



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS**  
**CURSO DE COMÉRCIO EXTERIOR**

**DANIEL RIBEIRO SOARES**

**POTENCIAL ECONÔMICO DO NIÓBIO: UMA ANÁLISE SOBRE INTERVENÇÕES  
POLÍTICAS NA COMERCIALIZAÇÃO DO NIÓBIO**

**SANTA VITÓRIA DO PALMAR**  
**2021**

Daniel Ribeiro Soares

**POTENCIAL ECONÔMICO DO NIÓBIO: UMA ANÁLISE SOBRE INTERVENÇÕES  
POLÍTICAS NA COMERCIALIZAÇÃO DO NIÓBIO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito parcial para a  
obtenção do título de Bacharel, pelo Curso  
de Comércio Exterior da Universidade  
Federal do Rio Grande - FURG.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Aguirre Leal

**SANTA VITÓRIA DO PALMAR**

**2021**

Daniel Ribeiro Soares

**POTENCIAL ECONÔMICO DO NIÓBIO: UMA ANÁLISE SOBRE INTERVENÇÕES  
POLÍTICAS NA COMERCIALIZAÇÃO DO NIÓBIO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito parcial para a  
obtenção do título de Bacharel, pelo Curso  
de Comércio Exterior da Universidade  
Federal do Rio Grande - FURG.

Aprovado em 17 de maio de 2021

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profº. Dr. Ricardo Aguirre Leal - Orientador

---

Profº. Dr. Rafael Mesquita Pereira - Membro

---

Profª. Mª. Michelle Márcia Viana Martins - Membro

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha querida esposa, Viviane Machado, por estar sempre ao meu lado em minhas empreitadas profissionais, acadêmicas e pessoais, incentivando, contribuindo de todas as formas, se mostrando uma grande parceira para qualquer ocasião, demonstrando sabedoria e equilíbrio em tudo que faz.

Agradeço ao Professor Ricardo Aguirre Leal, não somente pela sua excelência como orientador, mas como um verdadeiro mentor acadêmico/profissional e amigo, sempre trazendo dicas preciosas, novidades, ensinando muito além do que requer o trabalho de conclusão de curso, conduzindo o processo de maneira a nos desenvolver e nos mover em direção a criatividade e a inovação.

Agradeço também ao Professor Rafael Mesquita Pereira que ministrou a disciