2011 e 2013, o que a posiciona como a décima terceira entre as maiores empresas da área de defesa no mundo (Defense News, 2014). Ademais, a HII obteve um crescimento em suas receitas liquidas (de US$ 146 milhões para US$ 261 milhões). Em relação aos dois segmentos dentro da empresa, vê-se uma situação de maior predominância da Newport News, devido aos trabalhos relacionados com os novos submarinos da classe Virginia em fase de construção, o projeto para modernização da classe Ohio e os novos porta-aviões da classe Gerald R. Ford.[45] A clientela da

44. Não apresenta nenhuma instalação na África.

45. Entende-se desta forma devido ao número de contratos com o Departamento de Defesa dos Estados Unidos.

HII está totalmente concentrada na defesa dos Estados Unidos. Segundo o relatório anual de 2013, as vendas nesse ano e nos dois anteriores (2012 e 2011) foram de 94%, 96% e 97% para a Marinha, e o restante da porcentagem para a Guarda Costeira dos Estados Unidos.

Tabela 6
Vendas por instalações (2011-2013)
(Em US$ milhões)

Instalações	2011	2012	2013
Ingalls	2.885	2.840	2.757
Newport News	3.766	3.940	4.139
Inter empresas eliminadas	- 76	- 72	- 76
Total	6.575	6.708	6.820

Fonte: HII (2014)

A Huntington Ingalls possui um longo histórico na produção de armamentos para a defesa dos Estados Unidos.[46] Desta forma, ela possui uma grande representação nos projetos da Marinha, como os submarinos (um dos dois principais contratados) e os porta-aviões (principal desenvolvedor desde os anos 1960), estes com propulsão nuclear. A HII adquiriu o direito de trabalhar em regime cooperativo com a Eletric Boats, no desenvolvimento da classe Virginia,[47] o que implica a construção de certas partes do produto e a supervisão geral dividida em 50% para cada empresa. Neste momento, por parte da HII, foram entregues os submarinos Texas (SSN 775), Carolina do Norte (SSN 777), Novo México (SSN 779), Califórnia (SSN 781), Minnesota (SSN 783) e Dakota do Norte (SSN 784). O John Warner SSN 785 foi lançado ao mar em agosto de 2015, em um trabalho conjunto entre as duas empresas. A HII tem participação no programa de modernização da frota de submarinos da classe Ohio. Conforme já visto, o contrato para a construção foi concedido à General Dynamics Eletric Boat, mas a HII atua na parte de sistemas de entrega Seal (Advanced Seal Delivery System), ou seja, na parte de centro de controle da missão no submarino. Além disso, a HII faz os novos canos para os lançadores de mísseis *Tomahawk* e o sistema de contra-ataque e intercepção acústica AN/WLY-1.

No segmento dos porta-aviões, a Huntington Ingalls, por meio da Newport News, é a única detentora de todos os contratos com a Marinha desde 1960 (a New York Yard e a New York Shipbuilding Corporation faliram entre os anos 1960 e 1970). Conforme o relatório da Naval Technology (Kable Intelligence Limited, 2014a), o projeto da construção da nova classe Gerald Ford foi anunciado em 2007 para substituir o existente, Nimitz, iniciado em 1975 e finalizado em 2009, com o último modelo lançado, o George H. W. Bush (CVN-77). A nova classe apresenta um novo reator nuclear (A1B) para propulsão, com uma capacidade de geração de eletricidade 2,5 vezes melhor que a classe anterior e um percentual de lançamentos de aeronaves para missões, 33% melhor.[48] Este novo modelo é capaz de carregar noventa aeronaves de diversos tipos, como F-35 Joint Strike Fighter, F/A-18E/F Super Hornet, E-2D Advanced Hawkeye, aeronave de ataque eletrônico EA-18G Growler, helicópteros MH-60R/S e outros. Outras inovações foram no sistema de lançamento eletromagnético (Electromagnetic Aircraft Launch System – Emals), no radar de banda dual e o Advanced Arresting Gear (AAG).[49] Em relação ao armamento, a classe Gerald Ford tem mísseis de superfície-ar Sea Sparrow RIM-162 (ESSM) e Rolling Airframe RIM-116, além das armas Phalanx CIWS e M2 Machine Gun. A nova classe representa uma economia de US$ 4 bilhões no total de custo durante seu tempo de vida (cerca de cinquenta anos). Isto decorre da diminuição de setecentos membros da tripulação do porta-avião.

Quanto à P&D, a HII tem mantido o valor de investimentos nos últimos anos. Segundo o relatório anual de 2013 (HII, 2014), o valor investido em P&D foi de US$ 24 milhões em 2011, US$ 21 milhões em 2012 e US$ 22 milhões em 2013. Ademais, a empresa possui um centro para esta área, a Virginia Advanced Shipbuilding and Carrier Integration Center (VASCIC), que faz pesquisas laboratoriais,

46. A Newport News opera há 128 anos, enquanto a Ingalls está há 75 anos em operação.
47. Submarino com propulsão nuclear de ataque rápido.
48. Sortie Generation Rate.
49. Gancho para segurar o avião na decolagem.

testes e treinamentos de todos os tipos, para alcançar a melhor versão do produto solicitado e conseguir futuros contratos com a defesa norte-americana. Para isso, a HII possui 38 mil empregados, divididos nas várias instalações fabris e mais 1.100 aprendizes nos centros de ensino da empresa. Outro fator importante é que a HII está presente em cinco países (Estados Unidos, Japão, Reino Unido, Taiwan e Trinidad e Tobago), por meio de suas subsidiárias (a AMSEC e a Universal Pegasus Internacional). Estas empresas fazem, basicamente, a gestão de processo, os projetos, a manutenção e a modernização, o apoio logístico e outros serviços para os submarinos e porta-aviões norte-americanos.

Rússia

Os registros sobre desenvolvimento de veículos ou armas com tecnologia nuclear existentes na Rússia datam desde o ano de 1949. Em geral, as solicitações de novos bens são oriundas da Marinha, pois tanto a Aeronáutica quanto o Exército não possuem programas para obtenção de frotas com veículos de propulsão nuclear. É importante ressaltar que a Força Aérea russa já teve a intenção de construir aviões com propulsão nuclear no período da União Sovietica, o *Tupolev Tu-95LAL*, mas o projeto não alcançou o resultado desejado e o programa foi cancelado em 1965.

A política de dissuasão russa teve sua relevância em grande parte devido à Guerra Fria. Em todo o período em que era parte da União Soviética, a Rússia fez diversos testes com armas e o aprofundamento das pesquisas continuou mesmo após a assinatura do Tratado de Não Proliferação Nuclear. De acordo com o Stockholm International Peace Research Institute (Sipri), a Rússia, graças à herança deixada pela antiga União Soviética, apresenta o maior arsenal nuclear do mundo. Contudo, algumas dessas armas apresentam idade avançada e a renovação surge como uma solução. Segundo Kristensen e Norris (2014), enquanto diminui a quantidade de ogivas devido às políticas de redução de armamento definido pela Agência Internacional de Energia Atômica e a assinatura do tratado START II com os Estados Unidos, a modernização não tem cessado, e, em especial, os armamentos mais antigos serão repostos por versões atualizadas até 2022. Um fator importante para o comportamento russo frente à produção de itens de defesa está nas diferentes doutrinas nucleares implantadas. A mais recente (de 2010), apresenta, segundo Sokov (2010), uma diminuição da relevância das armas nucleares na política de segurança do Estado russo. O programa de armamento do Estado russo para o atual decênio (2011-2020) determina uma atualização em70% dos aparatos de defesa até o fim do período.

A mineração de urânio para uso tanto civil quanto militar na Rússia é obtida de quatro distritos em diferentes regiões. Estes locais são: Kurgan, na região Trans-Ural; Streltsovskiy, em Chita; Vitimsky, em Buryatia; e Elkon, em Yakutia. Sendo que Streltsovskiy, em Chita, tem o melhor desempenho na produção, em especial, com a mina de Kraznokamensk. Esta mina é considerada a maior dentro da Federação Russa e a oitava no *ranking* mundial (Kable Intelligence Limited, 2013b). Sua exploração está sob a ordem da Kazatomprom (50%) e Uranium One (50%), em um acordo de *joint-venture* chamado Karatau. A tabela 7 lista algumas das principais minas russas.

Tabela 7
Minas na Rússia

Mina	Região	Origem	Recursos descobertos (t)
Priargunsky	Transbaikal/ Chita	Vulcânico	98.000
Dalur	Trans-ural/ Zauralsk	Arenito	11.000
Khiagda	Vitimsky/ Buryatia	Arenito	32.000
Gornoye	Transbaikal/ Chita	Granito	3.200
Olovskaya	Transbaikal/ Chita	Vulcânico	8.210
Elkon*	Yakutia/ Sakha	Metassomatose	303.600
Lunnoye	Yakutia/ Sakha	Polimetálico	800

Fonte: Red Book (2014)
*A produção desta mina começará em 2020. A descoberta deste novo lugar para produção foi em 2007. Segundo a *holding* criada para a sua extração (Elkon Mining Metallurgical Plant, ou Elkon MMP), a mina tem cerca de 6% das reservas de uranio extraídas no mundo e pode-se considerar como uma das maiores do mundo. Informações disponíveis em: <http://goo.gl/yXHRQe>.

A Rússia produz submarinos nucleares desde 1958, com a concepção do K-3 Leninsky Komsomol, parte da classe *Novembro*. Este submarino de ataque teve grande parte de sua construção feita em madeira. Do primeiro lançamento ao atual, a Federação Russa lançou diferentes submarinos, além do tipo de ataque e balístico, como o modelo com míssil guiado (a última classe foi o Oscar I e II). Todavia, este modelo está em fase de substituição pela associação entre o ataque e o guiado, ou seja, um submarino com propulsão nuclear de ataque com multiproposta ou multimissões. Em relação aos submarinos de ataque, a classe atual Akula foi construída na época da URSS, mas o Estado russo designou a construção de uma nova classe para repô-la, chamado Yasen, com o lançamento do primeiro, o K-329 Severodvinsk, em 2013, para patrulhar o nordeste da Rússia.

Por outro lado, o tipo de submarino balístico teve como sua primeira versão o K-19, pertencente ao Projeto 658, ou classe Hotel, em 1958. Desde então, algumas classes foram instauradas, como a produção de vários submarinos até a classe atual, Borei. Esta nova classe de submarinos substitui três outros grupos ainda em exercício (Delta III, Delta IV e Typhoon). A inauguração deste tipo de submarino foi com o K-535 Yuriy Dolgorukiy, em 2013, e ainda há a pretensão de se fazer mais sete destes e com algumas inovações devido ao novo Projeto 955A.[50]

A produção de tecnologia nuclear na Federação apresenta diferentes grandes empresas, nas quais a concentração majoritária das ações é do Estado, como o Grupo Rosatom e a United Shipbuilding Corporation (USC). A primeira empresa será estudada como uma das quatro empresas da Rússia com produção nuclear tanto de defesa como civil. As outras três empresas integram a USC (Lazurit, Malakhit e Rubin). Todas estas companhias fazem parte da história russa desde a produção da primeira versão convencional no início do século XX. Atualmente, somente a Malakhit e a Rubin ainda produzem submarinos de ataque e balísticos das classes Yasen e Borei. Uma segunda forma de associação entre as empresas está no tipo de *joint-venture* de várias empresas pequenas. Os portos de Amur, com o Amur Shipbuilding Plant e a Sevmash (JSC PO Sevmash), são as principais empresas locais (estaleiros) para a produção de submarinos com propulsão nuclear.

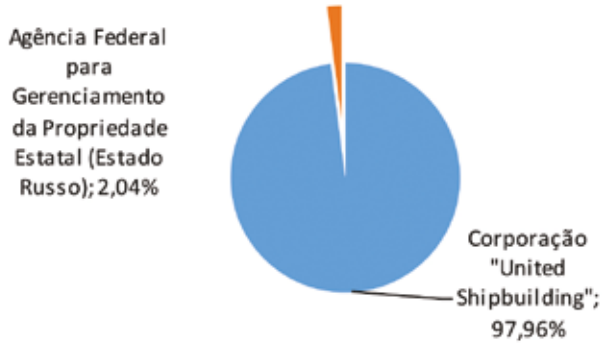
Central Design Bureau for Marine Engineering "Rubin"

A Central Design Bureau for Marine Engineering "Rubin" é uma empresa em formato público-privado com uma longa tradição na criação e produção de navios e submarinos na Rússia. Criada no período do Império Russo (1901), esta empresa desempenhou diferentes papéis ao longo da história e, em especial, no desenvolvimento de submarinos de combate. Somente a partir da década de 1990, ela assumiu um propósito de também trabalhar com produtos para fins civis, como o caso de submarinos para turismo. No final do século XX e início do XXI, verificou-se também a alteração de proposta da empresa no sentido além-mar, como a construção de metrôs de alta velocidade. Esta empresa também apresenta uma diversificada rede de afiliadas e subsidiárias, as quais procura separar por categoria de produto, por exemplo, a *R&K Closed Joint Stock Company*, que, em parceria com a *Corall Central Design Bureau*, constroe as plantas para exploração de petróleo e gás natural em alto mar.

O capital acionário da Rubin está praticamente concentrado nas mãos da corporação United Shipbuilding desde 2008. Antes disto, a Rubin era uma empresa de capital fechado nas mãos do Estado. Atualmente, ela é *joint-venture* com 100% do capital associado ao Estado russo. Este fator é fruto da intenção do Executivo federal (constituído por decreto presidencial em 2007) em unir grande parte das empresas de diversos campos da produção naval. Além disso, a Rubin concentra 80% dos negócios relacionados aos navios e submarinos. O gráfico 4 demonstra como é a divisão da empresa atualmente.

50. O Projeto 955A é uma versão atualizada do Projeto 955 e apresenta uma das mais importantes inovações, a mudança na forma do seu casco. Disponível em: <http://goo.gl/aiPLgV>.

Gráfico 4
Repartição do capital da Rubin
(Em %)



Fonte: Rubin (2015)

A Rubin foi responsável pelo desenvolvimento dos submarinos balísticos russos desde o primeiro, Project 658 (Hotel), em 1960. A classe atual, Borei, teve a construção empregada em meados da década de 1990. Ela possui o reator nuclear OK-650, da OKBM Afrikantov (subsidiária do Grupo Rosatom), e uma inovação: a implantação do sistema de propulsão de bomba a jato. Na parte de mísseis, em sua primeira versão, conseguia carregar dezesseis mísseis, com os aprimoramentos do novo projeto pode levar até vinte mísseis. Um tipo de míssil específico para se usar no submarino é o SS-N-15, usado para abater embarcações. É importante especificar que tal produto é feito com calibre 533 mm. Um segundo tipo de míssil encontrado nesta classe é o Bulava, este desenvolvido pela Moscow Institute of Thermal Technology. Há o planejamento para a construção de mais oito unidades a partir de 2015. Esta é a primeira classe de submarinos feitos inteiramente após o fim da União Soviética.

Um segundo tipo de submarino desenvolvido pela Rubin para a Marinha russa é a classe com mísseis de cruzeiros. A diferença deste tipo para os clássicos, como de ataque e balísticos, é a forma como o míssil é guiado para o alvo. Tal proposta mudou conforme as necessidades do novo século e a opção de ter um submarino para vários tipos de missões (multipropostas). A classe existente deste tipo é o Oscar II ou Project 949A (Antey). A Marinha russa solicitou onze destes produtos, mas alguns já estão na fase de se aposentar, além do Kursk em 2000.[51] Os mísseis usados deste tipo são os 24 SS-N-19 Granit, além dos SS-N-16, com alcance de 50 km.

A Rubin tem acordos com Estados como a Índia para o desenvolvimento de tecnologia nuclear. A classe de submarino de ataque Akula foi alvo dessa parceria, com o aluguel da unidade Nerpa/INS Chakra. Além disso, a Rubin tem participação nas atividades do porto de construção dos produtos com propulsão nuclear, Sevmash, em Severodvinsk. A Rubin possui outras empresas subsidiárias, apesar de ser parte da United Shipbuilding Corporation, como a Rubin-Leasing Closed Joint Stock Company e a Morneftegasproject Closed Joint Stock Company.

Malakhit Central Design Bureau

A Malakhit Cental Design Bureau, ou somente Malakhit, foi criada em 1948 como parte do planejamento soviético para construção de submarinos com fontes de energia independente do ar atmosférico. Nesta primeira fase, foram constituídas as instalações fabris, e, a partir de 1952, a empresa começou a trabalhar em novos tipos de submarinos, motivados pelo decreto governamental para a construção do primeiro modelo desse produto com propulsão nuclear. Com os devidos sucessos em sua produção, ainda na década de 1950, foi determinado pelo Estado o remanejamento de alguns empregados e a transferência de alguns serviços para a Rubin Central Design Bureau. Nos anos 1970, 1980 e 1990, a Malakhit especializou-se também na produção de submarinos para fins turísticos e em plataforma de extração de petróleo e gás natural em alto mar, além dos trabalhos para exploração do Ártico.

A Malakhit sempre foi uma empresa estatal, mas apresentou diferentes associações nos últimos cinquenta anos. A última mudança em sua estrutura de capital e de empresa foi a sua transformação – assim como ocorreu com a Rubin – em uma companhia do tipo *Joint Stock*, e passou a pertencer à United Shipbuilding Corporation, em 2007, pelo governo

51. O Kursk afundou após um exercício no Mar de Barrents, entre a Noruega e a Rússia, na parte do Oceano Ártico.

russo. A empresa também tem parcerias com dois importantes portos de fabricação dos submarinos com propulsão nuclear e os tradicionais, a Sevmash e o Amur Shipbuilding, além da criadora de reatores, OKBM. II Afrikantov.[52]

No tocante à produção de submarinos, a Malakhit foi responsável pela construção do primeiro submarino nuclear soviético, em 1958, o *K-3 Leninsky Komsomol* e, além disso, esta empresa é responsável pela construção dos submarinos do tipo de ataque da série 671 (classe Victor) e de seus posteriores. Neste momento, a classe Akula está em fase final de uso para navegação e patrulhamento da Marinha russa e, desde 2006, após o lançamento do Programa de Armamentos da Federação Russa para 2007-2015, começou a construção do Yasen/Graney, em sua primeira versão, o Severodvinsk (K-329). Este foi lançado ao mar em 2012 e há a previsão de mais cinco submarinos prontos até a próxima década.[53] Na parte de propulsão, a classe Yasen possui o tipo de reator de água pressurizada KPM, com a capacidade de 200 MW, com 35 kt.[54] Em relação aos mísseis, existem dois tipos: Alfa 3M51, P-800 Oniks, com velocidade Mach 3; e SS-N-21 Granat/Sampson (SLCM[55]), este último com a capacidade nuclear na propulsão. A tecnologia deste submarino tem radares como o de superfície (Snoop Pair) e o Myedvyeditsa-971. Ademais, o sonar dele é o MGK-500 Shark Gill, feito pelo Morphyspribor Central Research Institute. Em comparação a outros submarinos de ataque no mundo, seu tamanho e número de tripulantes é menor que o padrão existente.

Nos dias atuais, a Malakhit tem desenvolvido, segundo o *site* da United Shipbuilding, o Projeto Triton. Este submarino tem a capacidade de fazer transporte e resgate de pessoas e cumprir missões de verificação de local. A parte de propulsão do veículo não é nuclear, mas do modelo convencional (diesel-elétrico). Além disso, o Triton é capaz de comportar uma pessoa na versão Triton I e três na Triton II.

A parte de P&D da Malakhit apresenta diversas patentes dentro dos órgãos de regulação russa (um total de 75), 67 no sistema Rospatent. No sentido internacional, treze patentes já estão para ser colocadas como pertencente à empresa, além da premiação de *Inventor da Federação Russa* para onze de seus empregados.

Central Design Bureau "Lazurit"

A *Central Design Bureau Lazurit* foi criada em 1953, quando a SKB 112 foi concebida a partir de uma proposta especial para uma empresa de *design* de produtos marinhos do governo soviete, próximo a Krasnoye Sormovo Shipyard (Red Sormovo), na cidade de Nizhny Novgorod – naquela época chamada *Gorky*, capital da província com este mesmo nome. A participação da Red Sormovo na criação estaria vinculada ao fato de esta ter fornecido funcionários para a criação da Lazurit, além de cientistas da Central Design Bureau for Marine Engineering "Rubin".

Entretanto, é importante mencionar que a Lazurit não possui vínculo com as empresas fabricantes de submarinos com propulsão nuclear e não participa do desenvolvimento das classes atuais do tipo de propulsão nuclear e os convencionais. Esta empresa tem um importante valor histórico no desenvolvimento dos submarinos sovietes, principalmente na chamada *era de ouro dos submarinos* da União Soviética. A Lazurit fez parte da fabricação dos Projetos 613, 633, 648, 655 e 657, todos estes do tipo convencional (diesel-elétrico).

O desempenho financeiro da Lazurit aumentou nos últimos anos de forma considerável. Segundo o relatório financeiro de 2011, houve um aumento de 163% entre os balanços de 2009 e 2011 (450.339 rublos em 2009 e 1.186.747 em 2011). Apesar disso, os valores pagos aos fornecedores e a manutenção da empresa é praticamente igual, o que não torna a empresa lucrativa. Conforme relatório anual de 2011 do Conselho Administrativo (Lazurit CDB, 2012, p. 2), a empresa apresentou um lucro menor que o esperado de US$ 7 milhões, valor para manter seu funcionamento, devido à importação por parte do governo russo de um modelo estrangeiro similar ao navio de resgate Igor Belousov, este anteriormente comprado da Lazurit.

52. A Malakhit e a Rubin trabalham com a mesma produtora de reatores.
53. É esperada alguma inovação no sistema de sonares.
54. Nós náuticas.
55. Submarine-launched cruise missiles.

Atualmente, os produtos desenvolvidos pela Lazurit são: plataformas de perfuração, sistemas hiperbáricos, navios de pesca e de frota, usinas de energia elétrica e projetos especiais, como veículos de resgate e para missões submarinas. Na produção nuclear, a empresa pode fazer usina de energia elétrica flutuante presa ao continente (modelo Paes-600) e também na versão alto-mar (este de 40 MW).

Figura 7
Unidade de energia elétrica flutuante de 40 MW

Fonte: Lazurit. Disponível em: <http://www.cdb-lazurit.ru/en_elektrostancii.html>

The State Atomic Energy Corporation Rosatom

A *The State Atomic Energy Corporation Rosatom* é uma das maiores empresas de desenvolvimento nuclear russa, tanto no fornecimento de produtos civis como militares. Criada em 1954, esta empresa foi parte do Estado soviete com *status* de ministério e de agência. Durante o fim da União Soviética e o nascimento da Federação Russa, a Rosatom passou por três fases de reorganização. A última configuração dada à empresa foi por meio da Lei Federal nº 317-FZ/2007. Hoje, a Rosatom comporta mais de 360 subsidiárias, ou *joint-ventures*, com outras empresas para diversos fins. As plantas industriais para produção de defesa estão em Sarov (Nizhny Novgorod) e Snezhinsk (Chelyabinsk), em Ozersk, Chelyabinsk, a Electrokhimpribor (em Lesnoy, Chelyabinsk), em Trekhgorny, Chelyabinsk, e espalhadas em várias partes do país (Rosatom Group, 2014).

O desempenho financeiro da Rosatom tem aumentado nos últimos anos. Após um breve crescimento nos negócios entre 2011 e 2012, destacou-se, em 2013, um crescimento maior, de aproximadamente 12%, no valor das entradas. A maior parte das vendas é oriunda da atividade de geração de energia elétrica, que concentrou 53,7%, ou 233,7 bilhões de rublos, e o restante ficou subdividido em vários segmentos com participação máxima de 15,8%.[56] Um importante fator a se mencionar está na relação entre o Grupo Rosatom e o Estado russo, este último controla os recursos orçamentários e as vendas de exportação de urânio pouco enriquecido, além de ter acesso e controle sobre o estoque de matérias-primas e físseis especiais (especialmente, nuclear). Com base nos informes disponíveis no *site*, a Rosatom tem conformado a construção de vários reatores simultâneos em todo o mundo (nove na Rússia e dezenove ao redor do mundo). A tabela 8 apresenta os resultados recentes da empresa (Rosatom, 2014a).

56. Vendas e negócios.

Tabela 8

Principais resultados financeiros da Rosatom (2011-2013)

(Em ₽ bilhões)

Balança comercial			
	2011	2012	2013
Entradas	389.4	394.8	436.1
Saídas	226.8	269.2	277.8
Lucro bruto	162.6	125.6	158.3
Lucro operacional líquido após impostos	66.5	23.0	42.8

Fonte: Rosatom (2014a)

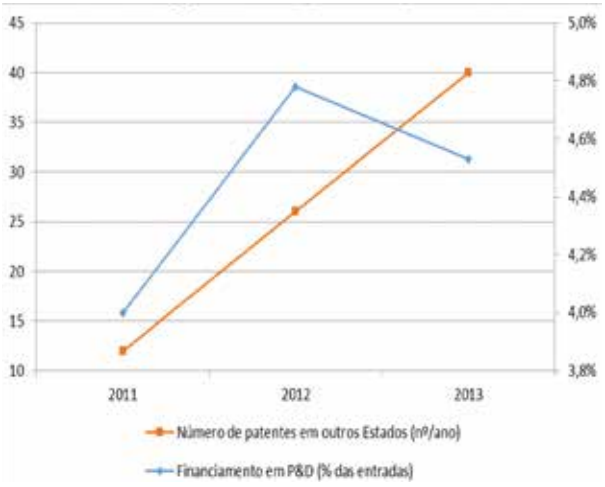
A Rosatom tem um grande rol de atividades econômicas que envolve praticamente todas as áreas de produção de tecnologia nuclear, especialmente no campo civil. Como mencionado na parte financeira, a produção de energia elétrica é responsável pela maior parte da renda do grupo, na Rússia há dez usinas de propulsão nuclear, que produziram 177.3 bilhões de kWh em 2012. Assim como a Areva na França, a empresa com maior desenvolvimento na área de reatores para energia elétrica é potencialmente a fornecedora para os submarinos com propulsão nuclear. Desta forma, a Rosatom, por meio de sua subsidiária OKBM Afrikantov, em Nizhny Novgorod, produz os diversos reatores do tipo de pressão de água usados nas classes de ataque e balística russa, além dos navios quebradores de gelo. Recentemente, o presidente da Federação Russa, Vladimir Putin, mudou o *status* de oito subsidiárias da Rosatom com capacidades na área de defesa; foram elas: Elekhtrohimpribor; the Mayak Production Association; Mining and Chemical Combine; the Centre for Comprehensive Testing of Naval Nuclear Propulsion Plants (Niti); Instrument-making Plant (PSZ); the All-Russian Research Institute of Automation (VNIIA); the All-Russian Research Institute of Experimental Physics (VNIIEF); e the All-Russian Research Institute of Technical Physics (VNIITF) (WNA, 2014a).[57]

57. Conforme o decreto assinado pelo então presidente Putin, o objetivo desta mudança seria a melhora "na investigação teórica e aplicada a estes FSUE, para a criação e apoio operacional em munições e armas nucleares, além da destruição e eliminação de seus componentes" (WNA, 2014a).

A área de P&D da Rosatom possui um reconhecimento importante no número de patentes. Há uma projeção de investir em torno de 4,5% das vendas em 2020. Nos últimos três anos, o valor tem se mantido neste patamar, com uma leve baixa entre 2012 e 2013 (4,78 para 4,53) (gráfico 5). A empresa teve uma pequena queda no quadro de funcionários desde 2011, com uma diminuição de cerca de 5 mil funcionários. Entretanto, é importante destacar que 38,3% destes profissionais são especialistas e/ou cientistas e, deles, 29,7% são pessoas com menos de 35 anos.

Gráfico 5

Evolução da P&D no Grupo Rosatom (2011-2013)



Fonte: Rosatom (2014c)

Uma importante investida da Rosatom é no mercado internacional. Hoje em dia, a empresa tem presença em quase todo o mundo, representando quase um quinto do mercado de combustível nuclear, além de 40% do mercado de enriquecimento de urânio e de ser a única a produzir embarcações quebradoras de gelo movido à energia nuclear. A presença da Rosatom em Estados como o Cazaquistão – maior reserva de urânio no mundo – se deu mais efetivamente com o acordo firmado em outubro de 2014, com o propósito de construir uma usina nuclear para fornecimento de energia elétrica totalmente operada pelo grupo. Em relação à exploração no mundo, a Rosatom tem participação em 37 Estados, seja de forma integral, seja por meio de acordos de *joint-venture*.

França

A produção de armamentos com propulsão nuclear franceses surge, geralmente, por meio da demanda do Ministério da Defesa e de forma específica, da Marinha. A Aeronáutica possui mísseis de ataque de curta distância à base de urânio (NTI, 2014b). Não obstante, há uma iniciativa de expandir o desenvolvimento tecnológico para outros Estados, como forma de ampliação da política de dissuasão.

A estratégia francesa em relação ao tema nuclear continua em atividade mesmo com o fim da Guerra Fria e o início do século XXI. Com a ratificação do Tratado de Não Proliferação Nuclear em 1992 e o fim dos testes nucleares em 1996, a França tem dado os passos para cumprir com os propósitos do TNP. Como detentora de uma tecnologia nuclear, tanto no sentido civil como no militar, que abrange quase a totalidade dos serviços para a implantação de um reator e a geração do combustível, a França tem participação em diversos projetos em alguns países do mundo, em especial, o Brasil. Além disso, segundo o especialista em defesa Jean Dominique Merchet, em uma entrevista para a BBC (Marcus, 2012), a necessidade do controle da tecnologia nuclear para produção aérea (mísseis) e marítima (porta-aviões e submarinos) seria para uma forma de evitar algo parecido com a Segunda Guerra Mundial.

A obtenção de urânio por parte do Estado francês é feita pela exploração em algumas regiões locais, assim como a partir da participação de empresas francesas, como a Areva (antes Framatome), em outros países de vários continentes, por exemplo, África e a América do Norte. Em território francês, segundo o WNA (2014b), a extração iniciada na década de 1950 intensificou-se sob o contexto do choque do petróleo de 1973 e 1977, em parceria com a Westinghouse. No caso da importação de urânio, a Franca explora por meio de subsidiárias da Areva, como no caso da Somair em Arlit, Níger. Esta região enfrenta conflitos por ser perto de Mali e por sofrer as intervenções militares provocadas pela Al Qaeda (Coface, 2014). Outros Estados com participação francesa na exploração de urânio são: Alemanha, Austrália, Canadá, Cazaquistão, Estados Unidos, Gabão, Mongólia, Namíbia e República Centro-Africana. Recentemente, a Areva tem firmado parcerias com a estatal chinesa China National Nuclear Corporation (CNNC) para aprimorar a área de transporte e logística do combustível nuclear chinês (Areva, 2015c).

A construção de submarinos com propulsão nuclear francesa é recente se se analisar os números de gerações. A primeira geração do tipo de ataque foi o SSN Rubi, com a construção iniciada na década de 1980 e com quatro submarinos em ação no mar. No caso dos submarinos balísticos, a classe Redoutable iniciou-se em 1963, com o lançamento no mar em 1971, com duas atualizações até a última versão de 1985. Estas duas classes foram substituídas pela Barracuda para os tipos de ataque e o Le Triomphant naqueles referentes aos balísticos. A França alcançou a tecnologia nuclear para os modelos de porta-aviões por meio da versão única, o Charles de Gaulle, no início do século XXI. Contudo, há uma demanda para se fazer uma classe com vários porta-aviões a partir desta tecnologia.

As empresas francesas desenvolvedoras de produtos nucleares, seja por meio de montadoras ou somente fornecedores de reatores nucleares, são a DCNS e a Areva. Todavia, há participação da Thales e outras, mas em partes menores, como mísseis, sistemas integrados e sonares. Um traço importante a se tratar sobre isto é a porção majoritária do Estado francês no capital acionário destas empresas.

Direction des Constructions Navales Services (DCNS)

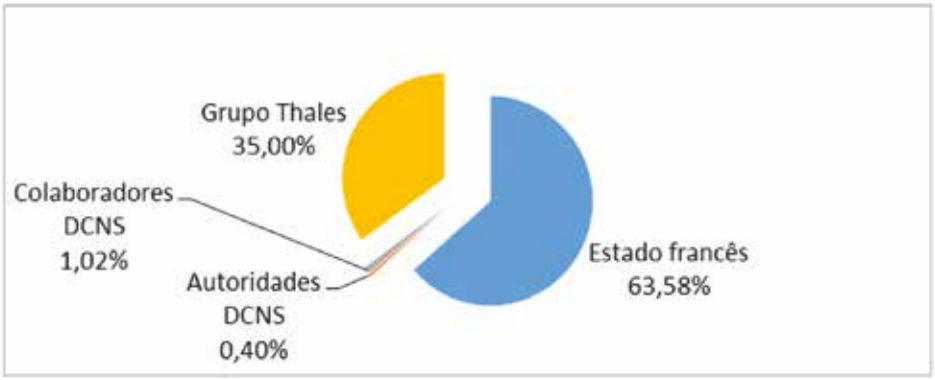
A Direction des Constructions Navales Services (DCNS) é uma das principais empresas no ramo nuclear atuante no mundo. Com uma grande tradição desde o século XVII, a DCNS atua em conjunto com os interesses estatais desde a sua consolidação como empresa nos anos 1970 e, em especial, sob os efeitos da Lei nº 83-675/1983, também chamada de Ato da Democratização.[58] Nos assuntos vincula-

58. Esta lei, assinada em 26 de julho de 1983, propôs a democratização dos serviços públicos, ou seja, deu a possibilidade de haver investimento por parte de empresas privadas ou investidores. Além disso, os funcionários também responderiam conforme o direito privado. Disponível em: <http://goo.gl/MwpYFC>.

dos à energia nuclear, apresenta-se como uma das principais empresas a difundir o conceito de dissuasão no mundo por meio de seus negócios, segundo apresentado em seu *site*. Com o seu capital praticamente concentrado nas mãos do Estado francês até 2007, o seu nome era Direction des Constructions Navales (DCN). Entretanto, a partir dos desdobramentos do Projeto Convergência, formou-se uma *joint-venture* com o Grupo Thales e nasceu a DCNS. Para a formação deste negócio, foi necessário ceder uma parte das ações da empresa DCN em troca de todo o aparato naval da Thales. Segundo análise da Global Security (2014), a união entre as duas empresas mostra a tentativa de adequação às novas exigências do mercado naval na Europa. Desta forma, a composição acionária da empresa ficou conforme mostra o gráfico 6.

A DCNS possui a capacidade de trabalhar em quase todas as áreas do sistema naval, além de atuar também na área de tecnologia de sistemas integrados e na de criação de instalações de energia elétrica movidas a elementos nucleares, ou seja, não se delimita ao segmento de defesa. Outro ponto forte da DCNS é a aplicação em P&D. Em 2014, foram investidos em P&D € 94 milhões, com o enfoque de expandir à cifra de € 120 milhões em 2017. Há uma concentração destes valores entre três áreas: reinvestimento na capacidade atual, subsídios a pequenas empresas e agências estatais, além da *Sold R&D*. A figura 8 traz um breve entendimento dos tipos de produtos oferecidos pela DCNS ao seu Estado assim como ao mundo, dada sua devida proporção e necessidade.

Gráfico 6
Repartição do capital no Grupo DCNS
(Em %)



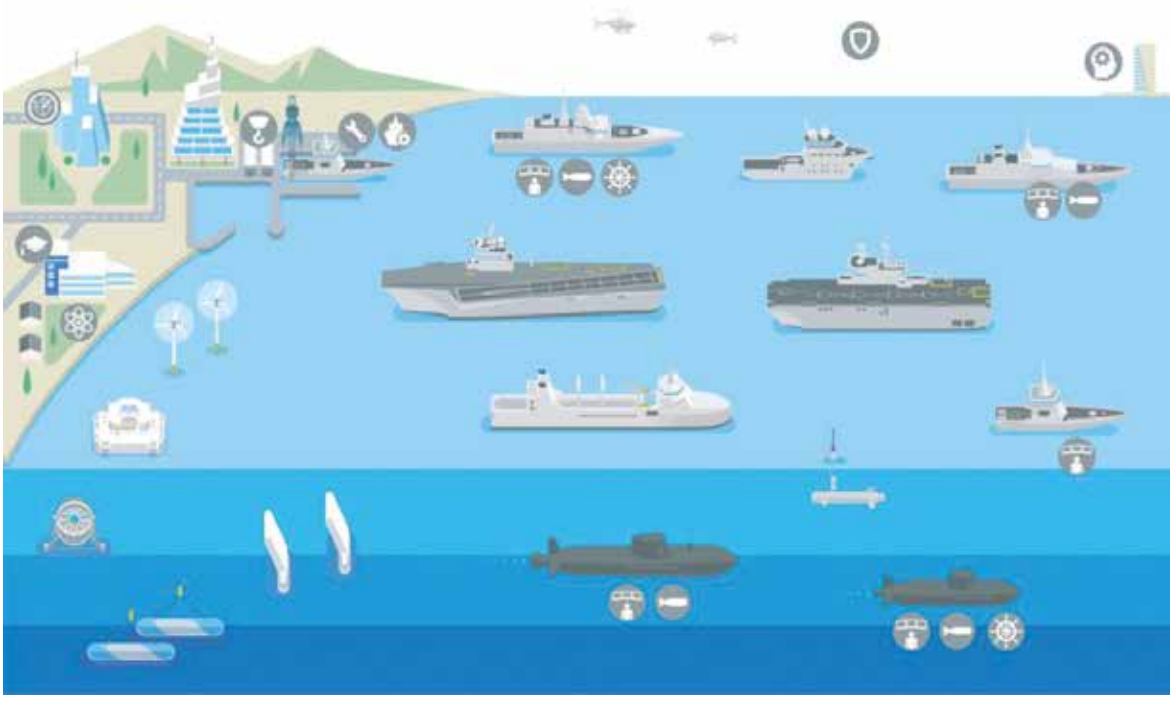
Fonte: DCNS Group (2014a)

A DCNS teve performances em ascendência na área financeira, com o aumento em 14% no valor das vendas entre 2011 e 2013 (de € 2,62 bilhões para € 3,36 bilhões), conforme o relatório anual de 2013 da empresa (DCNS Group, 2014a). A melhoria na cifra é dada pelo valor disponibilizado pela Marinha francesa nos programas de navios e submarinos como a classe Barracuda, além dos novos negócios estabelecidos pela DCNS com países, como Brasil, Índia, Malásia e Marrocos. Em relação aos negócios com os outros Estados, houve uma redução em novos projetos. A justificativa da empresa estaria nas dificuldades ocorridas no mercado de produtos civis nucleares (DCNS Group, 2014a).

Em relação ao desenvolvimento de artefatos nucleares, a Marinha francesa entregou à DCNS a nova geração de submarinos nucleares de ataque, a classe Barracuda (mais compactos), em substituição

a versão anterior, Rubi. Segundo seu *site* (DCNS Group, 2014b), a DCNS tem em sua pauta a entrega de seis desses produtos (primeira versão) para 2017, o *Suffren*. Este submarino acrescentará, em comparação com a versão anterior, um sistema híbrido de propulsão nuclear para diferentes situações, com uma economia maior na velocidade de cruzeiro e uma propulsão turbo-mecânico

Figura 8
Produtos ofertados pelo Grupo DCNS



Fonte: DCNS Group (2014b)

para o caso de alta velocidade. O tipo de reator é o PWR 150 MW K15, também presente na classe *Triomphant* e no porta-aviões Charlie de Gaulle. Em relação às partes de comando e controle, sistemas integrados e sonares, a Grupo Thales participa do desenvolvimento da maioria destes produtos, além da Sagem Défense Sécurité. A classe Barracuda tem mísseis antissuperfície SM-39 Exocet, os mísseis de cruzeiro ataque-terra Naval Scalp, todos estes fornecidos pela MBDA,[59] lançados pelos tubos Nato-standard 533mm (Kable Intelligence Limited, 2014d).

Outra área de enfoque da empresa é o desenvolvimento do programa para a quarta geração de submarinos da classe *Le Triomphant* (lançadores de mísseis balísticos) em substituição à classe anterior, a *L'Inflexible M4*. A parte de propulsão nuclear é semelhante ao modelo de ataque Barracuda, acompanhado da propulsão auxiliar à base de diesel e elétrico, com dois SEMT-Pielstick 8 PA 4 v 200 SM, com uma duração de sessenta dias em ação. Assim como o Barracuda, a Thales é a desenvolvedora dos sistemas integrados e eletrônicos. Um exemplo disto são os radares DR 3000U e o sonar DMUX 80. Em relação aos mísseis, a classe Le Triomphant suporta até 16 M45 fornecidos pela EADS Space Transportation

59. Fusão das subsidiárias das grandes empresas europeias Airbus Group, Alenia Marconi Systems e British Matra BAe Dynamics (a Aérospatiale-Matra Missiles, a Finmeccanica e a BAe Systems, respectivamente).

e equipados com o computador digital Sagittaire. Também é destaque o míssil M51, capaz de trafegar até 8 mil quilômetros. Por último, o submarino comporta os mísseis antinavio Exocet SM39, provenientes da MBDA (Kable Intelligence Limited, 2014b).

A França, por meio da DCNS, também alcançou a tecnologia nuclear para a propulsão dos porta-aviões. A primeira versão, o Charles de Gaulle, teve o início dos seus trabalhos em 1994 e foi posto ao mar em 2001. Apesar dos problemas apresentados na finalização da construção, o Charles de Gaulle participou de exercícios em regiões como o mediterrâneo e alcançou 1 milhão de quilômetros navegados. Em relação à sua capacidade de comportar aeronaves, o Charles de Gaulle consegue operar com até quarenta delas, com variações de modelos, como Rafale M e helicópteros (Kable Intelligence Limited, 2014c). O sistema de reator é igual aos dos modelos de submarinos, também tem o apoio de turbinas. As partes de sistemas integrados e eletrônica estão a cargo em sua maioria da Thales, mas com certa participação da Sagem Defense Securite. Os mísseis usados para a bateria antiaérea e antinavio são fornecidos pela Eurosam[60] e também o porta-aviões é equipado com armas Nexter 20F2 20mm, com alcance de até 8 km no tiro.

A DCNS tem expandido seus negócios nos últimos anos em todo o mundo. Atualmente, esta empresa está presente em mais de quinze países, entre eles: Arábia Saudita, Austrália, Canadá, Chile, Cingapura, Irlanda, Malásia, no já estudado Programa de Desenvolvimento de Submarinos no Brasil, entre outros. Como uma empresa do tipo *prime contractor*, a DCNS abriu em cada um destes Estados, uma subsidiária para o cumprimento do contrato previsto, além da criação de novas relações. No caso chileno, as primeiras relações datam de 1997, com as negociações para a compra de submarinos convencionais da classe Scorpène. Em outros países, também há contratos para entrega deste tipo de produto para os próximos anos, como a Índia, por meio de sua subsidiária, a DCNS Índia,[61] além da já entregue Mazagon Dock Limited (MDL), a primeira instalação apropriada para a construção de submarinos *in loco*, em 2012. Em relação à mão de obra, a DCNS tem cerca de 13 mil trabalhadores em vários países do mundo e, entre estes, 12 mil encontram-se na França.

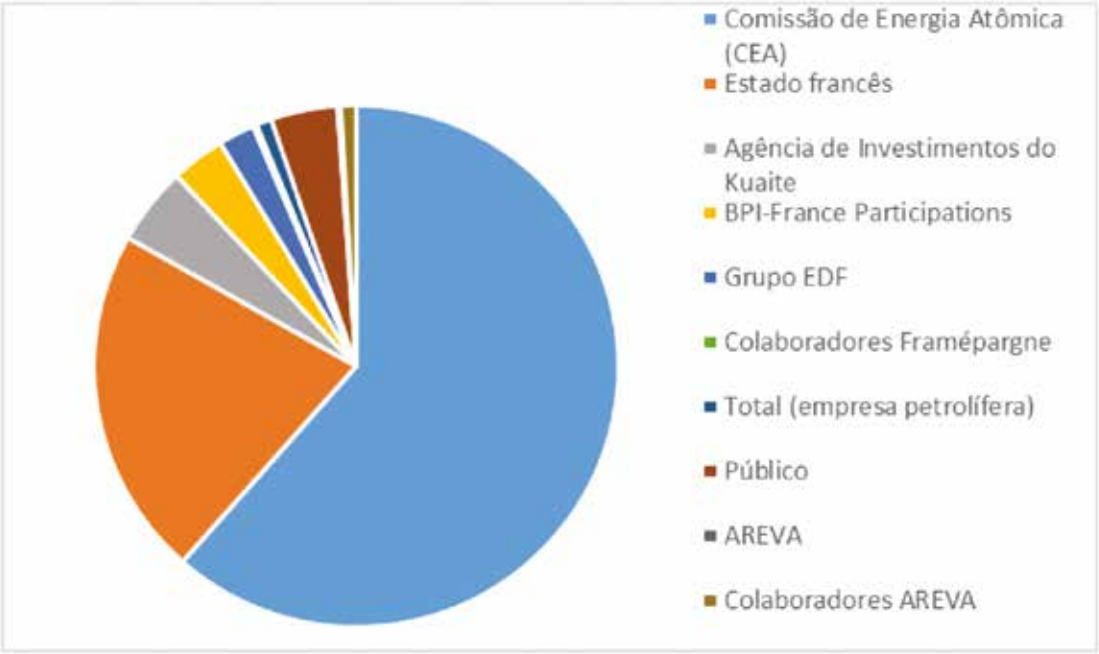
Grupo Areva

A Areva, como é conhecida atualmente, é a conformação da fusão entre a Framatone (a versão original da empresa e hoje Areva NP), a Cogema (hoje Areva NC) e a Technicatome (Areva TA, a parte destinada para a defesa), em 2001. Contudo, sua criação é datada dos anos 1950, com o nome de Framatone, pela união de um conjunto de empresas como o Grupo Schneider Electric, a Westinghouse e outras, com o propósito de fornecer energia elétrica limpa. Segundo o *site* da empresa, a Areva concentra seus serviços em várias áreas, mas com a divisão em cinco pontos macros (mineração, *front end*,[62] reatores e serviços, *back end*[63] e energia renovável).[64] A empresa apresenta um grande capital concentrado nas mãos do Estado francês (proximamente 85%), sob o controle da Comissão de Energia Atômica (Areva, 2015d). A divisão do capital acionário da empresa encontra-se no gráfico 7.

A capacidade de trabalho com três tipos de combustível nuclear (urânio natural, MOX[65] e urânio enriquecido recuperado) é um fator diferencial da Areva. Desta forma, o combustível torna-se adaptável a qualquer tipo de reator, desde o modelo da água pressurizada (PWR) ao da água fervente (BWR). Também há a vantagem do trabalho desde a extração do combustível até o armazenamento, na tentativa de diminuir os gastos com os desperdícios. Os avanços tecnológicos foram objetos de investimentos com a criação da Melox e MOX em Bagnols-sur-Cèze, na França, em 2012. Em P&D, a Areva investiu, em 2012, cerca de € 448 milhões (4,8% da receita), além da criação de 124 invenções patenteadas.

60. Os mísseis usados no porta-aviões Charles de Gaulle são os Aster 15.
61. Nesta análise, não há um empreendimento em focar se as demandas estão com o prazo de finalização da construção em dia ou não.
62. É a conversão e o enriquecimento para o urânio enriquecido e a formação do combustível para os reatores nucleares.
63. É a reciclagem do combustível utilizado e o provimento dos serviços de transporte, limpeza e retirada do produto.
64. Informações disponíveis em: <http://goo.gl/aDNHRX>.
65. Mistura de urânio com plutônio.

Gráfico 7
Repartição do capital no Grupo Areva
(Em %)



Fonte: Areva (2014)

A área destinada ao desenvolvimento dos reatores para propulsão nuclear que está alinhada ao setor de defesa é a Areva TA. Com os três centros de produção localizados em Aix-en-Provence, Saclay e St-Paul-Lez-Durance (todos em território francês), há a obtenção do ciclo completo, como o desenvolvimento do programa naval, o combustível nuclear, os simuladores e treinamentos para aplicação dos bens construídos. Nos últimos anos, a empresa tem participado do projeto, em conjunto com a DCNS, dos submarinos de ataque com propulsão nuclear da classe Barracuda. Segundo divulgação do *site Defense News*, cabe à Areva TA, a produção do reator (Defense News, 2011).

Em relação ao desempenho financeiro, a Areva tem lutado contra o fluxo de caixa negativo desde 2006 (Areva, 2014). Segundo os últimos resultados divulgados pela empresa, no ano de 2013, o fluxo de caixa positivo foi alcançado, mas sob forte corte e difícil ambiente. Os fatores contribuintes para este momento de difícil transição para a empresa estaria na crise mundial existente e, com maior contribuição, os efeitos da crise na instalação de energia elétrica na base de tecnologia nuclear de Fukushima, no Japão.[66] Para contornar esta fase, a Areva desenvolveu um programa de melhorias chamado Ação 2016, que visa, por meio de novos negócios, avanços tecnológicos e propagação de uma energia elétrica a base nuclear mais segura, diminuir os efeitos econômicos negativos. Segundo recente informação divulgada pela agência de notícias *Reuters* (Thomson Reuters, 2014), a empresa suspendeu as metas para os próximos dois anos devido ao atraso no começo do projeto nuclear na Finlândia (previsão de lançamento para 2018), este em parceria com a Siemens, e o lento recomeço do uso de reatores nucleares por parte dos japoneses. A tabela 9 mostra os resultados financeiros da Areva em 2013, por setor produtivo.

66. . Referente à crise provocada após o maremoto no Japão.

Tabela 9
Balanço financeiro da Areva (2013)
(Em € milhões)

		Mineração	Front end	Reatores e serviços	Back end	Energia renovável	Parte corporativa e outras	Total
Resultados	Contribuição para vendas consolidadas	1.756	2.188	3.324	1.736	69	167	9.240
	Entradas operacionais	509	21	-535	308	-39	-254	11
	Receita consolidada (%)	29	1	-16,1	17,8	-57,1	-	0,1
	Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização (EBITDA) – exceto custo de ciclo de vida	655	328	-264	531	-33	-174	1043
	Receita consolidada (%)	37,3	15	-8	30,69	-48,0	-	11,3
Caixa	Despesas líquidas de capital	-335	-727	-147	-115	-12	-38	-1.374
	Mudança no working capital requirement (WCR) operante	216	207	166	68	2	-117	543
	Fluxo livre do caixa operacional	524	-191	-242	484	-42	-328	204
Outros	Mão de obra	4.463	8.555	15.592	11.583	451	4.697	45.340

Fonte: Areva (2014)

A presença mundial da Areva tem sido beneficiada pela, já citada anteriormente, política de dissuasão do Estado francês. Todavia, tal presença é praticamente toda concentrada nas soluções para energia elétrica, como no Japão, com que esta empresa possui uma parceria com desde os anos 1960. Nos Estados Unidos, a Areva é líder no mercado nuclear, com 35 instalações em vinte estados. Recentemente, a empresa venceu dois contratos para armazenamento de resíduos utilizados, contratos estes que totalizam US$ 70 milhões.[67] Em relação ao Brasil, a Areva tem negociado a produção de energia por meio da biomassa, além de manter presença em Angra dos Reis. A Areva do Brasil é uma empresa com seis funcionários no Rio de Janeiro. Na figura 9, tem-se uma amostra da presença da Areva no mundo.

Figura 9
Presença da Areva no mundo

Fonte: Areva (2015a)

67. Informações disponíveis em: <http://goo.gl/d1XX3K>.

Reino Unido

O Reino Unido possui a demanda por armamentos com propulsão nuclear feita por seu Ministério da Defesa, em especial, pela Marinha. Entre as outras Forças, não há nenhum traço histórico ou intenção política para o desenvolvimento de um produto próprio com propulsão nuclear.

A estratégia britânica para a dissuasão nuclear é presente a partir do uso desta tecnologia para os fins militares em 1956.[68] Em 2007, o Parlamento britânico decidiu pela manutenção da política de estratégia nuclear e pela implementação de uma nova geração de submarinos (United Kingdom , 2014). O seu foco está no pensamento defensivo em relação ao seu território, mas também na conservação da estabilidade no continente europeu (England e The RT Hon Michael Fallon MP, 2012). Além disso, há outros seis pontos importantes para a sua manutenção:

- Não fazer uso de um ataque preventivo;
- Ter o mínimo de armas nucleares possíveis para os objetivos de dissuasão;
- Usar tais armas somente em condições que possa explicar de todas as maneiras sua necessidade;
- A política de dissuasão estará na mesma conjuntura do pensamento coletivo por meio da Otan na área Euro-Atlântica;
- Um centro independente decidirá os efeitos gerais das políticas de dissuasão nas forças aliadas, mas não proibirá o uso de tais armas quando for necessário;
- Somente o primeiro ministro poderá dar a ordem de disparo das armas nucleares.

O Reino Unido explorou o urânio em suas minas em três períodos separados: 1945-951, 1957-1960 e 1968-1982 (British Geological Survey, 2010). A importação desta matéria-prima é, em sua maioria, obtida da Austrália devido à assinatura de um acordo em 1979, além da *joint-venture* entre a Uranium Resources (empresa de extração britânica) e a Australia's Western Metals na Tanzânia. Todas as produções são gerenciadas conforme os regulamentos locais e da União Europeia.[69]

A construção de submarinos com propulsão nuclear britânico foi iniciada logo após o descobrimento desta tecnologia e dos primeiros testes. Em 1963, o primeiro exemplar do tipo ataque e décimo sétimo em números gerais, o HMS Dreadnought (S101), já estava no mar em missões de patrulhamento. Desta primeira versão até a classe atual, Astute, quatro classes com aprimoramentos, seja na estrutura, seja no uso de armas estrangeiras, como britânicas, foram alcançadas.[70] Em comparação, os modelos de submarinos balísticos tiveram o início de seus trabalhos na década de 1960, por meio do lançamento da classe Resolution (aproveitamento do Programa Polaris[71] de mísseis). A classe atual, Vanguard, começou a patrulhar em 1993 e está em fase de trabalho, mas o Parlamento britânico já aprovou o aprimoramento do programa Tridente de mísseis para a criação de uma classe chamada Sucessora (Turner, 2013). Uma iniciativa demonstrada pelo Ministério da Defesa e pelo Parlamento britânico era a propulsão do porta-aviões Queen Elizabeth ser nuclear, mas devido aos elevados gastos para se trabalhar com tal tecnologia este aprimoramento foi cancelado em 2013 (Kable Intelligence Limited, 2013a).

As demandas solicitadas pela Marinha britânica são supridas pela BAe System. Anteriormente, a Vickers Shipbuilding and Engineering era responsável por estas demandas, mas foi absorvida pela empresa atual. Em toda a história britânica, somente o primeiro submarino com propulsão nuclear, o HMS

68. Os primeiros testes efetuados com armamento nuclear foram em 1952.

69. Regulamentos UE 428/2009.

70. Ainda há algumas versões da classe Trafalgar em operação. O seu prazo de desuso é o ano de 2022.

71. Primeiro programa totalmente britânico de armas

Dreadnought (S101), teve participação dos Estados Unidos no reator, uma vez que era um S1W, da Westinghouse. Além desta empresa, existe a participação da Rolls Royce e da Babcock International Group no fornecimento de partes para o desenvolvimento das classes, como os reatores e a área tecnológica, mais subsidiária britânica da Thales Group, a Thales UK, com o fornecimento de sonares.

BAe System

A BAe System surgiu em 1999, após a fusão da Marconi Eletronic System e a British Aerospace (BAe), duas grandes empresas do ramo de defesa. A conformação do grupo em um conglomerado especializado em diversos produtos para o setor de defesa ocorreu devido à compra de empresas de *cyber security*. A parte relacionada com a produção de artefatos nucleares é proveniente da Marconi, graças à compra da antiga empresa construtora de submarinos nucleares das classes *Swiftsure e Trafalgar*, feitos entre 1973 e 1986, a Vickers Shipbuilding and Engineering (Vicker Armstrong). Hoje, a empresa se divide em cinco grandes grupos de atuação (sistemas eletrônicos, *cyber* e inteligência, plataformas e serviços) em países como os Estados Unidos, o Reino Unido e outros.

Os resultados financeiros recentes apresentam números decrescentes desde o ano de 2010. Segundo os relatórios do Businessweek (BAe Systems PLC, 2014), entre 2010 e 2014, o valor decresceu cerca de 20% (de US$ 31,7 milhões para US$ 25,4 milhões) e o seu lucro líquido baixou substancialmente neste período (de US$ 1,4 bilhão para US$ 253,8 milhões). Em relação aos produtos do segmento chamado Platforms and Services (UK), o qual compreende os produtos de todas as áreas para o Reino Unido, as vendas de produtos marítimos em 2013 foram de 34%, enquanto a parte aérea e de informação foram de 63%. Em relação ao capital acionário da empresa no ano de 2014, a maior parte acionário da empresa está na posse da Invesco Limited com 13,01%, o segundo é da AXA S.A – incluindo-se o grupo de companhias desta empresa – com 5% e em terceiro está a Franklin Resources Inc e suas afiliadas (4,92%) (BAe Systems PLC, 2014).

Tabela 10

Financiamentos, vendas e taxa de retorno (2011-2013)

Categorias	2011	2012	2013
Entrada de financiamentos	4,355m	8,160m	5,979m
Vendas	6,258	5,717	6,890
Taxa de retorno das vendas (%)	10,5	12,2	12,8

Fonte: BAe Systems PLC (2014)

A BAe System é desenvolvedora de dois projetos nessa fase dos submarinos com propulsão nuclear britânica. A estes projetos foram concedidos o desenvolvimento dos modelos das classes *Astute* e *Vanguard* (Programa Sucessor). O primeiro apresenta um submarino de ataque com reatores do tipo PWR2 fornecidos pela Rolls Royce, antes usados na classe *Vanguard* (balística) e, desta forma, maiores que a classe *Trafalgar*. Os sonares para detecção de objetos no mar são os Thales Underwater Systems Sonar 2076 e os mísseis do arsenal são os *Tomahawk Block IV*, oriundos da Raytheon, o qual possui a capacidade de se reposicionar caso não esteja no rumo do alvo. Neste momento, dos seis submarinos solicitados pelo Ministério da Defesa britânico, três foram entregues (HMS Astute S119, HMS Ambush S120 e HMS Artful S121). A intenção seria substituir a frota da classe *Trafalgar* existente e que já está em aposentadoria desde 2009.

A classe *Vanguard* de submarinos britânicos é a atual versão do modelo com mísseis balísticos usados pela Marinha britânica. Lançado em 1993, esta classe substituiu a classe *Resolution* e está em fase de transição devido ao lançamento do Programa Sucessor – com uma reforma no sistema *Trident*. A pretensão para operação desta nova classe é para o ano de 2028, mas ainda precisa da aprovação do Parlamento britânico em 2016. Este passo é dado por meio da reforma do sistema *Trident*, enquanto os modelos *Vanguard* estão em funcionamento. Em relação ao *Vanguard*, este modelo possui um compartimento de armas com dezesseis mísseis *Trident II* ou *D5*, todos com um rendimento entre 100kt e 120kt e a tecnologia Multiple independently targetable reentry vehicle (MIRV), quatro lançadores de torpedos 533mm e mísseis antissubmarino *Spearfish*. Na parte de sonar e sensores, o submarino tem o Thales Underwater Systems Type 2054 desde o início de

sua produção, mas com as melhorias aplicadas pela Lockheed Martin UK, após um contrato ser concedido pela BAe System.[72] O radar de navegação usado é o Type 1007 I-band da Kelvin Hughes. A propulsão dele é feita pelos reatores PWR-2 da Rolls Royce, do mesmo modo usado na classe *Astute*, que alcança a velocidade de 25kt ao estar submerso.

A área de P&D da BAe System sofreu uma pequena redução no valor investido entre 2012 e 2013. Segundo o *business report* da empresa (BAe System, 2014), houve uma queda de 8,3% nos investimentos em P&D (de £ 1,138 milhão, em 2012, para £ 1,051 milhão, em 2013). Em comparação a este ponto, houve um acréscimo na quantia investida em P&D pela própria companhia, a qual passou dos £ 150 milhões em 2012 para um total de 171 milhões em 2013. Outro fator importante são as patentes e as novas invenções. Em 2013, foram pleiteadas 250 novas invenções, as quais totalizam cerca de 2 mil ideias lançadas. A BAe Systems também tem desenvolvido junto com as suas fornecedoras, estas totalizadas cerca de 25 mil novas ideias, novos conceitos a partir de investimentos no valor total de £ 10 milhões.

A BAe Systems tem participação em diversos países do mundo, mas com grande concentração em quatro locais: Arábia Saudita, Austrália, Estados Unidos e o próprio Reino Unido. No caso dos Estados Unidos, a empresa está entre as dez maiores contratadas pela defesa, e tem aproximadamente 78 mil empregados. Ademais, outros Estados, como a Austrália e a Arábia Saudita, possuem um alto nível de relacionamento com esta companhia, que corresponde ao primeiro lugar como fornecedora de produtos de defesa. Na Europa, a BAe Systems tem participação em projetos das marinhas de outros Estados, como no mercado espanhol, francês, italiano e norueguês, além da participação na construção dos mísseis Aster Phase 3, do avião Eurofighter Typhoon (Typhoon Tranche 2A e 3A), dos veículos de combate armado CV90, entre outros.

72. As atualizações feitas foram na área de processamento de arquitetura baseados em modelos da Marinha americana desde os anos 1990. Tal atualização foi integrada ao sistema em 2009. Disponível: <http://goo.gl/OwJZ61>.

Tabela 11
Vendas por países (2013)
(Em %)

Países	Vendas
Estados Unidos	37
Reino Unido	26
Arábia Saudita	20
Austrália	5
Outros países	12

Fonte: BAe Systems PLC (2014)

China: Marinha do Exército de Libertação Popular e empresas estatais

O desenvolvimento de artefatos nucleares chineses concentra-se em sua Marinha, a Marinha do Exército de Libertação Popular (PLAN), em especial na divisão de submarinos – a Força Submarina da Marinha do Exército de Libertação Popular. As empresas construtoras possuem uma estrutura de capital aberto, com o controle majoritário do Estado chinês, mas com a participação de empresas da iniciativa privativa.

A necessidade estratégica do PLAN, tanto em relação às condições atuais como com a modernização em curso, tem o enfoque na proteção da região marítima chinesa. Segundo análise feita pelo Congresso estadunidense (O'Rourke, 2014), alguns fatores motivam a melhoria dos aparatos militares chineses, como a relação com Taiwan, a necessidade de defender ou proteger os territórios ultramarinos chineses no leste e no sul, a ênfase eficaz da regra das 200 milhas marítimas (zona econômica especial), a diminuição da influência dos Estados Unidos no Pacífico oeste, além da reafirmação do *status* de líder regional e umas das maiores potências mundiais.

A obtenção de urânio para produção de bens tanto na área civil como na militar chinesa é ainda dividida entre a extração em reservas próprias e a importação de outros Estados, como Austrália, Canadá, Cazaquistão, Namíbia, Níger e Uzbequistão. Em seu território, a extração é operacionalizada pela China National Nuclear Corporation (CNNC), esta é uma estatal também controladora de parte do ciclo do combustível nuclear chinês. Na tabela 12 há um detalhamento das minas de urânio em atividade no território chinês, com a descrição do tipo de mina, entre outros fatores.

Tabela 12

Minas de urânio em operação na China

Mina	Província	Tipo de mina	Capacidade nominal (toneladas de urânio ao ano)	Início da extração
Fuzhou	Jiangxi	Subterrâneo, moagem	500	1966
Chongyi	Jiangxi	Subterrâneo, *heap leach*	300	1979
Yining	Xinjiang	In-situ leach (ISL)	500	1993
Lantian	Shaanxi	Subterrâneo, *heap leach*	100	1993
Benxi (& Ginglong)	Liaoning	Subterrâneo, *heap leach*	220	1996 e 2007
Shaoguan	Guangdong	Subterrâneo, *heap leach*	200	2008
Total			1.820	

Fonte: IAEA (2012)

A associação da tecnologia nuclear com os produtos militares começou em conjunto com o uso da tecnologia para fins civis na década de 1950, estimulado pelo apoio soviético, mas com a postura de construção de um modelo próprio (FAS, 2006). Em relação às classes dos submarinos atuais, o modelo de ataque está no Type 093[73] (ou 09-V), com o início dos lançamentos para 2002 e uma atualização (Tipo 093A) para a década atual. Recentemente, foram lançados dois modelos, mas já há um consenso sobre o planejamento de uma nova classe, a Tipo 095 (ou 09-V) (Page, 2014). No tocante aos submarinos balísticos, a classe Tipo 094[74] (ou 09- IV) teve seu lançamento em 2004, com o enfoque de se fazer entre cinco e seis outros submarinos. Esta classe passou a operar em mar em 2014.

Em relação às empresas, apesar da existência dos portos para a construção, a seguir será feita uma breve descrição do conglomerado China Shipbuilding Industry Corporation (CSIC) e, em especial, da sua subsidiaria, a Bohai Shipbuilding Heavy Industry.

China Shipbuilding Industry Corporation e Bohai Shipbuilding Heavy Industry

A China Shipbuilding Industry Corporation foi constituída em 1999, por meio da junção de várias empresas estatais chinesas, investimentos por parte do Estado e ativos empresariais, com um total de 46 empresas e 28 institutos de pesquisas. Em 2009, seu capital foi aberto na Bolsa de Valores de Xangai, que alocou mais de ¥ 6,6 bilhões. Contudo, o capital acionário ainda fica concentrado nas mãos do Estado, com 65,13%. Esta empresa concentra 80% das vendas da Marinha chinesa, enquanto algumas de suas subsidiárias, como a Bohai e Dachuan, têm a totalidade da venda de navios de superfície e de submarinos, tanto convencionais (movido a diesel) como os de propulsão nuclear.

A CSIC tem um complexo sistema de P&D, com quatro centros de pesquisas, dois para defesa, além de centros nacionais de pesquisa e desenvolvimento para ciência, indústria e tecnologia. Após a conformação do conglomerado, a empresa tem cinco subsidiárias desenvolvedoras de tecnologia-padrão para o Estado chinês. No total, são 28 centros de pesquisas e, dentro da empresa, 140 mil funcionários.

A empresa neste conglomerado responsável historicamente pela construção de todas as unidades de submarinos é a Bohai Shipbuilding Heavy Industry Co. Ltd. (BSHIC), localizada na cidade de Huludao, no porto com o mesmo nome, no mar de Bohai. A BSHIC é a conformação de uma *joint-venture* entre: China Shipbuilding Industry Corporation (CSIC); China Development Bank; China Huarong Asset Management Corporation; e China Construction Bank. A Bohai Shipyard foi criada em 1954 e tem em seu histórico a construção de 200 navios para diferentes tipos.

A BSHIC tem desenvolvido os submarinos para a Marinha chinesa desde a sua criação nos anos 1950. Em relação aos tipos de ataque, a classe atual (Tipo 93 09-III ou, como denominado pela Otan, Shang)

73. Designado pela Otan como classe *Shang*.
74. Designado pela Otan como classe *Tang*.

teve seu desenvolvimento desde a década de 1980 e é substituto da classe Han. Esta classe possui o *design* baseado na classe russa Victor II. Após o comissionamento do primeiro submarino, houve melhorias para uma versão mais atualizada chamada de Type 093A, que teve sua primeira versão lançada em 2012, além de ter três outros modelos em produção. Em relação aos critérios técnicos, este submarino possui os mísseis YJ-85, seis lançadores de torpedos 533 mm e/ou 650 mm, estes Yu-6. Ademais, sua capacidade de se manter no mar seria de oitenta dias e a tripulação máxima para seu pleno emprego é de cem pessoas. Existe um projeto chinês em conjunto com a Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute (SNERDI) para a construção de um novo reator, com capacidade de gerar 200 MWt em temperatura baixa para este tipo de produto (250º graus), além de duas turbinas externas e um prazo de cinco anos para troca de combustível (WNA, 2014c).

O submarino nuclear lançador de mísseis balísticos (SSBN, sigla em inglês) da China foi lançado em 2004, após décadas de desenvolvimento, e tem o *design* baseado no Tipo 093 (classe Shang). A Marinha chinesa pretende ter seis unidades destes até 2015 (Skypek, 2010). Este submarino possui doze lançadores e a capacidade de ter doze mísseis do tipo JL-1 e JL-2. Além disso, sua vida útil é de 20 a 25 anos, e ele tem capacidade de operar com 120 pessoas e de levar carga de suprimentos para três meses. Enquanto produz esta classe, há a previsão da construção do Tipo 096, classe *Tang*, com o dobro de mísseis em comparação ao anterior.

Marinha indiana e empresas estatais

A Índia não apresenta empresas privadas com conexões aos contratos para construção dos submarinos com propulsão nuclear.[75] Desta forma, as construções são feitas por órgãos públicos interligados com a Marinha indiana, como o Bhabha Atomic Research Centre (Barc) e parte do Ministério da Energia; a Hindustan Shipyard Limited, Defence Research and Development Organisation (DRDO); e a Defence Research and Development Organisation, estas últimas duas como parte do Ministério da Defesa. A iniciativa da defesa indiana em produzir embarcações de diversas classes e propósitos, além dos submarinos (convencionais ou de propulsão nuclear), está na necessidade de assegurar o comércio, principalmente porque, segundo o relatório do Ministério da Defesa da Índia (Índia, 2014b), mais de 90% do volume de negócios e 77% do valor obtido por meio de negócios são efetuados por via marítima.

O orçamento destinado gasto com defesa da Marinha é o menor entre as Forças Armadas, o qual está entre 17% a 19% nos últimos três orçamentos do Ministério da Defesa. Existe a previsão, segundo o informativo anual do Ministério da Defesa, de aumentar o valor de investimentos de uma forma tímida (₽ 33.393,21 milhões para ₽ 37.808,46 milhões), mas este montante ainda assim estaria longe do percentual destinado às outras Forças. Em relação à empresa Hindustan Shipyard Limited (HSL), houve uma redução nos rendimentos entre 2012 e 2013, principalmente devido a uma baixa nas vendas. Os percentuais de entrada e saída têm apresentado um elevado valor nos gastos, os quais não podem ser alcançados pelas entradas. As razões para o elevado valor nos gastos estão no aumento de 28% em materiais de consumo interno.

A principal construtora de submarinos com propulsão nuclear é a HSL. Esta empresa foi criada a partir da compra pelo governo indiano de dois terços da empresa Scindia Shipyard Limited, em 1952. Em 1961, o Estado comprou o restante da empresa. A companhia desenvolve tanto projetos de construção como de reparação de navios, entre os quais se pode destacar a entrega de dezenove navios nos últimos cinco anos e de oito plataformas petrolíferas para diferentes Estados. Em relação à P&D, a HSL tem trabalhado no aumento do porte de seus navios, além de obter várias licenças de operação, tanto por parte da Areva como de Autocad-14.

A Defence Research and Development Organization (DRDO) é uma rede de institutos, laboratórios e órgãos de pesquisa que tem o propósito de desenvolvimento de diversas áreas da defesa, como

75. . A única exceção neste caso é a Tata Power, que fornece a parte de sistemas do submarino.

engenharia de combate, plataformas aeronáuticas, produtos navais, sistemas tecnológicos, veículos de combate, entre outras. Criada a partir da união do órgão Technical Development Establishment (TDEs), este parte do Exército indiano, da Directorate of Technical Development & Production (DTDP) e da Defence Science Organisation (DSO), em 1958, a DRDO tem o papel de avançar tecnologicamente os produtos para fins militares. Hoje, esta empresa possui 52 centros de pesquisas, somados aos 5 mil cientistas e pesquisadores fixos, totalizam 30 mil pessoas com trabalhos em P&D.

No tocante aos submarinos de ataque com propulsão nuclear, a classe Chakra de ataque foi desenvolvida em território russo com base na classe Akula II, esta pertencente ao Programa Nuclear da ex-União Soviética e construída pela Amur Shipbuilding Plant,[76] em Komsomolsk-on-Amur, no estado de Khabarovsk Krai. O desenvolvimento iniciou em 1993, mas, após enfrentar diversos problemas de financiamento, teve sua finalização em 2008. Seu lançamento oficial ocorreu em 2012, mas sob a suspeita de um possível acidente ocorrido em um teste feito em 2009. O aluguel para obtenção do primeiro submarino foi de dez anos e custou cerca de US$ 970 milhões. Como não foram divulgadas as capacidades nem o funcionamento do INS Chakra, a configuração de um submarino da classe Akula (tipo de submarino alugado) seriam os mísseis antibarcos Novator SS-N-15 Starfish e o Novator SS-N-16 Stallion. Outro componente são os mísseis de cruzeiro 2 Granit. Em relação ao seu modo de propulsão, o modelo utilizado é o reator de agua pressurizada (PRW) VM-5.

Os submarinos nucleares lançadores de mísseis balísticos da classe Arihant são os primeiros a serem desenvolvidos totalmente em território indiano. Estima-se que seu preço está em US$ 2,9 bilhões, um trabalho conjunto da Marinha Indiana, da Bhabha Atomic Research Centre e da Defence Research and Development Organisation. Seu *design* é baseado na classe Akula II, da Rússia. O reator do tipo PWR fornecerá 83 MW, e será construído pela BARC, mas com o apoio de empresas russas, as turbinas a vapor ficarão a cargo da empresa Walchandnagar. Na parte de sistemas e tecnologias, caberá a Tata Power seu desenvolvimento. Os sonares a ser usados serão uma "combinação" dos USHUS – feitos em parceria com empresas estrangeiras e usados anteriormente para a classe Sindhughosh de submarinos convencionais – e dos Panchendriya, estes considerados os primeiros 100% criados em território indiano. A parte de armamento do submarino está planejada para ser capaz de carregar doze mísseis K-15. Conforme a análise da Naval Technology (2014), este submarino terá a capacidade de ter qualquer tipo de míssil (antissubmarino, torpedos, entre outros).

A Índia possui sete minas de urânio para exploração,[77] além de outras descobertas recentemente, como o caso de Tummalapalle, esta tratada sob as primeiras prospectivas de que tem o potencial para ser uma das maiores do mundo. As minas da Índia são controladas pela Uranium Corporation of India e, segundo o último boletim lançado em 2013-2014 (Ucil, 2014), este foi o ano com maior resultado na parte de processamento do urânio retirado das minas.

Desafios e oportunidades para o Brasil

Esta subseção tem a proposta de apresentar possíveis novos mercados ou Estados com capacidades de compartilhar sua tecnologia com o Estado brasileiro, principalmente pelo seu interesse em expandir os seus negócios na região, como o caso da China e da Rússia. É importante verificar o quanto tais Estados podem beneficiar o Brasil, a fim de evidenciar um possível estreitamento além do esperado pela vontade demonstrada publicamente de tais empresas em desenvolver novos negócios na parte de usinas de produção de energia elétrica, mas também focar em parcerias para a área de desenvolvimento. Embora tenha-se a presença do Grupo DCNS na composição e no avanço do Prosub, nesta parte do texto,

76. Empresa fundada em 1932, começou a construir submarinos nucleares a partir 1957 – foi primeira empresa a trabalhar com este produto. Em 2009, foi comprada pela empresa estatal United Shipbuilding Company (USC).

77. As minas são: Jaduruga, Bhatin, Turamdih, Narwapahar, Banduhurang, Bagjata, Mohuldih,

pensar-se-á em como trazer novos parceiros e resultados. Ademais, uma opção viável seria a Argentina, parceira em um complexo e histórico sistema institucional de salvaguardas nucleares, com a firmação de vários acordos e, em especial, a criação da ABACC, em 1991.

Brasil – Argentina

A relação no âmbito nuclear entre a Argentina e o Brasil iniciou-se a partir da década de 1980, com a assinatura do Acordo de Cooperação entre o Brasil e a Argentina para o Desenvolvimento e a Aplicação dos Usos Pacíficos da Energia Nuclear. Desde esse período, houve uma iniciativa de ajuda reciproca para o desenvolvimento desta tecnologia para fins pacíficos.

O grande marco para a conformação desta associação foi a criação da Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares em 1991, no mesmo período da estruturação do Mercado Comum do Sul (Mercosul). A finalidade desta agência é fiscalizar se os materiais fabricados a partir da tecnologia nuclear, usados ou desenvolvidos em programas de pesquisa e desenvolvimento, possuem fins pacíficos. Com a formação desta política de salvaguardas, o sistema de controle utilizado é chamado de Sistema de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares, o SCCC. Segundo informações da instituição, o objetivo de sua conformação seria: "uniformizar os procedimentos de salvaguardas utilizados nos dois países para serem aplicáveis nas inspeções, garantindo assim, a consistência dos resultados obtidos" (ABACC, 2014). Outro importante passo dado em conjunto pelos dois Estados foi a assinatura de um programa nuclear em conjunto do Brasil e da Argentina, em 2009.

Dessa forma, é importante ressaltar que a conformação do Prosub e o nascimento da relação com a França teve uma grande repercussão na região desde o seu início. Recentemente, a Argentina concluiu um pacto para construção de usinas em seu território com o apoio do Grupo Rosatom. Entretanto, é possível firmar um acordo para um maior desenvolvimento e entendimento das duas partes para a construção de uma política de bom trato para o desenvolvimento nuclear, ou seja, aprofundar os benefícios obtidos por meio da ABACC.

Brasil – Rússia

A Rússia iniciou um estreitamento no mercado latino-americano principalmente por meio da presença do Grupo Rosatom em meados de 2014. Segundo seu atual presidente, Sergey Kiriyenko, a intenção principal está em parcerias com a Argentina e o Brasil (Telam SE, 2014). O acordo com a Argentina foi firmado na reunião dos BRICS (grupo formado por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), em julho de 2014. Em relação ao Brasil, houve o interesse, por parte da Rússia, citado anteriormente, em participar do Programa de Desenvolvimento de Submarinos e também da construção de usinas para o fornecimento de energia elétrica. Durante a mesma reunião em que foi firmada a parceria com a Argentina, também houve negociações com o Estado brasileiro sobre o mesmo tema, mas até a data presente não houve a assinatura de nenhum acordo oficial de cooperação.

A Rússia, como grande produtora de bens nucleares, aumentou sua participação no mercado internacional com a assinatura de contratos com países como o Egito e o Irã, além da Argentina, já citada anteriormente, em 2014. Atualmente, sua presença no mercado internacional e também no nível de tecnologia é alta, e o seu interesse pelo mercado brasileiro é um fator importante para se considerar, além da relação existente com a França.

Brasil – China

A China apresenta-se como outro mercado a se estabelecer uma possível parceria. Segundo informações da Associação Brasileira de Energia Nuclear (Aben, 2014), a China National Nuclear Corporation (CNNC) procura uma oportunidade de se inserir no mercado do Brasil por meio do fornecimento de soluções para a energia elétrica. Entretanto, isto pode ser avaliado sob uma nova perspectiva, uma vez que todo material nuclear é de propriedade da União. A intenção da CNNC em expandir seu mercado na América Latina também é evidenciada com a já atual avançada relação com a Argentina para a construção de sua quarta usina – a empresa fornecerá o reator para o funcionamento desta.

O estreitamento de laços cooperativos com a China é também um importante desafio para o Brasil, uma vez que tal nação faz parte dos Brics e a proximidade geraria novos negócios para o país. Além disso,

o programa nuclear chinês está em um processo de desenvolvimento dos submarinos de ataque, balísticos e dos futuros porta-aviões.

PERFIL DAS FIRMAS DO SEGMENTO DE PROPULSÃO NUCLEAR NO BRASIL

Metodologia

Neste estudo, a seleção das firmas para composição do segmento de propulsão nuclear foi estabelecida com o recorte de 31 empresas, seleção esta beneficiada pela contribuição do Ministério da Defesa, das Forças Armadas e, sobretudo, da Marinha do Brasil, por meio de sua Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino. Além disso, outros órgãos com parcerias de projetos já estabelecidas ou futuros trabalhos, como o caso do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), também foram úteis para este estudo, ao fornecer dados para o objeto em análise e algumas informações. Ressalta-se, contudo, ser importante considerar que os dados analisados podem ou não estar inteiramente relacionados com o segmento de defesa, por serem obtidas por meio das informações da firma como um todo.

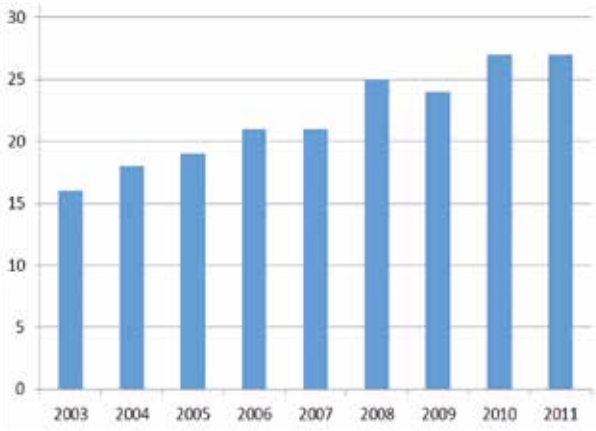
Os dados usados nesta seção do trabalho foram colhidos a partir de algumas fontes, como a base de dados da Relação Anual de Informações Sociais (Rais), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). A segunda fonte de dados foi obtida a partir do desempenho das firmas no mercado internacional, principalmente em relação à evolução de suas exportações e importações; informações estas concedidas pela Secretária de Comércio Exterior (Secex). Uma terceira fonte com dados referentes à atuação em P&D, com maior especificação na área de inovações, foi a Finep.

Um importante tema dentro da análise do segmento de propulsão nuclear é a participação das empresas com capital estrangeiro, com um recorte maior de 50%, pois, desta forma, consegue-se analisar o máximo possível de firmas internacionais. Desta forma, nas próximas seções, farar-se-á uma análise das firmas em importantes aspectos, o que possibilitará traçar um perfil deste segmento.

Estrutura produtiva

A estrutura das empresas pode ser compreendida sob o aspecto primário do número de empresas presentes no segmento. Segundo o recorte de 31 empresas deste segmento, percebe-se uma evolução no número de firmas presentes na base de dados da Rais. O maior número enriquece a análise e dá profundidade para os outros parâmetros. Só para efeito de comparação, em 2003 existiam cerca de dezesseis empresas com dados disponíveis, com o passar dos anos, até os dois últimos anos disponíveis (2003-2011), este número já estava em 27.

Gráfico 8
Evolução do total de empresas com dados na Rais (2003-2011)



Fonte: Rais/MTE

Um segundo aspecto relevante é a média de funcionários da empresa sob o total delas presente. As firmas do segmento de propulsão nuclear selecionadas apresentaram um total de mais de 4.600 funcionários no último ano em análise (2011), o que correspondeu a um aumento de pouco mais de 1 mil funcionários em relação ao ano inicial (2003), mesmo com quase todas as empresas com dados na Rais. Desta forma, nota-se que o número médio de funcionários por empresa teve um breve crescimento fomentado pelo aumento da amostra. Isto pode ser explicado no próximo parágrafo, que trata do porte das empresas (tabela 13).

Tabela 13

Comparação entre o número total de empregados, o número total de firmas e o número de empregados por firma (2003-2011)

Ano	Empresas no segmento	Empresas na Rais	Total de empregados	Total médio de empregados por empresa
2003	31	16	3.517	219
2004	31	18	3.672	204
2005	31	19	3666	192
2006	31	21	3.695	175
2007	31	21	4.103	195
2008	31	25	4.555	182
2009	31	24	4.411	183
2010	31	27	4.536	168
2011	31	27	4.652	172

Fonte: Rais/MTE

Conforme mencionado anteriormente, o porte das firmas selecionadas e participantes do segmento de propulsão nuclear está, em quase sua totalidade, dentro de empresas pequenas com poucos funcionários. Geralmente, são empresas fundadas por militares na reserva, com conhecimento aprendido no período em que estavam em atividade, além de recursos humanos especializados para a Base Industrial de Defesa (BID). Isto proporciona o desenvolvimento de seus produtos com inovações próprias, mas com produção de pequena ou média escala, por falta de investimento contínuo devido ao tamanho de suas empresas. Um reflexo do menor tamanho destas empresas é dado pelo total de empregados por porte. As empresas de grande porte alcançaram o número máximo de 3 mil funcionários em 2008, o que correspondeu a 66% da força de trabalho (o melhor resultado), contra 49% na amostragem de 2011 (igual quantidade no total, 27 firmas). Isto sugere um crescimento nas empresas de médio-alto porte (entre 249 e 499 trabalhadores). Caso se verifique a quantidade mínima de empregados (zero a nove), nota-se que o total correspondeu a um crescimento de quinze para 35 empregados, o que se encaixaria em microempresas (tabela 14).

Tabela 14

Média total de empregados por empresa separada por porte (2005, 2008 e 2011)

Porte	2005	2008	2011
0 --| 9	15	30	35
9 --| 49	139	128	185
49 --| 99	72	134	268
99 --| 249	734	706	485
249 --| 499	450	535	1.393
> 499	2.253	3.021	2.282

Fonte: Rais/MTE

O gráfico 9 exemplifica essa situação ao verificar que há um aumento em três níveis de números de funcionários (9-49, 49-99 e 249-499). Nos três períodos analisados (2005, 2008 e 2011), é possível verificar a presença de empresas de grande porte (com mais de 499 empregados) em menor quantidade, entre 7% e 12% do total de empresas presentes na base de dados da Rais. Entende-se destes dados que o segmento de propulsão nuclear no Brasil está em uma fase de estruturação de novas empresas para se tornar um dia mais consolidado.

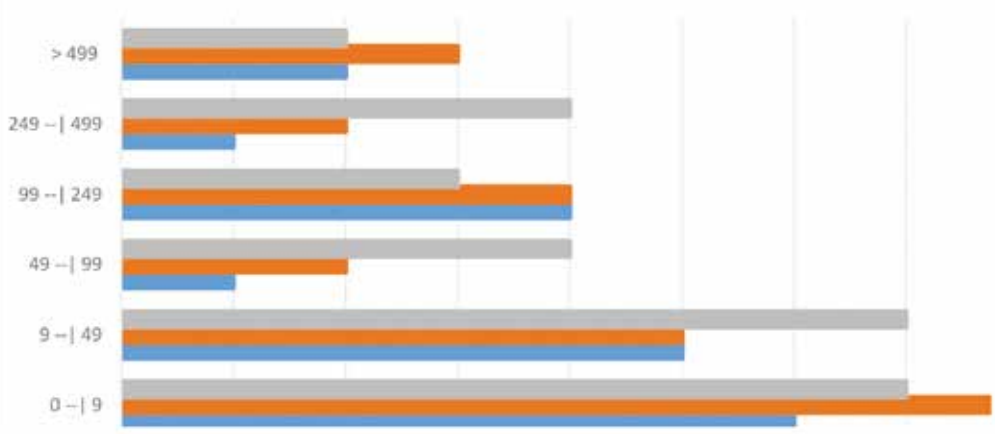
As firmas selecionadas do segmento de propulsão nuclear apresentam uma concentração na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) majoritariamente de *indústrias de*

transformação. Em todo o período analisado, há uma predominância de mais de 60% nessa denominação de indústria, enquanto do segundo em diante, não alcançam 20%. Deste entendimento, pode-se inferir principalmente o caráter de esta ser uma indústria primordialmente interligada aos processos de criação de novos produtos por meio de matérias-primas – no caso nuclear, mas não exclusivo de todas as empresas classificadas como tal no segmento, a fabricação do combustível nuclear por meio do ciclo de enriquecimento de urânio. Entretanto, há uma apresentação de empresas classificadas como dessa seção na CNAE, fabricantes de outros tipos de bens, como os pneumáticos. Em segundo, há um revezamento entre a área de serviços e a de construção. Uma melhoria pode ser entendida para tais empresas: há decerto um maior incentivo às pesquisas para este segmento obter um grande avanço tecnológico e isto obedeceria ao regime de construção das novas instalações programadas pela criação do Plano Nacional de Energia (PNE 2030) em 2007.

Por outro lado, em uma comparação individual por classes, aporta-se por uma média do ano inicial ao final, a classe *fabricação de máquinas e equipamentos para uso industrial específico não especificados anteriormente*, da CNAE, estaria em primeiro, com um valor aproximado de 6,51%, uma vez ainda pertencente à seção *indústria de transformação*. Em seguida, o setor de construção teve uma média de 5,85% e o de fabricação de caldeiraria ficou com 5,83%. Infere-se, das três primeiras classes, o momento de estabelecimento de uma nova conjuntura para obras, como a construção do submarino nuclear brasileiro (Prosub), dos centros de pesquisa e produção de novos bens relacionados ao tema nuclear, além de outros projetos. A tabela 16 demonstra a frequência das classes dentro das firmas selecionadas para o segmento de propulsão nuclear, em especifico, por meio da média da quantidade delas por CNAE.

Gráfico 9

Distribuição das empresas por porte (2005, 2008 e 2011)



Fonte: Rais/MTE

Tabela 15

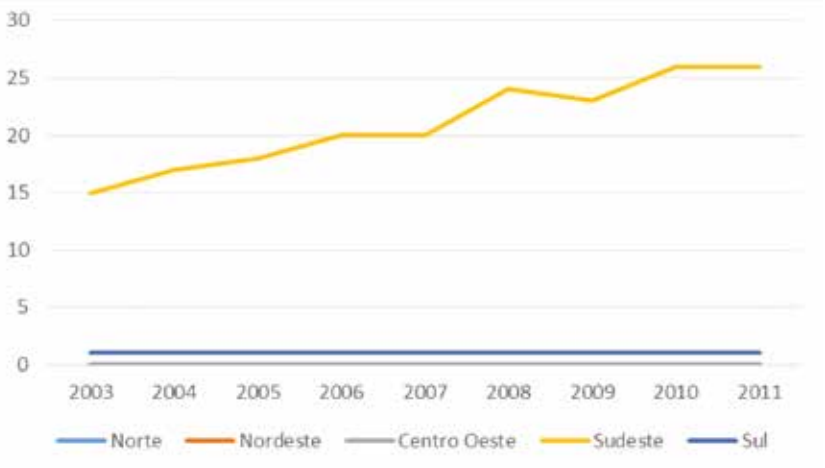
Média das cinco classes com maior frequência de firmas (2006-2011)

Fabricação de máquinas e equipamentos para uso industrial específico não especificado anteriormente	6,51
Construção de edifícios	5,85
Fabricação de obras de caldeiraria pesada	5,83
Fabricação de aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica	5,75
Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais	5,08

Fonte: Rais/MTE

A distribuição regional das firmas selecionadas corresponde ao já ocorrido nos demais segmentos e a concentração nacional das empresas com alto teor tecnológico (gráfico 10). Das 31 firmas selecionadas, praticamente todas estão situadas na região Sudeste. No período 2010-2011, verifica-se a presença de uma empresa no sul, a qual reafirma o argumento histórico do desenvolvimento industrial brasileiro ter se concentrado no Sul-Sudeste desde meados dos anos 1930 do século XX e, somente recentemente, estar em fase de desenvolvimento em outras regiões, como o Centro-Oeste e o Nordeste. Outro ponto relevante deste segmento é sua maior possibilidade de surgimento no estado de São Paulo e, principalmente, no Rio de Janeiro, uma vez que o estaleiro de construção de submarinos, onde se construirá o submarino com propulsão nuclear brasileiro, está localizado em Itaguaí. Em São Paulo, há o incentivo de empresas estarem ali devido ao CTMSP, os projetos relacionados ao Livro Branco da Defesa como o Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica.

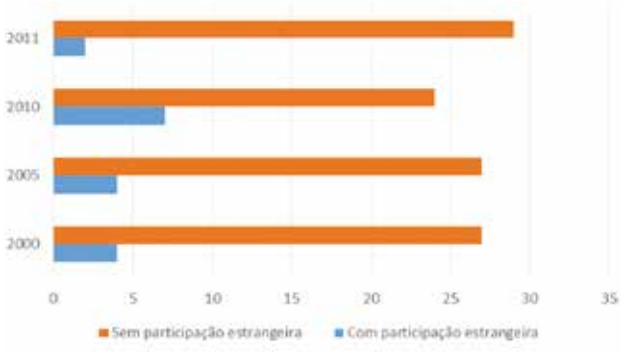
Gráfico 10
Distribuição das firmas por região (2003-2011)



Fonte: Rais/MTE

Entre as empresas com capital estrangeiro, houve um aquecimento no tocante a este ponto, com a manutenção entre 2000 e 2005 (período de recomeço das políticas públicas relacionadas ao tema nuclear) e o crescimento entre 2005 e 2010 (de quatro a sete empresas). Contudo, um ano depois, uma queda brusca, proporcionada possivelmente pela crise internacional e também pelo processo recompra certas empresas, fez com o que o número de empresas se reduzisse a duas. Infere-se, do gráfico 11, o processo ainda lento de evolução deste mercado, com uma pequena participação de multinacionais com uma instalação própria (fábrica) no Estado brasileiro.

Gráfico 11
Participação de capital estrangeiro
(2000, 2005, 2010 e 2011)



Fonte: Rais/MTE

Recursos humanos

A análise dos recursos humanos das firmas selecionadas do segmento de propulsão nuclear mostra os avanços e retrocessos na mão de obra sob várias perspectivas. Os parâmetros analisados compreendem fatores como a qualificação dos empregados, o que faz com que se possa verificar neste segmento a existência da necessidade de conhecimento técnico e se ocorreu alguma evolução.

A qualificação dos profissionais do segmento de propulsão nuclear tem crescido relativamente conforme o aumento da massa de empregados da amostra. Em 2003, com um total de dezesseis firmas como parte da análise, cerca de 20% dos trabalhadores tinham o curso superior completo; em 2011, e com 27 empresas, este percentual subiu para 33%, este foi o máximo alcançado em todo o período. Isto demonstra que, enquanto o número de empresas da amostra subiu em 67%, o percentual de empregados evoluiu para 57%. Já os empregados com capacidade técnica apresentaram um valor próximo a 0% entre 2003 e 2009. Entre 2010 e 2011, este valor ficou em 1,3% e 1,4%, respectivamente. Os cargos de natureza técnica têm um importante caráter inovativo, pois destes fazem parte membros de diversas formações especificadamente relacionadas a análises e estudos de novos dispositivos, produtos, soluções e outras melhorias, ou seja, a área de pesquisa e desenvolvimento.

No caso de engenheiros, a média apresentada é próxima aos dos empregados com formação técnica, com 2,8% em 2003, e uma melhoria até alcançar 6,9%, o pico no período analisado. Infere-se destes resultados que, apesar de acompanhar a média nacional, há uma carência de qualificação na mão de obra nas firmas. Apesar de apresentar um perfil de trabalho aliado à indústria pesada, o que resulta em empregados com uma necessidade de qualificação menor que o ensino superior, depreende-se a necessidade de melhora continua para alcançar um patamar que depende menos de profissionais com menor qualificação. A tabela 16 explicita tal evolução e evidencia sua importância.

Tabela 16

Perfil dos funcionários das empresas do segmento

Ano	Número de empresas na Rais	Superior (%)	Técnico (%)	Engenheiros (%)
2003	16	21,2	0,8	2,8
2004	18	21,5	0,6	2,6
2005	19	22,4	0,6	2,4
2006	21	22,8	0,5	2,5
2007	21	25,7	0,6	3,1
2008	25	27,0	0,6	4,3
2009	24	25,7	0,8	5,0
2010	27	30,7	1,3	4,9
2011	27	33,0	1,4	6,9

Fonte: Rais/MTE

O perfil dos empregados das firmas selecionadas apresenta traços relevantes para o futuro do segmento de propulsão nuclear no tocante aos temas escolaridade e idade dos empregados (gráfico 12). No primeiro ponto, oscila-se entre 10 a 11 anos de estudo, o que está no parâmetro natural dentro do valor nacional. No segundo ponto, há uma relevância apontada para a média da idade dos empregados. Em 2003, os funcionários tinham, em média, 34 anos de idade e, em 2011, 35 anos de idade. Considera-se que houve anos, como 2007, em que o valor foi de 36 anos. Infere-se desta situação, e frente a um cenário crescente do segmento, a possibilidade de uma mão de obra mais experiente em momentos de transição da primeira fase do desenvolvimento do submarino nuclear para as futuras – a estrutura do veículo, o enriquecimento do urânio e o fornecimento do combustível nuclear – e as novas políticas públicas relacionadas à criação de Angra III.

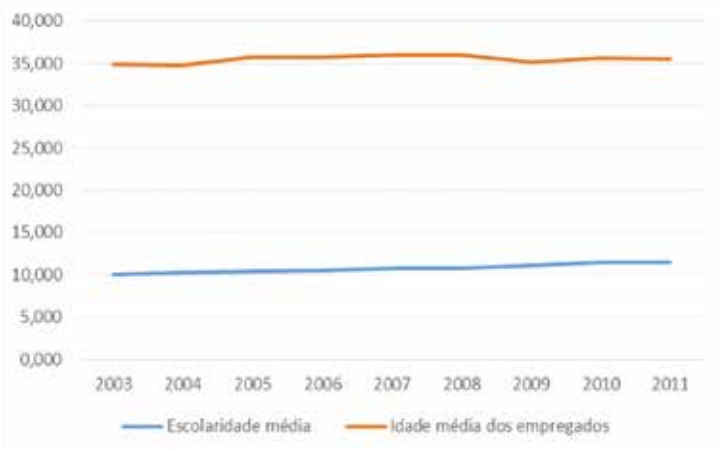
A massa salarial das empresas no período 2003-2011 teve um aumento médio de 39,8% (gráfico 13). Contudo, em duas situações (entre 2003-2006 e 2007-2009), ocorreram oscilações nos valores de forma consecutiva, com aumentos e quedas de cerca de 10%, o que manteve o segmento com o máximo de R$ 216 milhões de massa salarial, ao considerar 2008. Entre 2009 e 2011, o aumento foi frequente, com acréscimo de 15% no primeiro ano e 8% no segundo. Infere-se disto que as mudanças foram derivadas do número de empresas no segmento. Destaca-se

o crescimento apresentado em 2008 para 25 firmas, mas em seguida o recuou em 2009, e o avançou até alcançar o máximo em 2010 e 2011.

Entretanto, as oscilações na massa salarial não comprometeram de uma forma dura o salário médio dos empregados, esta redução foi de cerca de R$ 28,00 nos ordenados. O cenário mais caótico neste período foi o de 2006, no qual a redução foi de cerca de R$ 4 milhões, mas o reflexo no salário médio foi de mais de 10%. Considera-se que a partir de 2008 o valor do salário estabilizou-se e a massa salarial passou por um momento de crescimento até alcançar o R$ 259 milhões. A média salarial dos empregados também apresentou um aumento em cerca de R$ 1 mil comparados ao período inicial. Infere-se deste comportamento um relativismo entendido da mesma maneira que em outros tópicos analisados. O aumento é dado pela diminuição da média do número de empregados por empresa (decaiu de 219 empregados em 2003 para 173 em 2011) e desta forma, o avanço é proporcional a isso.

Gráfico 12

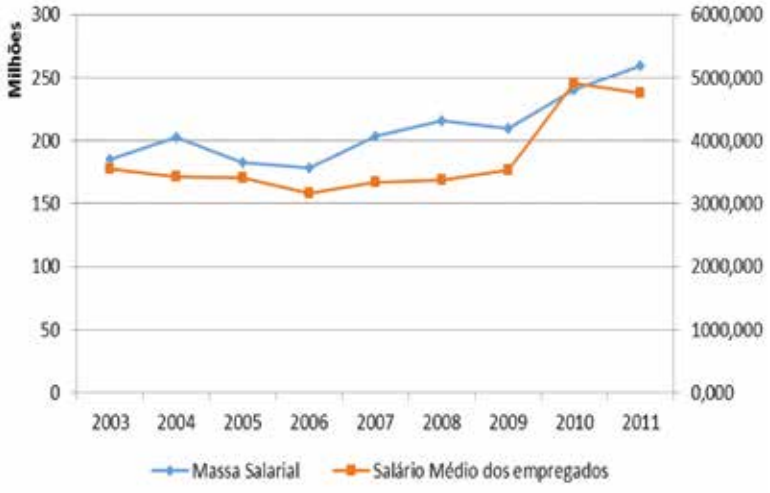
Escolaridade e idade média dos funcionários (2003-2011)



Fonte: Rais/MTE

Gráfico 13

Massa salarial *versus* salário médio (2003-2011)



Fonte: Rais/MTE

Poder de compra

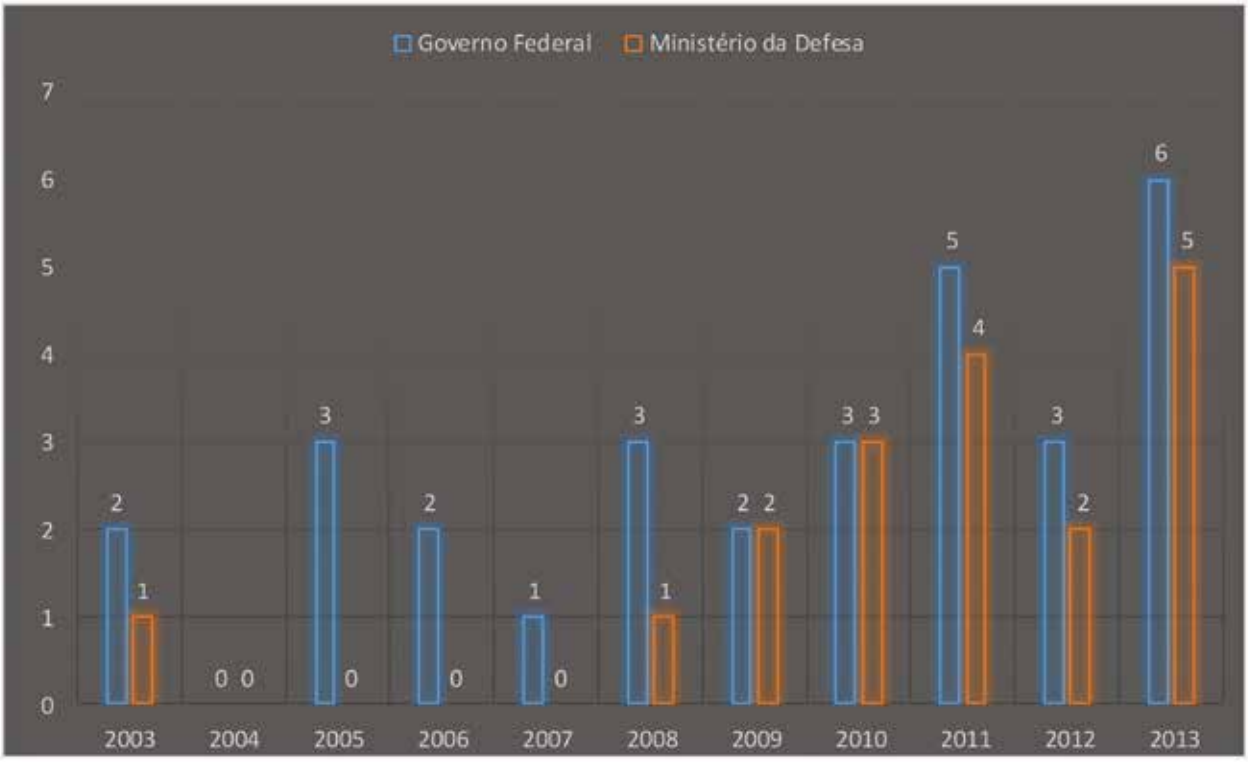
Das 31 empresas do segmento, apenas 1,5 empresa, em média, forneceu bens e serviços para o Ministério da Defesa no período 2003-2013 (gráfico 14). Todavia, a despeito da queda apresentada em 2012, há uma tendência crescente no número de empresas fornecedoras à defesa a partir de 2009, culminando com o maior número de empresas fornecedoras ao Ministério da Defesa em 2013. Da mesma forma, o período 2009-2013 representou um crescimento de 150% no número de empresas que fornecem bens e/ou serviços à defesa, ao passo que no período 2003-2008 não foi identificado crescimento.

Dessa forma, cabe destacar o crescimento de 400% no número de empresas que forneceram bens e serviços ao Ministério da Defesa durante o período 2003-2013.

Ainda nesse período, identifica-se um crescimento de 200% no volume de empresas que forneceram bens e serviços ao governo federal. Em 2003, apenas duas empresas (em torno de 6,5% da amostra geral) forneceram para o governo federal, enquanto em 2013 o número subiu para seis empresas (representando 19% do total da amostra).

Gráfico 14

Empresas fornecedoras ao governo federal e ao Ministério da Defesa (2003-2013)



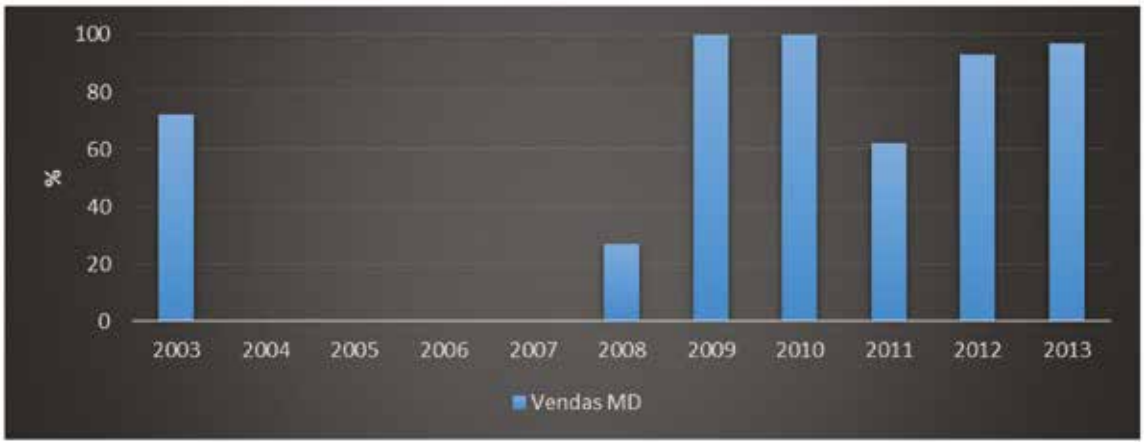
Fonte: Comprasnet/Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MP). Disponível em: <www.comprasnet.gov.br>

Ainda, nota-se que no triênio 2005-2007 (gráfico 14) não foram identificadas empresas que forneceram bens ou serviços para o Ministério da Defesa. Contudo, a partir de 2008 há uma tendência crescente na proporção de empresas que forneceram à defesa, quando comparado ao volume de vendas destinados ao governo federal, o que sugere o papel exercido pela retomada do projeto de submarino nuclear por meio do acordo firmado junto à França, em 2008, enquanto instrumento estimulador do segmento de propulsão nuclear.

Gráfico 15

Proporção do valor total das vendas destinadas ao Ministério da Defesa em relação ao valor total do governo federal (2003-2013)

(Em %)



Fonte: Comprasnet/MP. Disponível em: <www.comprasnet.gov.br>

Nos últimos dois anos do período analisado, o volume das compras realizadas pela defesa representou, em média, 95% do total de compras realizadas pelo governo federal junto às empresas do segmento. Em mesma medida, cabe destacar que nos anos 2009 e 2010 as compras do Ministério da Defesa representaram a totalidade das compras do governo federal.

Tabela 17

Grupos de materiais fornecidos pelas empresas do segmento propulsão nuclear ao Ministério da Defesa

Grupos de materiais	Frequência (2003-2013)
Outros serviços de educação e treinamento	4
Inválido*	3
Outros serviços de engenharia	2
Serviços de manutenção e reparo de outras maquinarias e equipamentos	2
Armas de fogo de calibre até 30mm	1
Bombas manuais e mecânicas	1
Conversores elétricos estáticos	1
Dispositivos a semicondutor e placas associadas (circuitos)	1
Isoladores elétricos e materiais isolantes	1
Máquinas para fundição, equipamentos e suprimentos correlatos	1
Microcircuitos eletrônicos	1
Outros serviços de educação universitária e superior	1
Outros serviços de saúde humana	1
Refinados e produtos semiacabados de metais básicos não ferrosos	1
Serviços de instalação da maquinaria elétrica e dos instrumentos N.C.P	1
Serviços de instalação de outros bens N.C.P	1

Fonte: Comprasnet/MP. Disponível em: <www.comprasnet.gov.br>

*Inválido = materiais não especificados

Quanto às classes de materiais fornecidas ao Ministério da Defesa no período 2003-2013 (tabela 17), destacam-se os serviços de educação e treinamento, bem como os serviços voltados para a área de engenharia. Ademais, cabe destacar as informações levantadas durante as entrevistas. Compreende-se que muitas empresas do segmento são dependentes do volume de aquisições do governo federal e, mais especificamente, do Ministério da Defesa. Dado o elevado grau técnico do pessoal ocupado nessas empresas, sobretudo os engenheiros, é necessário buscar negócios em outros setores para suprir as demandas da empresa, além de desmotivar a evasão de funcionários.

Políticas de apoio ao desenvolvimento tecnológico

Durante o período 2004-2013, apenas cinco empresas do segmento de propulsão nuclear beneficiaram-se de fundos setoriais, o que representa em torno de 16% de todo o segmento. Considerando a classificação de grande área 78 do CNPq, a análise para o período 2003-2007 mostrou que a maior parte dos projetos das empresas do segmento está inserida na grande área das engenharias, com destaque para as áreas de engenharia nuclear e engenharia elétrica, o que sugere o desenvolvimento de projetos inovadores voltados para aplicações específicas no segmento nuclear.

Os quatro projetos com maior valor contratado dizem respeito ao desenvolvimento de novas tecnologias ligadas ao ciclo do combustível nuclear e ao enriquecimento de urânio, demonstrando a relevância técnica do investimento empreendido para o apoio à inovação. Da mesma forma, os supracitados projetos estão inseridos no contexto de retomada do programa nuclear nacional, sobretudo com o objetivo de adquirir competências para a produção em nível industrial do combustível nuclear.

78. *Grande área* é a designação adotada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para a aglomeração de diversas áreas do conhecimento, "em virtude da afinidade de seus objetos, métodos cognitivos e recursos instrumentais, refletindo contextos sociopolíticos específicos". Já a *área do conhecimento* reflete "o conjunto de conhecimentos inter-relacionados, coletivamente construído, reunido segundo a natureza do objeto de investigação com finalidades de ensino, pesquisa e aplicações práticas". (CNPq, Capes e Finep, 2005, p. 2).

Tabela 18

Projetos apoiados por fundos setoriais (2000-2008)

Projeto	Valor contratado (R$ milhões)
Desenvolvimento de novos elementos combustíveis nucleares e materiais e peças para combustíveis nucleares	8.136.079,00
Desenvolvimento de cascatas de separação isotópica de nova geração	3.950.000,00
Desenvolvimento de ligas especiais: laboratório multiusuários de fusão a arco	3.811.850,00
Desenvolvimento de ultracentrífugas de nova geração	3.000.000,00
Extração do álcool do vinho da cana de açúcar utilizando processo com membrana e condensação fracionada	553.110,00
Experterm: Sistema Especialista para Apoio na Operação Ótima e Segura de Termelétrica a Gás Natural	436.065,00
Sistema de monitoramento de calibração de instrumentos e validação de sensores usando inteligência artificial	274.000,00
Sistema de monitoramento de calibração de instrumentos e validação de sensores usando inteligência artificial	271.920,00
Desenvolvimento de equipamento para quantificação *in situ* de compostos sulfurados em gás natural	269.000,00
Energia nuclear: exposição interativa e itinerante	187.000,00
Desenvolvimento de equipamento de medição de resistência e resistividade de aterramento em subestações de alta tensão energizadas	170.500,00
Desenvolvimento de sistema de supervisão e diagnóstico da qualidade de energia por técnicas de processamento de sinais e inteligência artificial	144.937,44
Desenvolvimento e implementação de um algoritmo simplificado para utilização em Unidade Receptora Decodificadora de baixo custo para o mercado brasileiro de TV digital	132.517,41
Nacionalização de produtos e serviços para o monitoramento da corrosão interna e externa de dutos	105.000,00
As interfaces humano-computador na supervisão e no controle de usinas termelétricas	35.756,00
Modelagem, simulação e análise de sistemas renováveis de energia utilizando a abordagem de grafos de ligação (*bond graph*)	34.000,00
Avaliação do comportamento químico da lama produzida no tratamento da água ácida.	22.113,00
Recuperação de európio e ítrio de tubos de televisores e monitores de computadores, com obtenção dos respectivos óxidos de elevada pureza	19.788,80

Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2013)

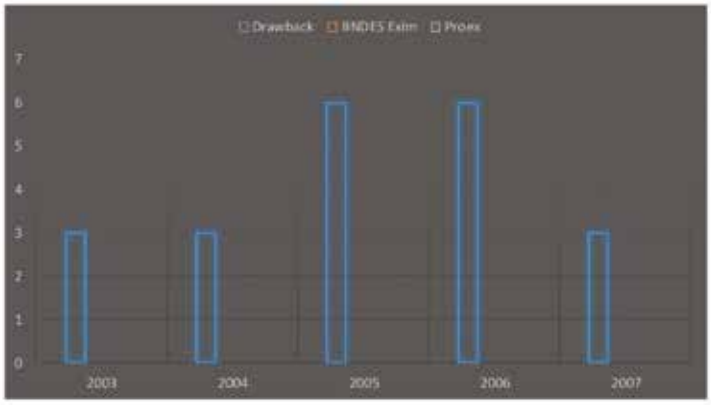
Políticas de apoio à exportação

As empresas classificadas no segmento tiveram uma baixa participação em programas federais de apoio às exportações, como o *Drawback*, o Proex e o Exim, que são considerados alguns dos maiores instrumentos para a promoção das exportações. No período 2003-2007, nenhuma empresa do segmento se beneficiou dos incentivos do Exim, do BNDES, ou do Proex, do Banco do Brasil (gráfico 16).

O biênio 2005-2006 destaca-se por ser o período em que mais empresas receberam incentivos da categoria *drawback*. Em cada ano, seis empresas receberam incentivos *drawback*, o que representa quase 20% do número total de empresas do segmento.

Gráfico 16

Categoria de apoio à exportação (2003-2007)



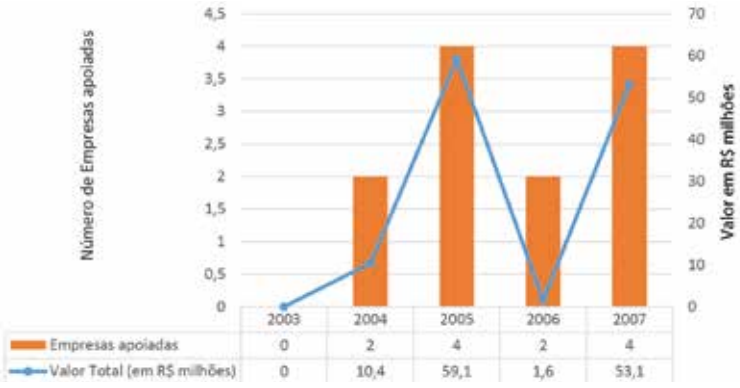
Fonte: Banco de dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

Apoio do BNDES

Tal como nos incentivos de apoio à exportação, o número de empresas que receberam financiamento do BNDES foi baixo. De 2003 a 2007, foram realizados doze contratos de crédito (uma média de 2,5 beneficiados ao ano), o que, somados, totalizam R$ 124.342.698,24. Ainda, o período é marcado por instabilidades no número de empresas apoiadas pelo BNDES, bem como no perfil destes financiamentos (valor médio dos contratos).

Gráfico 17

Número de empresas financiadas e valor total, por ano (2003-2007)



Fonte: Bando de dados do BNDES (2008)

Nota: Os valores em R$ milhões estão no eixo vertical secundário

O valor total dos financiamentos em 2007 esteve no mesmo patamar do valor total dispendido em 2005, anos em que foram apoiadas quatro empresas. O número de empresas apoiadas nestes dois anos (quatro empresas) representa 13% do número de empresas presentes no segmento.

INSERÇÃO INTERNACIONAL[79]

A exportação de produtos brasileiros alcança um mercado com uma variação entre 18 e 28 países para os produtos do segmento de propulsão nuclear, além do número de diferentes produtos vendidos oscilar entre 98 em 2011 e 149 em 2008. As empresas selecionadas apresentaram nos últimos anos, um valor considerado tímido perto de outros segmentos, com a maior cifra entre US$ 8 milhões e US$ 25 milhões. Isto ocorre devido à baixa especialização das empresas na área nuclear e o quão recente é o modelo de trabalho criado, sobretudo após a implantação de novas políticas públicas do início do século XXI e o desenvolvimento do Prosub.

As exportações refletem a posição atual brasileira no mercado internacional de buscar os mercados vizinhos para venda de seus produtos e estabelecer parcerias, seja na área de construção civil, seja na de vendas. Entre os Estados da região presentes na lista de recebedores dos bens, estão os membros plenos do Mercosul e da Comunidade Andina. Do mesmo modo, a participação dos Estados Unidos cresceu no recorte de tempo destacado, com os modestos nono e décimo lugar em 2008 e 2009, mas com presença entre os três primeiros nos anos seguintes até 2013. Há Estados que firmaram a compra de determinados produtos e justificam o seu aparecimento como um dos principais. Neste caso, considerem-se situações específicas, como as presenças dos Países Baixos e do Panamá entre as maiores nos anos de 2012 e 2013, respectivamente.

Um segundo aspecto a se verificar sobre as exportações feitas pelo Estado brasileiro no período 2008-2013 é o percentual de produtos de alta e média-alta tecnologia em comparação com o total (tabela 19). Em linhas gerais, o segmento de propulsão nuclear é entendido como uma área com elevado grau nos produtos desenvolvidos, dada a alta intensidade tecnológica presente no segmento. Desta forma, o valor de produtos exportados com esse nível é praticamente próximo a 100% de tudo que é vendido. Isto demonstra que o crescimento de produção destas empresas pode beneficiar a balança comercial de modo geral, diminuir a dependência nacional de exportação de *commodities* (matérias-primas e produtos com pouca densidade tecnológica) e alcançar um novo patamar. A tabela 19 traz os valores exportados no período de 2008-2013, com destaque para aqueles de alta e média tecnologia.

As importações brasileiras obedecem a certos pontos importantes a serem destacados, como a intensidade tecnológica da produção, o revezamento na primeira colocação dos Estados Unidos e da Alemanha e o surgimento de uma terceira opção, a China. As compras das empresas brasileiras de produtos feitos no exterior passaram por períodos de baixa e alta entre 2008 e 2013. Um possível ponto de inflexão para a queda brusca nos valores e a recuperação até alcançar valor atual poderia ser a crise mundial neste período. O gráfico 19 traz o comparativo dos anos.

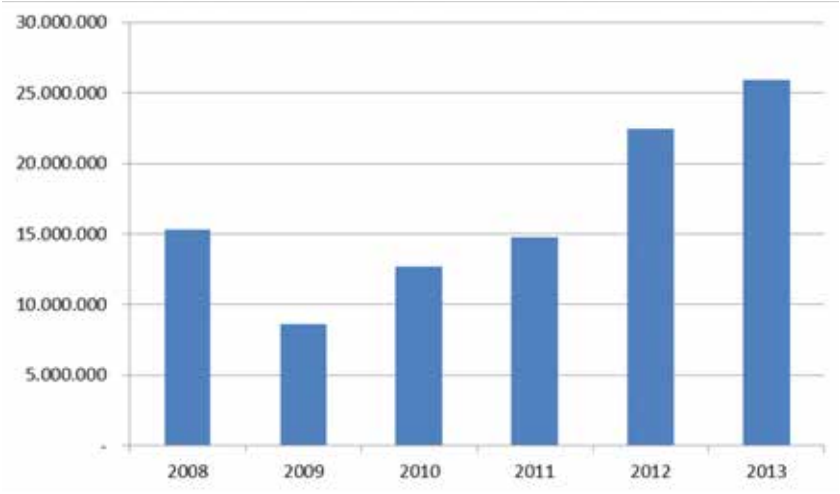
A presença da Alemanha nessa lista remonta ao que pode ser apontada como a continuação da relação tecida em meados dos anos 1970, com a assinatura do Acordo de Cooperação Nuclear. É importante considerar-se que, mesmo após o tratado sofrer diversos percalços, ainda é condição vigente a implantação da terceira usina, Angra III, e, como consequência, uma entrada maior de produtos com tecnologia nuclear alemã. Em contraponto, os Estados Unidos, como um grande parceiro econômico brasileiro com largo histórico, apresentam-se como um rival da pauta de importação, da qual a Alemanha já detém um grande espaço.

79. É importante ressalvar que a amostra usada para as tabulações constantes nessa seção do relatório é ligeiramente diferente da utilizada nas outras subseções, uma vez que para os dados aqui discutidos as tabulações foram feitas pelo MDIC, a partir de uma lista de empresas inicialmente selecionada para o segmento, com 34 firmas. No decorrer da elaboração do trabalho, contudo, julgou-se mais oportuno adotar um novo recorte, com 31 empresas, não tendo sido possível, contudo, obter novas tabulações para esta seção junto ao referido órgão. Além disso, é importante mencionar que esta amostragem não reflete exclusivamente o valor exportado ou importado de produtos de propulsão nuclear.

Gráfico 18

Total das exportações brasileiras no segmento de propulsão nuclear (2008-2013)

(Em US$ milhões)



Fonte: Secex/MDIC.

Tabela 19

Evolução das exportações brasileiras por intensidade tecnológica (2008-2013)

(Em US$ milhões)

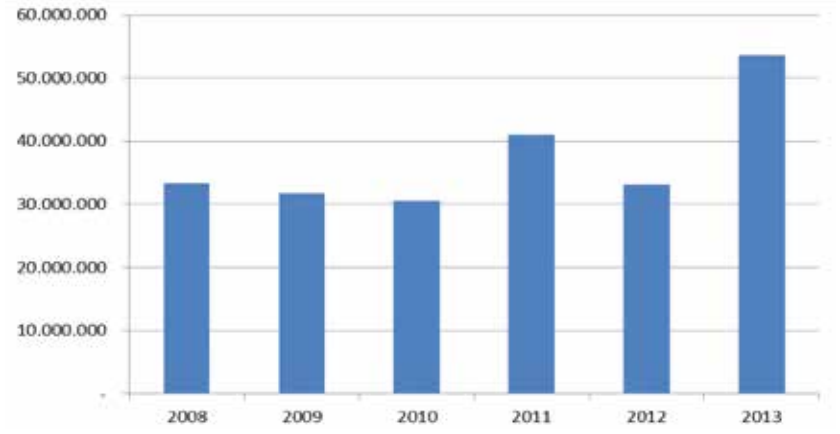
Ano	Número de países destino	Total	Alta	Média-alta	Média-baixa	Baixa
2008	25	15.301.797	1.468.887	13.426.484	396.023	10.403
2009	26	8.616.498	403.503	7.944.790	253.182	15.023
2010	22	12.662.447	750.696	11.582.907	328.825	19
2011	18	14.795.633	380.862	13.976.146	435.725	2.900
2012	28	22.438.219	280.207	20.828.541	1.320.345	4.326
2013	24	25.911.219	682.942	22.598.689	2.629.027	561

Fonte: Secex/MDIC

Gráfico 19

Total das importações brasileiras (2008-2013)

(Em US$ milhões)

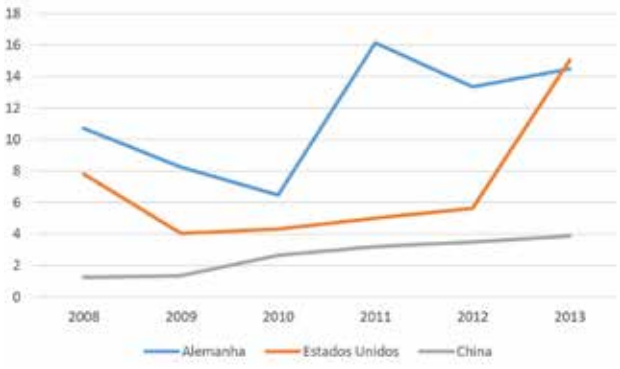


Fonte: Secex/MDIC

A China, conforme mencionado anteriormente, tem demonstrado suas intenções de expandir seu mercado na América Latina, com destaque à aproximação ocorrida entre o Estado brasileiro e o chinês desde o início do século, com negócios que vão desde a soja e o minério de ferro até a parceria para o lançamento do satélite sino-brasileiro de recursos terrestres. O desenvolvimento do programa nuclear chinês, tanto para fins civis como para militares, tem crescido nos últimos anos e se torna uma opção recorrente para as firmas brasileiras. O gráfico 20 mostra a evolução das importações brasileiras para os citados países.

Gráfico 20

Evolução das importações brasileiras – Alemanha, China e Estados Unidos (2008-2013)
(Em US$ milhões)



Fonte: Secex/MDIC

Inovação

Interação universidade-empresa

Das 31 empresas listadas no segmento, apenas três (o que representa cerca de 9,5% das empresas do segmento) contam com atuação de grupos de pesquisa cadastrados no CNPq. Destas três empresas, duas interagem com um grupo de pesquisa, enquanto uma empresa atua junto a três grupos de pesquisa, o que resulta em quatro grupos de pesquisa para três empresas do segmento (tabela 20).

Tabela 20

Número de empresas que participam de grupos de pesquisa (2013)

Número de grupos de pesquisa	Número de empresas
1	2
3	1

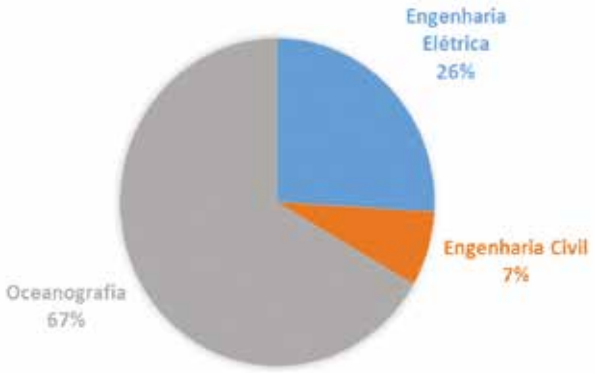
Fonte: Banco de dados do CNPq

Os quatro grupos concentram-se nas grandes áreas de ciências exatas e da terra e engenharias, desdobrando-se em atividades vinculadas às áreas de engenharia elétrica, engenharia civil e oceanografia. Uma das empresas exerce atividade de pesquisa com três grupos ligados à área de oceanografia.

Todas as atividades dos grupos em questão preveem a aplicação imediata dos resultados obtidos pela pesquisa científica; e os projetos encabeçados por estes grupos de pesquisa enquadram-se em uma natureza de atividade de consultoria técnica *não englobada nas categorias anteriores*.

Gráfico 21

Quantidade de doutores por área de conhecimento (2013)
(Em %)



Fonte: Banco de dados do CNPq

A área de oceanografia, que é composta por três projetos com uma mesma empresa, é a que mais concentra doutores em seus grupos de pesquisa (dezoito doutores). O projeto da área de engenharia elétrica possui sete doutores, enquanto no projeto inserido na área de engenharia civil constam dois doutores.

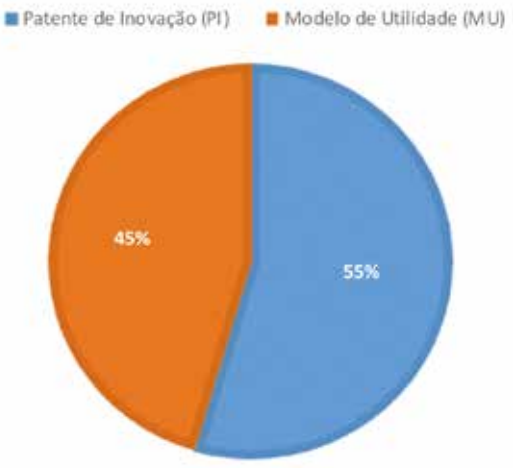
A maior concentração de acadêmicos na área de oceanografia sugere a predominância de pesquisa

voltada para projetos vinculados à Marinha do Brasil. Todavia, cabe destacar que algumas empresas do segmento não realizam pesquisa junto a grupos vinculados ao CNPq, embora tenham parcerias com institutos educacionais. Da mesma forma, alguns engenheiros funcionários dessas empresas ingressam em programas de mestrado ou doutorado em áreas de interesse para a empresa.

Propriedade Intelectual

Os pedidos de registros depositados junto ao Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (Inpi) podem se caracterizar, sobretudo, de duas formas: patente de inovação (PI)[80] e modelo de utilidade (MU).[81] Nesse sentido, no período 2001-2012, foram registrados onze pedidos de patentes realizados por quatro empresas do segmento de propulsão nuclear. Destas, seis correspondem a PI, e as outras cinco a MU. Dessa forma, o número de empresas inovadoras representa 13% de todo o segmento, fato que sugere a concentração da capacidade inovativa em apenas algumas empresas, dada a pouca participação das demais empresas do segmento nos depósitos de patentes.

Gráfico 22
Registro depositados (PI e MU) (2013)
(Em %)



Fonte: Banco de dados do Inpi

Perfil das empresas com participação de capital estrangeiro

O segmento de propulsão nuclear apresenta a necessidade do desenvolvimento próprio por parte do Estado brasileiro e uma maior contribuição externa não seria conveniente nas áreas consideradas mais críticas.

Faz-se necessário compreender como é a participação estrangeira no segmento de propulsão nuclear, ou seja, estabelecer um recorte com o objetivo de se entender todas as empresas com esse perfil, mesmo com a consideração de se analisar somente aquelas possuidoras de mais de 40% de seu capital proveniente de fora do Brasil. A análise será baseada nos mesmos critérios aplicados ao número total de firmas, já feito anteriormente, sob a ótica do mesmo período cronológico.

80. Produtos ou processos que atendam aos requisitos de atividade inventiva, novidade e aplicação industrial. Sua validade é de 20 anos a partir da data do depósito. Disponível em: <http://goo.gl/QAquTh>.
81. Objeto de uso prático, ou parte deste, suscetível de aplicação industrial, que apresente nova forma ou disposição, envolvendo ato inventivo, que resulte em melhoria funcional em seu uso ou em sua fabricação. Sua validade é de 15 anos a partir da data do depósito. Disponível em: <http://goo.gl/0CxXPu>.

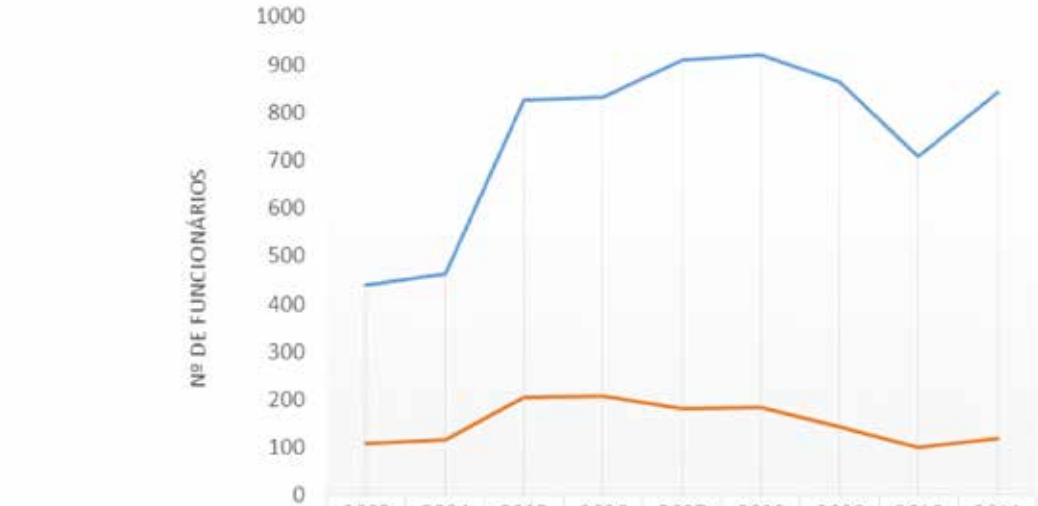
Estrutura produtiva

O número de empresas com participação de capital estrangeiro dentro do segmento de propulsão nuclear foi sete. Em 2003, havia dados disponíveis de quatro empresas, e, em 2011, contemplaram-se todas as empresas. O total de funcionários dentro das empresas aumentou proporcionalmente, conforme o número de empresas presentes na análise da Rais. Em 2003, o total de empregados era de 438 nas quatro empresas analisadas, o que denota uma média de 109 pessoas por empresa. Um ponto importante a ser abordado é o substantivo aumento no número de trabalhadores contratados de 2004 para 2005, subindo de 463 para 825 funcionários. Esta mudança drástica refletiu no aumento médio de funcionários por firma (de 115 para 206). Infere-se disto uma estabilidade alterada por um crescimento favorecido por um estímulo na produção, especialmente na área de infraestrutura (construção e outros). A maior quantidade de funcionários ocorreu em 2008 e 2009, com um valor de 910 e 919 empregados, respectivamente. Também se entende desta situação a manutenção dos valores após o crescimento iniciado em 2005, o qual demonstra uma consolidação nas contratações, fator perceptível pela manutenção do total de empregados mesmo com o valor total de firmas, conforme visto no gráfico 23.

As indústrias selecionadas dentro da amostra e possuidoras de capital estrangeiro estavam concentradas praticamente, no período destacado, em médio-grande porte (de 99 até 499 funcionários), tanto em quantidade total de pessoas como em quantidade de empresas enquadradas. Um ponto de inflexão nestes dados estaria na redução de funcionários na única firma com mais de 499 funcionários, ocorrida em 2008, que em 2011 já não estava presente. Em relação à evolução das empresas com participação de capital estrangeiro, percebe-se um avanço na quantidade de empresas, principalmente entre 2008 e 2011. Isto poderia ser explicado pelo próprio crescimento da amostra, mas ainda é interessante verificar a instalação de empresas de pequeno porte.

Gráfico 23

Total de empregados pela sua média (2003-2011)



	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total de Empregados	438	464	825	832	910	919	865	709	842
Média de Empregados por Empresa	110	116	206	208	182	184	144	101	120

Fonte: Rais/MTE

Recursos humanos

No período 2003-2011, o volume de recursos humanos das empresas com participação de capital estrangeiro representou, em média, 21,8% do valor total do segmento (tabela 21). Outro aspecto importante desse período foi o aumento da massa salarial entre 2003 e 2007 e, em seguida, a queda, por dois anos consecutivos, até o patamar de 2005. No biênio 2010-2011, houve um crescimento até atingir o valor de R$ 70 milhões, correspondente a 27% do valor total do ano (R$ 259 milhões). Uma possível interpretação para a queda de valores entre 2007 e 2008 seria a retração no mercado, ocasionada pela crise internacional e a incerteza momentânea no mercado.

Tabela 21

Massa salarial das firmas com capital estrangeiro em comparação com o total do segmento (2003-2011)

Ano	Firmas com capital estrangeiro (R$)	Total (R$)	%
2003	28.733.595,30	185.682.260,35	15,5
2004	30.627.326,08	202.818.695,41	15,1
2005	44.793.751,30	182.463.137,94	24,5
2006	44.290.402,87	178.173.730,97	24,9
2007	51.038.488,08	203.482.568,63	25,1
2008	49.373.814,28	216.070.197,67	22,9
2009	39.585.772,64	209.411.480,84	18,9
2010	54.041.079,04	239.961.406,53	22,5
2011	70.040.940,27	259.708.197,60	27,0

Fonte: Rais/MTE

O salário médio dos empregados das firmas com capital estrangeiro foi superior ao salário médio do total das empresas do segmento em todo período 2003-2011. Como ocorrido na massa salarial, no período 2007-2008 houve um decaimento de 29,2% na média salarial dos empregados, mas, ainda assim, este fato não corresponderia a um valor menor do que o do total do segmento. Nesse sentido, depreende-se destes dados que o tipo de qualificação dos empregados neste recorte é superior quando comparado à totalidade do segmento, o que acarreta em uma especialização maior da produção e, por consequência, um salário médio maior para os empregados. Tal aspecto contribui para a análise de que o segmento nuclear evoca o desenvolvimento de produtos com maior valor agregado. O gráfico 24 apresenta esta evolução em comparação à média do total de empresas.

A qualificação da mão de obra desse recorte das empresas apresentou um valor bem acima do considerado no total do segmento (gráfico 25). O percentual mínimo de funcionários com ensino superior foi de 30% (em 2008), o qual estaria próximo ao melhor ano no total de empresas do segmento. Um aspecto importante percebido é a redução do percentual de empregados com ensino superior concomitantemente ao aumento no número de funcionários, em 2005. Um entendimento para esta relação inversamente proporcional seria a construção de fábricas ou obras de diversos tipos que exigiram um alto número de pessoas sem o nível superior, mas com o mesmo percentual de engenheiros em campo.

Em relação ao proporcional técnico, a média constatada no período oscila entre 0% e 3%, sendo 2003 o melhor ano (pico de 3%). O que, neste caso, implica uma queda por não haver uma evolução maior que a do ano inicial, mas com um grau de estabilidade por manter o índice entre 1% a 2%.

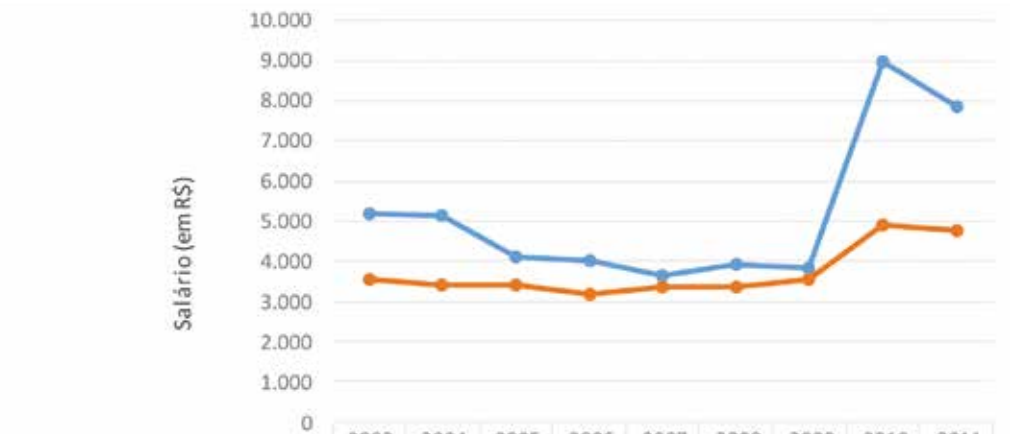
A terceira qualificação avaliada nessas empresas com capital estrangeiro é o percentual de engenheiros dentro do quadro de funcionários. Os resultados apresentaram uma manutenção da taxa entre 2003 e 2010, com o crescimento em quase 200% em 2011 em relação ao ano anterior. Neste sentido, ao se desconsiderar o ano de 2011 como referencial para a análise, a tendência de crescimento seria tímida para um segmento com um alto teor tecnológico. Caso se considerem os anos em que houve o aumento substancial de funcionários e queda da taxa de empregados com ensino superior, também é possível comprovar o traço de atividades relacionadas ao emprego de trabalhadores com escolaridade menor. Infere-se destes dados que as empresas com participação de capital estrangeiro concentram suas atividades em um formato de serviço mais sofisticado, o qual exige uma melhor qualificação de seus profissionais.

O último ponto a ser avaliado dentro dos recursos humanos de tais empresas seria a escolaridade e a idade média dos funcionários (gráfico 26). Em 2003, a escolaridade média era de onze anos, apresentando uma queda nos anos subsequentes, sobretudo pela mudança do perfil de empregados contratados.

Gráfico 24

Salário médio das empresas com participação de capital estrangeiro em comparação com o salário médio das empresas do segmento (2003-2011)

(Em R$ mil)



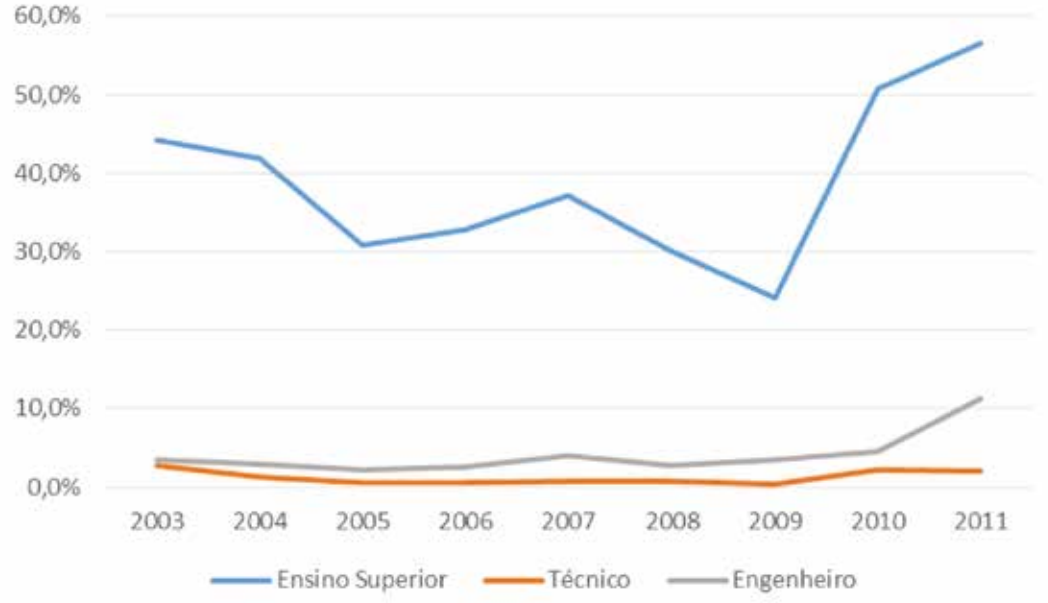
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Salário Médio - Participação Estrangeira no Capital	5.163	5.149	4.103	4.015	3.654	3.903	3.833	8.981	7.871
Salário Médio - Total do Segmento	3.552	3.429	3.401	3.167	3.346	3.370	3.532	4.908	4.756

Fonte: Rais/MTE

Gráfico 25

Empregados com ensino superior, técnico e formados em engenharia (2003-2011)

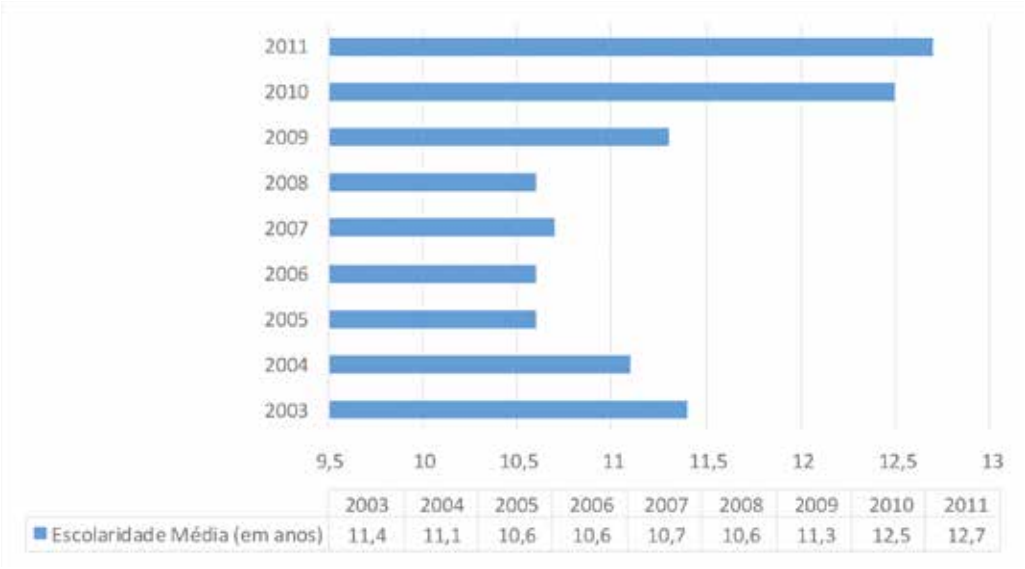
(Em %)



Fonte: Rais/MTE

Gráfico 26

Escolaridade média das empresas com participação estrangeira no capital, por ano (2003-2011)



	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Escolaridade Média (em anos)	11,4	11,1	10,6	10,6	10,7	10,6	11,3	12,5	12,7

Fonte: Rais/MTE

Todavia, esse valor apresentou uma tendência de crescimento a partir de 2009, atingindo, em 2011, uma média de doze anos de escolaridade. Estes valores, quando comparados à amostra de todas as empresas do segmento, demonstram um aspecto das empresas estrangeiras: seus funcionários possuem uma maior qualificação, o que fortalece a massa salarial e proporciona salários maiores.

Políticas públicas

No que se refere às políticas públicas voltadas ao segmento de propulsão nuclear e, em especial, às empresas com participação de capital estrangeiro, estas são poucas se comparadas às de outros segmentos. Algumas causas disto são: o quanto este segmento é relativamente novo e o fato de que certos programas como o Prosub, terem sido iniciados após 2003.

Nesse caso, há apenas quatro casos de compras governamentais oriundos da defesa no período 2003-2013 (tabela 22). Um fator relevante a ser apontado é que apenas a partir de 2011 as compras realizadas pelo Ministério da Defesa encontraram continuidade nos anos seguintes (cada ano com duas compras), destacando-se serviços como treinamento ou materiais, como bombas, dispositivos associados a circuitos, entre outros. Estas compras correspondem a 27,1% do total do recorte do segmento. Em relação ao comparativo as compras governamentais e as específicas do Ministério da Defesa, somente uma empresa na maioria dos anos teve algum relacionamento com a defesa, enquanto, no caso governamental, foram no máximo duas empresas. Isto representa um total de R$ 70 mil para os artigos referentes à defesa e R$ 259 mil para o total no nível das empresas com participação de capital estrangeiro. Tal participação, comparada ao segmento de modo geral, representa cerca de 50% no tocante à defesa e 7,4% das compras governamentais.

Em relação às políticas de apoio à exportação, durante o período 2003-2007, apenas foram utilizados apoios da modalidade *drawback*. Do mesmo modo, os números dos projetos com apoio de fundos setoriais no recorte das empresas estiveram concentrados no modo indireto. Apenas uma empresa apresentou oito projetos, sendo este o número total de projetos desenvolvidos pelas empresas do recorte, o que ilustra a concentração deste tipo de apoio. De maneira análoga, durante o período 2003-2007, apenas duas empresas beneficiaram-se de apoios do BNDES (nos anos de 2005 e 2007). Somados, os valores contratados nos dois anos atingem a marca de R$ 4.484.163, o que representa 3% do total dos valores contratados pelas empresas do segmento.

Tabela 22

Comparação das compras governamentais para a defesa em relação ao total (2003-2013)

Ano	Ministério da Defesa (R$)	Total (R$)	%
2003	0,00	0,00	0,0
2004	0,00	0,00	0,0
2005	0,00	40.761,95	0,0
2006	0,00	1.128,58	0,0
2007	0,00	60.036,68	0,0
2008	0,00	44.862,09	0,0
2009	3.811,51	3.811,51	100,0
2010	0,00	0,00	0,0
2011	8.137,03	45.145,23	18,0
2012	5.655,05	7.735,31	73,1
2013	53.085,83	56.014,17	94,8
Total	70.689,42	259.495,54	27,2

Fonte: Comprasnet/MP. Disponível em: <www.comprasnet.gov.br>
Elaboração dos autores

Inserção internacional

As faixas de frequência de exportação das empresas deste recorte apontam o número e o porte das empresas que almejaram vender para o exterior os seus produtos no ano. As empresas selecionadas do segmento tiveram exportações até o porte correspondente entre US$ 10 milhões e US$ 50 milhões, o mesmo do total das firmas do segmento. A média das exportações entre 2005-2013 das empresas com participação de capital estrangeiro seria o equivalente a 57% do total de empresas selecionadas com esse perfil no mesmo período. Outro dado importante é que a maior concentração de exportações está entre US$ 1 milhão e US$ 10 milhões, com cerca de quatro empresas, enquanto as outras faixas apresentam apenas uma empresa. Nos últimos dois anos da amostra (2012 e 2013), percebe-se uma redução em todos as faixas, com a falta de empresas exportadoras na faixa de até US$ 1 milhão, além do revezamento na quantidade das empresas nas demais faixas. Isto aponta uma possível movimentação do mercado externo para o interno, com o lançamento de novos programas, como o Prosub, por exemplo.

Inovação

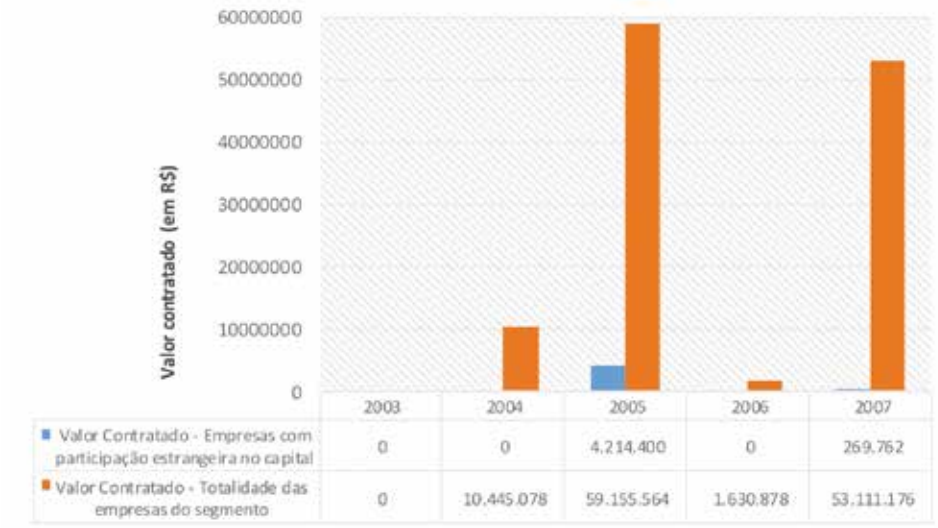
No tocante aos pedidos de patentes solicitados dentro do período, consta-se o total de nove pedidos feitos por empresas com participação estrangeira no capital, o que corresponderia a mais de 90% de todos os pedidos feitos pelo segmento. As solicitações feitas estão divididas conforme o modelo – modelo utilitário (MU) e patente de inovação (PI). Verifica-se também, a partir dos dados, a presença de somente duas empresas para os casos de MU, com cinco pedidos por parte de duas empresas, enquanto uma empresa é detentora de quatro pedidos do modelo PI. Isto aponta uma falta de avanço por parte das firmas nacionais em apresentar novos produtos ou soluções para as necessidades do segmento de propulsão nuclear.

Infere-se desses dados que as firmas que possuem participação no capital estrangeiro, apesar de serem locais, não incentivam a área de pesquisa e desenvolvimento. Tal fator resulta em uma não melhoria de suas soluções e na necessidade de se comprar produto pronto ou ter uma empresa terceirizada para construir.

Gráfico 27

Valores contratados pelo BNDES (2003-2007)

(Em R$ milhões)

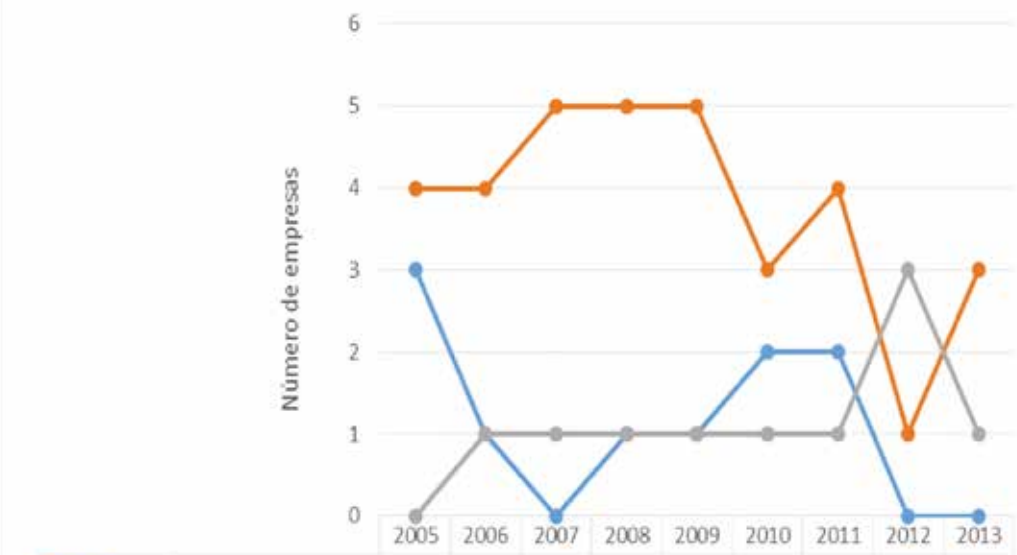


	2003	2004	2005	2006	2007
Valor Contratado - Empresas com participação estrangeira no capital	0	0	4.214.400	0	269.762
Valor Contratado - Totalidade das empresas do segmento	0	10.445.078	59.155.564	1.630.878	53.111.176

Fonte: Secex/MDIC

Gráfico 28

Evolução das empresas exportadoras por faixa (2005-2013)



	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Até US$ 1 milhão	3	1	0	1	1	2	2	0	0
Entre US$ 1 e US$ 10 milhões	4	4	5	5	5	3	4	1	3
Entre US$ 10 e US$ 50 milhões	0	1	1	1	1	1	1	3	1

Fonte: Secex/MDIC

Quadro 4

Comparativo entre os pedidos de patentes das empresas com participação de capital estrangeiro e o total das empresas do segmento (2014)

Empresas com participação de capital estrangeiro		Todas as empresas do segmento	
Modelo de utilidade		Modelo de utilidade	
Pedidos	Quantidade de firmas	Pedidos	Quantidade de firmas
1	1	1	1
4	1	4	1
Patente de inovação		Patente de inovação	
Pedidos	Quantidade de firmas	Pedidos	Quantidade de firmas
4	1	1	2
		4	1

Fonte: Banco de dados do Inpi

Em relação aos grupos de pesquisas cadastrados no CNPq, o recorte apresenta apenas uma empresa envolvida em um projeto desenvolvido por um grupo de pesquisa vinculado ao CNPq. Tal projeto está inserido na área das engenharias e prevê a aplicação imediata dos resultados obtidos.

Aspectos institucionais

As quatro empresas que responderam ao questionário possuem mais de 25 anos de idade, sendo nove anos a mediana e doze a média de anos desde a fundação dessas empresas. A idade dessas empresas remete ao período no qual o país intensificou seus projetos para aquisição da tecnologia nuclear, especialmente a que diz respeito ao enriquecimento de urânio.

Todas essas empresas estão *em operação/implantação* e duas delas enquadram-se no subsegmento do submarino nuclear, ao passo que uma empresa não se entende diretamente vinculada ao segmento de propulsão nuclear. Da mesma forma, todas as empresas possuem Certificação de Sistema de Gestão da Qualidade.

Entre as áreas de atividade dessas empresas, destacam-se: engenharia de *design* e produção, equipamentos eletrônicos, integração de sistemas e usinagem em geral. Ainda, todas as empresas respondentes do questionário fornecem subsistemas e componentes, ao passo que 75% destas realizam atividades de pesquisa e desenvolvimento.

Das empresas sem participação estrangeira do capital, duas são independentes e com capital controlador nacional, ao passo que uma é parte de um grupo com capital controlador nacional. A participação estrangeira no capital de uma das empresas respondentes é proveniente da Europa.

Durante o período 2010-2013, três empresas empregaram até 25% da capacidade da empresa para atender à defesa, enquanto apenas uma utilizou de 25% a 50% da capacidade da firma voltada à área de defesa.

O gráfico 29 ilustra a dependência do segmento ao volume de compras empreendido pelo Ministério da Defesa, uma vez que este é o principal movimentador do mercado de defesa nacional (tabela 24).

Das quatro empresas que responderam ao questionário, duas concordam totalmente acerca do impacto negativo que o baixo volume da demanda da defesa exerce sobre os fornecedores diretos, enquanto uma empresa concorda parcialmente com a assertiva. Da mesma forma, duas empresas respondentes consideram que a irregularidade da demanda da defesa afeta negativamente os fornecedores diretos, ao passo que as demais concordam parcialmente ou são indiferentes à afirmação.

Tabela 23

Número de empresas com participação estrangeira no capital

Participação de capital	Número de empresas	Proporção em relação ao total (%)
Sem participação estrangeira no capital	3	75
Com participação estrangeira no capital	1	25

Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Gráfico 29

Tipo de cliente que as empresas mais atendem

(Em %)

Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Obs: Uma das empresas optou por não responder

Tabela 24

Volume da demanda da defesa no impacto aos fornecedores diretos das empresas

Percepção	O baixo volume da demanda da defesa afeta negativamente os fornecedores diretos	A irregularidade da demanda da defesa afeta negativamente os fornecedores diretos
Concordo totalmente	2	2
Concordo parcialmente	1	1
Indiferente	–	1
Discordo parcialmente	1	–
Discordo totalmente	–	–

Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Acerca dos obstáculos existentes na busca por mercados externos, entende-se que a taxa de câmbio desfavorável e o baixo apoio do governo brasileiro, em relação ao suporte que governos estrangeiros dispendem para suas empresas, são os principais óbices para atingir o mercado externo. Ainda, três empresas consideram que um dos fatores inibidores da expansão comercial estrangeira é que a imagem do país não é associada a produtos da área de defesa. Contudo, apesar do alto grau tecnológico vinculado ao segmento, apenas uma empresa entende que a qualidade tecnológica nacional pode ser um obstáculo para competir com a tecnologia estrangeira. Diante destes motivos, nenhuma das quatro empresas respondentes possui subsidiárias no exterior.

Frente ao apontado baixo grau de apoio do governo brasileiro, as empresas respondentes do questionário gostariam de obter mais informações acerca dos programas e serviços encabeçados pelo governo

federal, especialmente os que dizem respeito ao desenvolvimento de produto/serviço ou de tecnologias de produção.

Apesar dos impactos negativos que a baixa demanda de defesa pode causar sobre as empresas, 75% das empresas respondentes afirmam que a redução no número de contratos de produtos de defesa não comprometeria a manutenção de seus funcionários. Sobre esta informação, pode-se inferir que as empresas buscam por novos mercados, tendo em vista as vulnerabilidades presentes na dependência do mercado de defesa nacional. Como apontado pela tabela 25, as empresas consideram importante que exista uma regularidade nas demandas da defesa.

Tabela 25

Principais programas e serviços do governo federal sobre os quais as empresas gostariam de obter informações

Programas e serviços do governo federal	Número de empresas
Desenvolvimento de produto/serviço	3
Desenvolvimento de tecnologias de produção	3
Oportunidades globais de exportação	3
Programas para P&D	3
Compras governamentais e *e-commerce*	2
Desenvolvimento de negócios (*joint-ventures*, novos mercados etc.)	2
Guias comerciais de países	2
Habilidades de avaliação de *marketing*	2
Oportunidades de treinamento	2
Produção consciente com o meio ambiente	2
Feiras e eventos direcionados para o público	1
Financiamento (acesso a capital, empréstimos etc.)	1
Patentes	1
Licenças para exportação	0
Outros	0

Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Em relação à mão de obra, três empresas consideram difícil ou muito difícil contratar funcionários especializados para as atividades que a empresa realiza na área de defesa. Nesse sentido, compreende-se que a falta de mão de obra apontada pelas empresas reflete a sensibilidade tecnológica do segmento.

Em relação às atividades de P&D, três empresas respondentes realizaram algum tipo de atividade de P&D entre os anos 2010 e 2013, como ilustra o gráfico 30.

Durante o período analisado, duas empresas introduziram nos mercados nacional e mundial produto (bem ou serviço) novo ou significativamente aperfeiçoado durante o período. De maneira semelhante, duas empresas introduziram no mercado nacional processo novo ou significativamente aperfeiçoado. Ainda, a totalidade das empresas respondentes esteve envolvida em arranjos cooperativos com outra(s) organização(ões) com vistas a desenvolver atividades inovativas, como demonstra a tabela 26.

Nota-se que as empresas se beneficiaram de acordo cooperativo com clientes ou consumidores para o desenvolvimento de atividade inovativa. Nesse sentido, alguns dos exemplos de relações comerciais da empresa com clientes e fornecedores que contribuem para a melhoria da capacidade tecnológica são: compatibilidade eletromagnética, ensaios de vibração e normas.

Em contrapartida, é importante ressaltar que nenhuma empresa compreende de ser de alta importância a aproximação com concorrentes a fim de estabelecer um acordo cooperativo. Ainda, vale destacar que apenas uma empresa respondente atribuiu aos centros de pesquisa militares um alto de grau de importância no estabelecimento de acordos cooperativos de inovação, apesar da grande participação das Forças Armadas – sobretudo da Marinha – no campo da tecnologia nuclear.

Em relação às dinâmicas de *spin-in* e *spin-off*,[82] 50% das empresas respondentes acreditam ser muito promissora a tendência de que sejam aplicadas no mercado de defesa inovações de linhas de produtos civis. Em contrapartida, 50% das empresas entendem ser razoavelmente promissora a aplicabilidade de inovações na linha de produtos de defesa no mercado civil. Tal como apresentado

82. Ocorre o *spin-off* quando tecnologias/produtos originalmente desenvolvidos para o mercado militar são aproveitados também no mercado civil. De maneira análoga, o *spin-in* ocorre quando tecnologias/produtos originalmente desenvolvidos para o mercado civil são aproveitados no mercado militar.

por Dagnino (2008), a ideia de spin-off tem perdido espaço para abordagens governamentais que contemplem o uso dual das tecnologias. Esta ideia encontra respaldo nas informações contidas na tabela 28, que demonstra que nenhuma empresa introduziu no mercado civil tecnologias ou produtos originalmente desenvolvidos para o mercado militar.

De acordo com as empresas respondentes, uma das áreas mais vulneráveis à instabilidade de gastos governamentais em defesa é a de pesquisa e desenvolvimento. Duas delas afirmaram que as oscilações de gastos da defesa no período 2004-2013 afetaram os valores que estas destinaram a P&D. Contudo, apesar da dificuldade supracitada, 75% das empresas respondentes realizam desenvolvimento e pesquisa de projeto.

O gráfico 31 apresenta os programas de defesa em que as empresas respondentes estão envolvidas, sendo consideradas as participações em andamento e as previstas. Nesse sentido, apesar da participação em programas do Exército e da Força Aérea, os principais programas que as empresas participam são vinculados à Marinha, por exemplo, o Prosub e a Construção do Núcleo do Poder Naval.

Tabela 26

Arranjos cooperativos de inovação

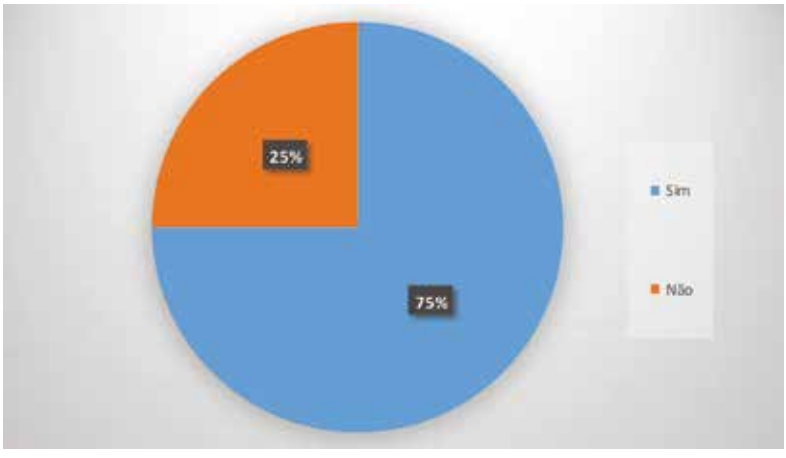
Categoria de parceiro	Importância			
	Alta	Média	Baixa	Não relevante
Centros de capacitação profissional e assistência técnica	0	1	1	2
Clientes ou consumidores	2	2	0	0
Fornecedores	1	2	0	1
Concorrentes	0	0	1	3
Centros de pesquisa militares	1	0	0	3
Centros de pesquisa civis	0	0	2	2
Instituições de testes, ensaios e certificações	1	1	0	2
Outra empresa do grupo	1	1	0	2
Universidades	0	2	0	2
Outros	0	0	0	4

Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Gráfico 30

Caso haja redução no número de contratos de produtos de defesa, sua empresa conseguirá manter os funcionários atuais até surgirem novas demandas relacionadas à defesa?

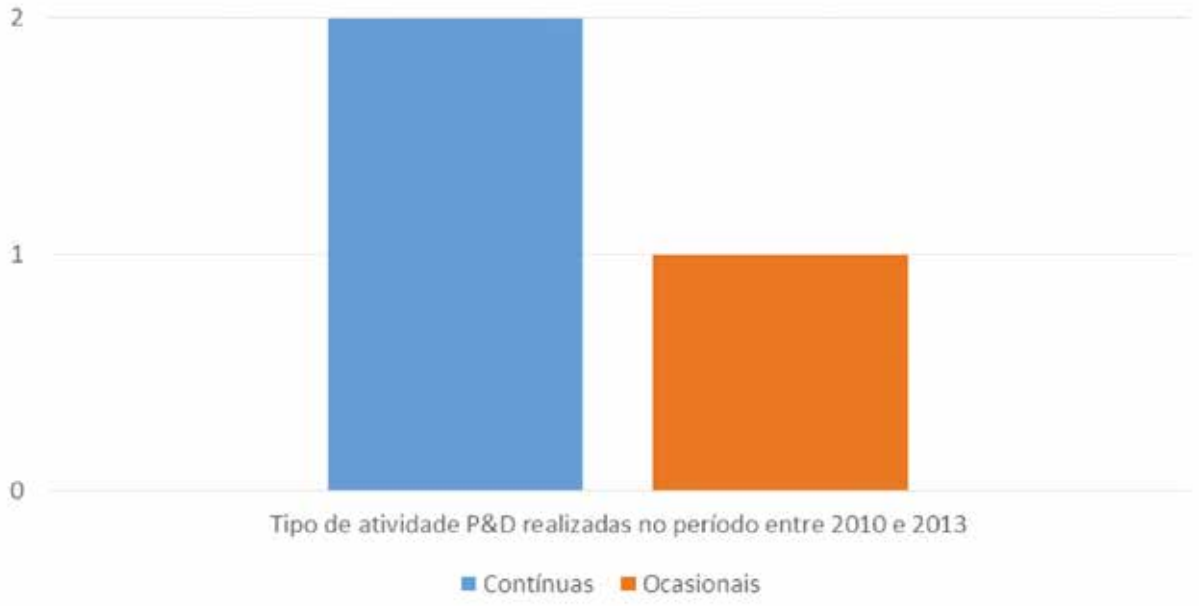
(Em %)



Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Gráfico 31

Tipo de atividade em P&D realizadas (2010-2013)



Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Tabela 27

Perspectiva das empresas sobre os processos de *spin-in* e *spin-off*

Perspectiva	Número de empresas que esperam que as inovações na linha de produtos civis sejam aproveitadas para área de defesa	Número de empresas que esperam que as inovações na linha de produtos de defesa sejam aproveitadas na área civil
Extremamente promissora	–	–
Muito promissora	2	1
Razoavelmente promissora	1	2
Pouco promissora	1	1
Nada promissora	–	–

Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Tabela 28

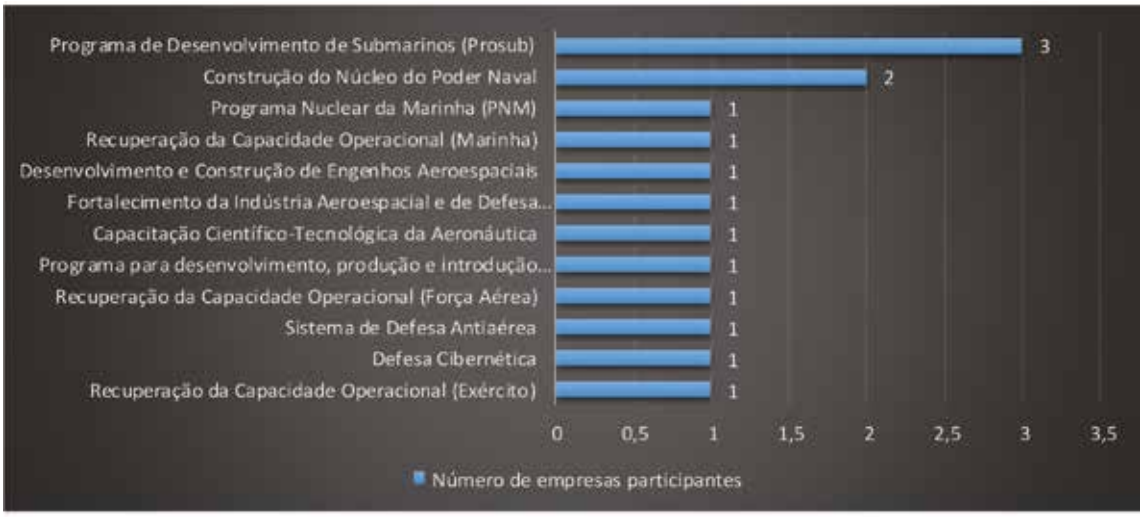
Empresas que realizaram processos de *spin-in* e *spin-off*

Resposta	Número de empresas que desenvolveram produtos ou tecnologias destinadas ao mercado civil que foram comercializados em mercados militares	Número de empresas que desenvolveram produtos ou tecnologias destinados a mercados militares que foram comercializados ao mercado civil
Sim	2	0
Não	2	4

Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Gráfico 32

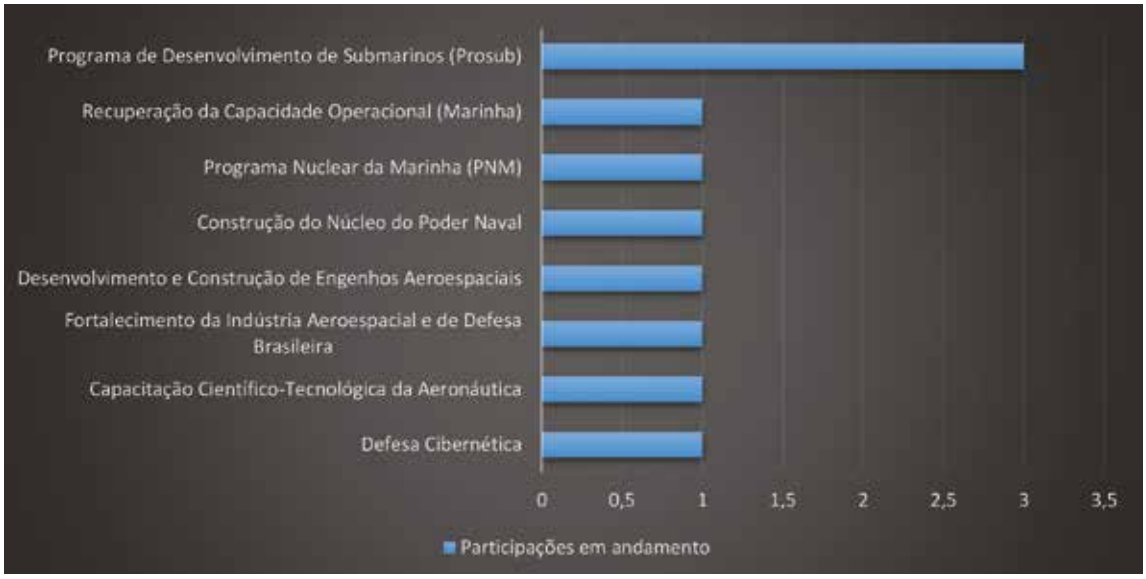
Programas de defesa em que as empresas do segmento atuam, participação em andamento ou prevista



Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Gráfico 33

Programas com participação em andamento



Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

Gráfico 34
Programas com participações previstas

Fonte: Dados da pesquisa (*websurvey*), 2014

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomada do objetivo e principais resultados

O objetivo inicial deste estudo é apresentar uma visão sistêmica desse segmento e, a partir disto, explicar como a tecnologia nuclear, e especialmente a propulsão nuclear, poderá chegar a um nível satisfatório, tanto para o uso civil como para o militar. Ademais, uma proposta secundária seria mostrar como é o *contexto mundial* do segmento de propulsão nuclear, com a apresentação dos principais Estados representantes, suas devidas empresas e qual o nível tecnológico atual deles. Todos estes dados servem para dar um panorama geral ao Estado brasileiro, indicando o quanto faltaria para este alcançar uma posição satisfatória em relação ao resto do mundo. Outro importante objetivo é traçar um perfil das firmas nacionais e apontar se houve um avanço ou não em seu desenvolvimento.

Na introdução deste trabalho, explicou-se a respeito da evolução histórica do segmento nuclear. Uma importante conclusão seria que o segmento de propulsão nuclear, mesmo com sua história iniciada na década de 1970, ainda é recente no formato atual – com o projeto oficializado de construção do submarino nuclear. Isto mudaria a acepção da análise no sentido de não mais apresentar um segmento como os outros (já consolidados), mas sim explicar o funcionamento do que seria a propulsão nuclear e mostrar qual é o patamar atual brasileiro. Na seção seguinte, fez-se uma análise do contexto mundial do segmento nuclear e entende-se que os membros permanentes do Conselho de Segurança da ONU (China, Estados Unidos, França, Reino Unido e Rússia) possuem, em sua maioria, um altíssimo grau de evolução no tocante ao segmento nuclear, com várias classes de submarinos já implantados e aposentados, tanto para o tipo de ataque como de balística, além de já terem lançados porta-aviões para uso militar e usinas de energia elétrica. O outro Estado possuidor de tecnologia nuclear com emprego militar estudado foi a Índia. Este Estado estaria atrasado em relação aos países citados anteriormente, mas com a previsão de lançamento de uma classe de submarino (Arihant) para 2016.

Na seção referente ao perfil das firmas, certos pontos podem ser expostos como resultados do segmento. Das 31 empresas selecionadas, há uma evolução no número de empresas com dados na Rais, o que permite a análise estar mais completa. Em relação ao número de empregados da amostra, a quantidade foi próxima a 4.500 pessoas. Tal fator demonstra como o segmento ainda é pequeno. Em relação aos recursos humanos, cerca de 30% dos funcionários possuem nível superior, enquanto menos de 5% de funcionários da empresa são engenheiros e/ou funcionários com capacidade tecnológica (setor de P&D). Em relação às exportações, além dos parceiros locais estratégicos, como os países do Mercosul, os Estados Unidos estão presentes nas primeiras colocações. Nas importações, há duas importantes considerações a ser feitas: o revezamento de primeira posição entre a Alemanha e os Estados Unidos, de um lado, a longa parceira teuto-brasileira na área nuclear e, de outro, as relações comerciais preponderantes de Brasil e Estados Unidos. Um segundo ponto neste aspecto seria o crescimento da China como uma importante parceira econômica do Brasil, a qual estaria em terceiro lugar, logo após os anteriores.

Análise das condições de competitividade, capacidade produtiva, tecnológica e de inovação das empresas da Base Industrial de Defesa

As firmas do segmento de propulsão nuclear brasileiras estão em um estágio inicial quando se trata de competitividade, capacidade produtiva, tecnológica e de inovação, o que pode refletir o fato de que a política nuclear voltou a ser um tema de política pública há cerca de dez anos. Além disso, houve, em menor grau, incentivos orçamentários e na legislação para que as firmas estratégicas de defesa obtivessem maior relevância – implantação do Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa e criação das Empresas Estratégicas de Defesa (EEDs). Considera-se, para tanto, o aspecto de que as empresas do segmento de propulsão nuclear não sejam focadas na produção de bens nucleares ou complementares para a área nuclear.

Uma vez analisada sob a perspectiva da competitividade, avalia-se o desempenho do segmento sob a ótica das cinco forças de Porter. Tal teoria divide a temática em cinco importantes pontos de análise. Estes seriam: rivalidade entre os concorrentes, poder de negociação dos clientes, poder de negociação dos fornecedores, ameaça de entrada de novos concorrentes e ameaça de produtos substitutos. Estima-se, para a área nuclear, a necessidade de se ter um maior número de empresas para vender produtos ou prestar serviços, com o intuito de provocar a competitividade no setor e atender à primeira força citada.

A condição atual não permite uma rivalidade maior entre as empresas, porque muitas destas são complementares no processo e, para participarem deste assunto, precisam se associar ao Estado – segundo a Constituição Federal de 1988, em seu Art. 21, que trata das competências da União, destaca-se o monopólio da União sobre a área nuclear e, caso alguma firma queira se vincular, receberá uma permissão (Brasil, 1988). Isto reflete na contratação por parte do Estado das empresas para fornecerem serviços e não há uma política maior de inclusão de novas firmas.

Além disso, conforme disposto por Porter em sua teoria, não há políticas de relacionamento com o fornecedor, pois como o Estado é o contratante e o dono da matéria-prima, o estabelecimento de parâmetros de operação das empresas estaria sob o regime do contrato com as atividades preestabelecidas (licitações[83] e concessões). Estes fatores implicariam em empresas com menor ou até sem incentivo para P&D de novas soluções ou produtos.

A parte produtiva do segmento obedece aos princípios de competitividade exibidos anteriormente. No tocante à estrutura das firmas, estas estão concentradas entre pequenas e médias, o que implica uma capacidade pequena. Por serem firmas com diversos fins, elas não fariam sua produção para a área nuclear, área que ficaria deficitária frente às demandas do Estado brasileiro, a não ser que houvesse incentivos para tal.

83. Baseada na Lei no 8.666/1993.

As empresas do segmento de propulsão nuclear assumem um papel pouco preponderante em relação à sua capacidade de inovar. A mão de obra destas empresas apresenta valores próximos a 0% em relação ao percentual de empregados com título acadêmico de engenheiros e também àqueles com capacidades tecnológicas (físicos, químicos, entre outros), o que implica baixa aplicação de seus recursos nas áreas de P&D. Caso se faça uma comparação com as empresas com participação de capital estrangeiro (totalizadas em sete), percebe-se um valor mais alto na qualificação profissional das áreas de cunho tecnológico das firmas de fora do país. Apesar de também apresentarem resultados acanhados, maiores ainda em 2011, vê-se tal diferença com cerca de 6,9% de engenheiros na amostra geral, bem abaixo dos 11,2% das empresas com capital estrangeiro. Outros dados para contribuir com este argumento seriam a quantidade de grupos criados dentro CNPq e as patentes pleiteadas junto ao Inpi.

As empresas com participação de capital estrangeiro (cinco no total) possuem ao menos um grupo de pesquisa vinculado ao CNPq, enquanto as firmas nacionais (as outras 24), somente criaram e financiaram dois grupos. Em relação ao número de patentes, as firmas nacionais fizeram dois pedidos enquanto as estrangeiras fizeram nove.[84] Isto denota que, mesmo em uma quantidade pequena, o incentivo à tecnologia criada pelas empresas com capital estrangeiro é maior se comparadas às brasileiras, além das empresas com capital estrangeiro estarem posicionadas como prestadoras de serviço mais elevado em comparação com as nacionais.

Por fim, o segmento de propulsão nuclear poderá avançar significativamente caso sejam empregados, neste momento inicial, investimentos tanto na quantidade de empresas quanto na área de P&D. Conforme visto, o potencial da área nuclear no Brasil é grande, o que denota uma preocupação em como operá-la nesta fase, tanto no sentido legislativo como no econômico, para, no futuro, haver um setor nuclear produtivo, desenvolvido e com alta tecnologia, com fortes transbordamentos para as áreas civis.

Implicações para políticas públicas

O segmento de propulsão nuclear brasileiro, apesar de ter iniciado suas atividades nos anos 1970, apresenta traços de iniciação. As mudanças nas prioridades de políticas públicas, ocorridas com a assinatura do Tratado de Não Proliferação Nuclear e de outros acordos, desaceleraram o desenvolvimento da tecnologia nuclear no Brasil, especialmente quando comparado aos países não signatários do TNP, como a Índia.

Um aspecto relevante a ser constatado é a necessidade da formação de uma expansão do tema nuclear para o restante do Estado brasileiro. Neste trabalho, verifica-se uma grande concentração deste assunto na região Sudeste, com praticamente todas as empresas presentes no Rio de Janeiro e São Paulo. Entende-se que neste momento, há um grande investimento na construção do Estaleiro de Construção de Submarinos em Itaguaí, no estado do Rio de Janeiro, com prazo de finalização em 2023 e com previsão de operar efetivamente no ano 2025. Entretanto, o assunto poderia ser amadurecido em outras regiões, seja no sentido acadêmico com a criação de centros de estudos e pesquisa nas universidades brasileiras ou parcerias com as empresas destes outros locais.

Outro assunto entendido deste relatório é a qualificação dos trabalhadores das firmas atuais. Não obstante os avanços no desenvolvimento do Prosub, faz-se necessário maior enfoque na criação de carreiras com um perfil de empregado mais evoluído.

Para um segmento com alto padrão tecnológico, que envolva atividades de grande precisão e produtos com grande valor agregado, deve-se incentivar a criação de centros de estudos para os funcionários das empresas alcançarem um maior grau de qualificação, como nível superior focado para este tema. Conforme visto, o percentual de empregados de melhor qualificação estaria, em alguns anos, próximo a 0%. Deste modo, depreende-se que a área de P&D das firmas não teria como apresentar novas soluções para seus produtos ou criar um produto diferente,

84. No caso, são duas empresas nacionais e duas estrangeiras.

com maior valor agregado que o anterior. Uma breve comparação sobre este fator é a qualificação dos funcionários de firmas estrangeiras. Constata-se que, nestas empresas, a porcentagem de empregados com nível superior é 5% a 10% maior que no segmento inteiro, além destas apresentarem mais funcionários com capacidade tecnológicas e engenheiros.

Um ponto a ser investigado para a criação de futuras ações de políticas públicas é o porte das empresas do segmento de propulsão nuclear. Conforme analisado anteriormente, há uma predominância em quantidade de empresas com um tamanho entre zero a cem funcionários. Isto implicaria em pequenas firmas, muitas vezes com uma ou duas pessoas, as quais poderiam receber um investimento específico para fazer novos produtos ou, então, para trabalhar em parceria ou em um programa para assuntos deste tipo. Isto desencadearia no crescimento destas firmas, com maior geração de empregos com qualificação superior, e isto se transformaria em um meio de condução para uma tecnologia nuclear moderna.

Em outros países, esse trabalho já está em um patamar tão avançado que uma empresa recebe as partes do submarino de firmas parceiras (também vencedoras de licitações para o produto específico), como reator, sonar, torpedos, mísseis, entre outros, e integra o submarino e o porta-aviões. Algumas firmas parceiras são responsáveis pela carcaça e por certas partes estruturais do veículo. Fazendo desta forma, o Estado brasileiro também poderá ter uma cadeia de produção completa, a qual envolveria desde os pontos mais iniciais da propulsão nuclear e seus produtos (submarinos, porta-aviões, usinas e outros) até o estágio completo, assim como outros segmentos da Base Industrial de Defesa.

Uma constatação a ser tratada para melhoria nas políticas públicas a partir deste relatório são os centros de estudos e pesquisas dentro de universidades e a sua relação com o desenvolvimento do segmento no país. Conforme visto anteriormente, há certa carência entre as universidades brasileiras de centros para criação de conhecimento acerca deste assunto no Brasil. Desta forma, é necessária uma expansão do debate sobre a tecnologia nuclear e sua finalidade, tanto civil como militar, para as universidades de todo o país.

Para que tal ação reflita em ganhos para o segmento, é interessante tanto para os professores quanto para os alunos, sejam estes graduados ou pós-graduados, a possibilidade de ir para outros centros de ensino de referência no mundo, com o intuito de absorver o conhecimento e trazer para o Brasil novas práticas e, especialmente, a mentalidade dos dias de hoje sobre as novas tecnologias do segmento de propulsão nuclear para os Estados líderes nesta produção. Além disso, é importante a criação de centros de estudos deste tema em universidades.

Um último ponto a ser abordado é o relacionamento das empresas com os centros acadêmicos, seja por meio de investimento financeiro, seja por meio de projetos. No Brasil, especialmente no segmento estudado, há poucos casos em que acadêmicos e empresários uniram esforços para promover o desenvolvimento de um produto. Isto reflete um distanciamento entre o meio empresarial e o acadêmico, que não favoreceria nem a empresa, devido ao conhecimento científico possível de ser aprendido, nem o aluno, o qual não conseguem absorver a experiência do meio profissional tão válida para o seu futuro.

Nesse caso, seria interessante uma aproximação desses dois contextos, especialmente pela possibilidade de gerar possíveis novos empregos aos alunos que já desenvolvem uma pesquisa e, desta forma, desmotivar a "fuga de cérebros" e qualificar a mão de obra, o que beneficiaria, em longo prazo, o segmento.

Ademais, cabe apontar a necessidade das políticas públicas atenderem e beneficiarem dinâmicas de P&D de natureza tecnológica dual,[85] ou seja, que possam ser aplicadas tanto no setor civil quanto no militar. Como discutido no decorrer do relatório, o segmento de propulsão nuclear apresenta particularidades que potencializam a relação civil-militar para a resolução de necessidades tecnológicas, com reflexo direto para a competitividade.

85. Segundo Dagnino (2008), após o término da Guerra Fria, houve uma tendência à mudança do efeito de *spin-off* por um de *spin-in*.

Os processos primários necessários para a efetiva aplicação da propulsão nuclear – entenda-se: ciclo do combustível e o reator nuclear – apresentam potencialidades de desenvolvimento tecnológico. O domínio sobre as fases do ciclo do combustível nuclear, por exemplo, foi desejo de autoridades governamentais de diferentes períodos históricos. A alta complexidade implícita a estes diversos processos permite o aprimoramento de tecnologias atualmente aplicadas na produção de combustível nuclear, acarretando benefícios tanto para o setor militar (submarino de propulsão nuclear) quanto para o civil (usinas de geração nucleoelétricas).

Contudo, deve-se levar em conta a sensibilidade política e tecnológica atrelada ao segmento, além dos constrangimentos normativos e hegemônicos em nível internacional que orientam as ações dos países nesta seara. Dada as limitações de natureza político-estratégica atrelada ao segmento de propulsão nuclear, faz-se necessário fomentar a inovação nacional para a obtenção desse tipo de tecnologia. Nesse sentido, uma medida importante seria promover a regularidade e a previsibilidade do orçamento da defesa para a aquisição de novos produtos e/ou serviços.

Com a retração do mercado militar doméstico, as firmas que visam manter sua escala de produção, ou até mesmo a sobrevivência no setor, tenderiam a respaldar-se pelo mercado civil ou teriam parte de seu capital controlador adquirido por empresas estrangeiras.

Uma política que tem sido empreendida para dirimir as diferenças tecnológicas do Brasil em relação aos outros grandes *players* mundiais é a prática de *offset*.[86] Ao menos em primeira análise, a transferência tecnológica usualmente empregada neste tipo de negócio tem exercido um importante papel na dinamização do segmento, tal como ilustra o acordo do Prosub. Contudo, cabe a atenção dos tomadores de decisão nacionais em propiciar o ambiente adequado para a efetiva obtenção da tecnologia transferida por outro país, além da cautela em relação ao estágio de tecnologia do produto/processo.

Vale ressaltar que o acordo entre Brasil e Alemanha sobre a questão nuclear previa a transferência da tecnologia de ultracentrifugação, utilizada no processo de enriquecimento do urânio e considerada "estado da arte". Todavia, por consequência das pressões internacionais, a tecnologia transferida para o país foi a do *jet nozzle*, que não era tão eficaz quanto a tecnologia originalmente discutida.

REFERÊNCIAS

ABACC – AGÊNCIA BRASILEIRO-ARGENTINA DE CONTABILIDADE E CONTROLE DE MATERIAIS NUCLEARES. **O SCCC**. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/bjd9yJ>. Acesso em: 19 fev. 2015.

ABEN – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR. **Chinesa CNNC busca negócios no Brasil**. Rio de Janeiro: Aben, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/MC0kib>.

AREVA. **Areva general inspectorate annual report**. Courbevoie: Areva, 2014.

_____ . **Our worldwide presence**. Disponível em: <http://goo.gl/uFA1cW>. 2015a. Acesso em: 4 Feb. 2015.

_____ . **Corporate governance**. Disponível em: <http://goo.gl/6t8RJy>. 2015b. Acesso em: 4 Feb. 2015.

_____ . **Areva signs agreement in nuclear transport and logistics with China's CNNC group**. 2015c. Disponível em: <http://goo.gl/hhBSsI>. Acesso em: 5 Feb. 2015.

_____. **Capital structure**. 2015d. Disponível em: <http://goo.gl/W1Qoi3>. Acesso em: 5 Feb. 2015.

ARGENTINA. Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto. Memorandum nº 279, de 13 de maio de 1985. Cooperação com o Brasil no campo de energia nuclear para fins pacíficos. 1985a. Disponível em: <http://goo.gl/lhq42R>. Acesso em: 10 jan. 2015.

_____. Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto. Memorandum nº 706, de 10 de outubro de 1985. Sobrevoo de aeronave militar brasileira sobre a planta de enriquecimento de urânio de Pilcaniyeu. 1985b. Disponível em: <http://goo.gl/qcR36P>. Acesso em: 10 jan. 2015.

86. Acordos que preveem contrapartidas comerciais, tecnológicas e industriais por parte do país exportador.

AVILA, C. A crise dos mísseis soviéticos em Cuba (1962): um estudo das iniciativas brasileiras. **Varia História**, Belo Horizonte, v. 28, nº 47, p. 361-389, jan./jun. 2012.

BAE SYSTEMS PLC. **Annual Reports 2013**. Londres: BAe Systems PLC, 2014.

BARLETTA, M. **The military nuclear program in Brazil**. California: Center for International Security and Arms Control, 1997.

BASTOS, P. **A construção do nacional-desenvolvimentismo de Getúlio Vargas e a dinâmica de interação entre Estado e mercado nos setores de base**. **Revista Economia**, Brasília, v. 7, n. 4, p. 239-275, 2006. Disponível em: <http://goo.gl/XVbUr2>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BOCCO, H. **La cooperación nuclear Argentina-Brasil**: notas para uma evaluación política. Documentos e Informes de Investigación, n. 82, Buenos Aires: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, 1989.

BRANDÃO, R. **O negócio do século**: o acordo de cooperação nuclear Brasil-Alemanha. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional de Segurança. Memorando nº 11, de 21 de fevereiro de 1985. Estrutura do Programa Nuclear Paralelo. Disponível em: <http://goo.gl/UPnmUi>. Acesso em: 10 jan. 2015.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Congresso Nacional, 1988. Disponível em: <http://goo.gl/wUgZP>. Acesso em: 10 jan. 2015.

_____. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME; EPE, 2007.

_____ . Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008. **Aprova a Estratégia Nacional de Defesa, e dá outras providências**. Brasília: Congresso Nacional, 2008.

_____ . Ministério da Defesa. **Livro Branco de Defesa Nacional**. Brasília: MD, 2012.

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. **Natural Environment Research Council**. 2010.

BRODIE, B. **The anatomy of Deterrence**. Santa Monica: Project Rand, 1958.

BUZAN, B.; HANSEN, L. **A evolução dos estudos de segurança internacional**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 2012.

CARPES, M. **A Política nuclear brasileira no contexto das relações internacionais contemporâneas**: domínio tecnológico como estratégia de inserção internacional. 2006. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2006.

CHAVES, R. M. **O programa nuclear e a construção da democracia**: análise da oposição ao programa nuclear brasileiro (1975-1990). 2014. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em História, Política e Bens Culturais do Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil, Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 2014.

CNPQ – CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO; CAPES – COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR; FINEP – FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. COMISSÃO ESPECIAL DE ESTUDOS. **Nova tabela das áreas do conhecimento**. Set. 2005. Disponível em: <http://goo.gl/cK7cOL>. Acesso em: 11 nov. 2014.

COFACE – COMPAGNIE FRANÇAISE D'ASSURANCE POUR LE COMMERCE EXTÉRIEUR. **Niger**: major macroeconomic indicators. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/76LIyh>. Acesso em: 5 Feb. 2015.

COUTTO, T. O papel das comissões parlamentares de inquérito na política nuclear brasileira. *In*: VILLAS-BÔAS, A. L.; ALMEIDA, M. (Org.). **Ciência no Brasil Contemporâneo**. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2014.

CORRÊA, F. G. O submarino de propulsão nuclear e a estratégia nacional. **Revista de Estudos Estratégicos E-premissas**, n. 3, 2008.

_____ . O submarino de propulsão nuclear e as reformulações políticas do sistema internacional. **Revista Eletrônica Boletim do Tempo**, Rio de Janeiro, ano 4, n. 34, 2009.

DAGNINO, R. Em que a economia de defesa pode ajudar nas decisões sobre a revitalização da

indústria de defesa brasileira? **Oikos**, Rio de Janeiro, ano VII, n. 9, 2008.

DAWOOD, L.; HERZ, M.; LAGE, V. **Brazilian Nuclear Policy**. Rio de Janeiro: Center for Nuclear Non-Proliferation and Disarmament, 2015.

DCNS GROUP – DIRECTION DES CONSTRUCTIONS ET ARMES NAVALES. **Annual corporate and social responsibility report 2013**. Paris: DCNS, 2014a.

_____ . **DCNS product**. Disponível em: <http://goo.gl/6Jp2Ue>. 2014b. Acesso em: 5 Dec. 2014.

DEFENSE NEWS. **France Confirms Order of 3rd Barracuda Sub**. Virginia: 30 June, 2011. Disponível em: <http://goo.gl/jSZnlz>.

_____. **Top 100 for 2015**. Virginia: 4 Ago. 2014. Disponível em: <http://people.defensenews.com/top-100/>. Acesso em: 31 Dec. 2014.

ENGLAND. Ministry of Defence; THE RT HON MICHAEL FALLON MP. **Maintaining the UK's Nuclear Deterrent**. Londres: Crown, 2012.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional 2014**: ano base 2013. Rio de janeiro, 2014. Disponível em: <https://goo.gl/1IEQn1>. Acesso em 15 jan. 2015.

FAS – FEDERATION AMERICAN SCIENTIST. **Nuclear Weapons**. Washington: FAS, 29 Nov. 2006. Disponível em: <http://goo.gl/J036t6>. Acesso em: 2 Feb. 2015.

FEDCHENKO, V.; HELLGREN, R. **Nuclear explosions, 1945-2006**. Estocolmo: CM Gruppen, 2007. p. 552-557. Disponível em: <http://goo.gl/IAbXNK>. Acesso em: 15 Jan. 2015.

GENERAL DYNAMICS CORPORATION. **Annual report 2013**. Falls Church: General Dynamics Corporation, 2014.

GLOBAL SECURITY. **Direction des constructions navales services**. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/lkuUwv>. Acesso em: 4 Dec. 2014.

HERZ, M.; LAGE, V. C. **Policy Brief**: a atual política nuclear brasileira. Rio de Janeiro: Brics Policy Center, 2013.

HERZ, M.; MISSARI, N. A política nuclear na política internacional. **Revista Política Externa**, v. 20 n. 3, 2012.

HII – HUNTINGTON INGALLS INDUSTRIES. **2013's Annual Report**. Newport News: Huntington Ingalls Industries, 2014.

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Information Circular 11**. Viena: IAEA, 30 Oct. 1959. Disponível em: <https://goo.gl/3OHWYO>.

_____ . **The role of nuclear power and nuclear propulsion in the peaceful exploration of space**. Vienna: IAEA, 2005.

_____ . **The red book**. Viena: International Atomic Energy Agency, 2012.

INB – INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Combustível nuclear**: ciclo do combustível nuclear. 2015a. Disponível em: <http://goo.gl/6bkg2Y>. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. **Combustível nuclear**. 2015b. Disponível em: <http://goo.gl/KmyUQy>. Acesso em: 10 fev. 2015.

INDIA. Ministério da Defesa da Índia. **Budget and accounts**. 20 Jan. 2014a. Disponível em: <http://goo.gl/78Aaxc>. Acesso em: 20 Jan. 2014.

_____ . **Annual Report 2013-2014**. Nova Déli: Ministério da Defesa, 2014b.

INFCIS – INTEGRATED NUCLEAR FUEL CYCLE INFORMATION SYSTEM. **List of nuclear fuel cycle facilities**. Disponível em: <https://goo.gl/qbvhVk>. Acesso em: 19 nov. 2014.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Propulsão**: discorre sobre tipos de propulsão. Cachoeira Paulista: Inpe, 2015. Disponível em: <http://goo.gl/a3wiDb>. Acesso em: 20 abr. 2015.

IRSN – INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE. **L'extraction de l'uranium en france**: données et chiffres clés. Fontenay-aux-Roses: Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, 2009.

ITAUSSU, L. **Argentina e Brasil**: a balança do poder no Cone Sul. São Paulo: Annablume, 1996.

JESUS, D. S. V. Autonomia pela contradição: as políticas externa e nuclear de Vargas e JK. **Revista Política Hoje**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, 2011.

KABLE INTELLIGENCE LIMITED. **Queen Elizabeth Class (CVF)**. England: 1 Dec. 2013a. Disponível

em: <http://goo.gl/XsUWY>. Acesso em: 6 Feb. 2015.

_____. Mining Technology.Com. **The 10 biggest uranium mines in the world**. 4 Nov. 2013b. Disponível em: <http://goo.gl/yywCzF>.

_____. **Gerald R Ford Class (CVN 78/79)** – US Navy CVN 21 future carrier programme. 15 Dec. 2014a. Disponível em: <http://goo.gl/GPfp9g>. Acesso em: 8 Jan. 2015.

_____. **SSBN Triomphant Class**. 15 Dec. 2014b. Disponível em: <http://goo.gl/IKAf2q>. Acesso em: 4 Feb. 2015.

_____. **Charles De Gaulle Nuclear-Powered Aircraft Carrier**. 15 Nov. 2014c. Disponível em: < http://goo.gl/rd5IUP>. Acesso em: 4 Feb. 2015.

_____. **SSN Barracuda Nuclear Powered Attack Submarine**. 15 Nov. 2014d. Disponível em: <http://goo.gl/71wGok>. Acesso em: 8 Dec. 2014.

_____. **SSBN Borei Class Nuclear-Powered Submarines**. 29 Apr. 2015. Disponível em: <http://goo.gl/aiPLgV>.

KRISTENSEN, H.; NORRIS, R. Russian nuclear forces. **Bulletin of the Atomic Scientists**, p. 70-75, 2014.

KURAMOTO, R. R.; APPOLONI, C. Uma breve história da Política Nuclear. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, 2002.

LAZURIT CDB – LAZURIT CENTRAL DESIGN BUREAU. **Ямолдин И.М ГОДОВОЙ ОТЧЕТ по результатам работы за 2011 год**. Nizhny Novgorod: Lazurit CDB, 2012.

_____. **40MW floating power unit**. Nizhniy Novgorod: Lazurit Central Design Bureau. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/V7IBQi>.

LEBOW, R. N. **Deterrence**. Hanover: Dartmouth College, 2008. Disponível em: <http://goo.gl/TkhnOm>.

MALLEA, R. **Resolving the dilemma of nuclear mistrust**: from Foz do Iguaçu to the constitution of ABAAC (1985-1991). Rio de Janeiro: CPDOC/FGV, 2013.

MARCUS, J. **France's enduring nuclear deterrent**. London: BBC, 28 Mar. 2012. Disponível em: <http://goo.gl/uBja3K>. Acesso em: 4 de Fev. 2015,

MARTINS FILHO, J. O projeto do submarino nuclear brasileiro. **Contexto Internacional**, v. 33, n. 2, Rio de Janeiro, jul.- dez. 2011.

MORRIS, Richard. **John P. Holland, 1841-1914**: inventor of the modern submarine. Columbia: University of South Carolina Press, 1998.

NAVAL TECHNOLOGY. **SSBN Arihant Class Submarine**. India, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/OEJn7k>.

NTI – NUCLEAR THREAT INITIATIVE. **Country profile**: United States. Washington: NTI, 15 Dec. 2014a. Disponível: <http://goo.gl/nKfb4j>. Acesso em: 3 Feb. 2015.

_____. **France**: nuclear. Washington: NTI, June 2014b. Disponível em: <http://goo.gl/K4xC6Z>. Acesso em: 4 Feb. 2015.

O'ROURKE, R. **China Naval Modernization**: implications for U.S. navy capabilities –background and issues for congress. Washington: Congressional Research Service, 2014.

PAGE, J. **China's submarines add nuclear-strike capability**: altering strategic balance. 27 Oct. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/jlYYpA>. Acesso em: 2 Feb. 2015.

PATTI, C. **Brazil in Global Nuclear Order**. 2011. Tese (Doutorado) – Universitá di Firenze, 2011.

_____. **Origin and evolution of the Brazilian nuclear program (1947-2011)**. Rio de Janeiro: CPDOC/FGV, 2012.

RED BOOK. **Russia's Nuclear Fuel Cycle**. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/zninlq>. Acesso em: 1º Feb. 2015.

ROSATOM. **Main financial and economic results**. 2014a. Moscow: Rosatom, 18 Nov. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/bh6cF1>.

_____. **Execution of state functions**. Moscow: Rosatom, 30 Oct. 2014b. Disponível em: <http://ar2013.rosatom.ru/252.html>. Acesso em: 13 Feb. 2015.

_____. **Programme of innovative development and technological modernisation**. Moscow: Rosatom, 30 Oct. 2014c. Disponível em: <http://goo.gl/PMPsvU>. Acesso em: 13 Feb. 2015.

RUBIN – CENTRAL DESIGN BUREAU FOR MARINE ENGINEERING. **Shareholders**. 2015. Disponível

em: < http://goo.gl/ZqOkgj>. Acesso em: 6 Feb. 2015.

RUSSELL, R.; TOKATLIAN, J. G. El lugar del Brasil en la política exterior de la Argentina: la visión del otro. **Desarrollo Económico**, v. 42, n. 167, Oct./ Dec., p. 405-428, 2002.

SCHELLING, T. C. The diplomacy of violence. *In*: SCHELLING, T. C. **Arms and Influence**. New Haven: Yale University Press, 1966. p. 1-34.

SILVA, O.; MARQUES, A. Enriquecimento de urânio no Brasil: desenvolvimento da tecnologia por ultracentrifugação. **Revista Economia e Energia**, n. 54, fev./mar. 2006.

SKYPEK, T. M. China's sea-based nuclear deterrent in 2020: four alternative futures for China's SSBN fleet. **A Collection of Papers from the 2010 Nuclear Scholars Initiative**, p. 105-121, 2010. Disponível em: < http://goo.gl/KkI3yF>.

SOKOV, N. **The new, 2010 russian military doctrine**: the nuclear angle. Russia: CNS, 5 Feb. 2010. Disponível em: <http://goo.gl/vcToB>.

TEIXEIRA, D. **A influência dos EUA sobre a adesão brasileira ao tratado de não-proliferação de armas nucleares (TNP)**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

TELAM SE. **Rusia quiere estrechar cooperación nuclear con Argentina y Brasil**. Buenos Aires: 23 June 2014. Disponível em: <http://goo.gl/rOCPyj>. Acesso em: 19 Feb. 2015.

THOMSON REUTERS. **UPDATE 2-Areva drops 2015-16 targets as nuclear market worsens**. United States: Reuters, 18 Nov. 2014. Fonte: Disponível em: <http://goo.gl/1X3rxT>.

TURNER, J. **Deep impact**: inside the UK's new successor-class nuclear submarine. London: 30 July 2013. Disponível em: <http://goo.gl/tMYsR9>. Acesso em: 6 Feb. 2015.

UCIL – URANIUM CORPORATION OF INDIA LIMITED. **47th Annual Report 2013-2014**. Jharkhand: UCIL, 2014.

UNITED KINGDOM. Ministry of Defence. **The United Kingdom's future nuclear deterrent**: 2014 update to parliament. 22 Dec. 2014. Disponível em: <https://goo.gl/85TE3q>. Acesso em: 5 Feb. 2015.

UNITED STATES. **Kennedy-Khrushchev Exchanges**. Washington: Department of State, 2001. Disponível em: <http://goo.gl/zFQv1K>. Acesso em: 20 abr. 2015.

_____. Department of Defense (DoD). **Nuclear posture review report**. Washington: DoD, Apr. 2010.

VIZENTINI, P. F. **Relações internacionais do Brasil**: de Vargas a Lula. São Paulo: Ed. Perseu Abramo, 2008.

WNA – WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Putin changes status of eight Rosatom entities with weapons know-how**. London: WNA, 1º July 2014a. Disponível em: <http://goo.gl/f9WuGp>. Acesso em: 13 Feb. 2015

_____. **Nuclear power in France**. London: WNA, 25 Nov. 2014b. Disponível em: <http://goo.gl/CqYh9p>. Acesso em: 5 Feb. 2015.

_____. Nuclear Power in China. London: WNA, 25 Nov. 2014c. Disponível em: <http://goo.gl/QDiUHQ>. Acesso em: 5 Feb. 2015.

_____. **Nuclear-Powered ships**. London: WNA, 15 Jan. 2015a. Disponível em: <http://goo.gl/wvwgAh>. Acesso em: 30 Jan. 2015.

_____ . **The economics of nuclear power**. London: WNA, 16 Feb. 2015b. Disponível em: <http://goo.gl/SUHzJn>.

_____. **US uranium mining and exploration**. London: WNA, 31 Jan. 2015c. Disponível em: <http://goo.gl/Z0JdKT>. Acesso em: 3 Feb. 2015.

_____ . **Uranium Enrichment**. London: WNA, 2015d. Disponível em: <http://goo.gl/Zi0dRf>. Acesso em: 9 abr. 2015.

_____. **Conversion Enrichment and Fabrication**. Nuclear Fuel Fabrication. London: WNA, 2015e. Disponível em: <http://goo.gl/ISXk3n>. Acesso em: 3 Feb. 2015.

_____. **Supply of Uranium**. London: WNA, 2015f. Disponível em: <http://goo.gl/wA6to>. Acesso em: 3 Feb. 2015.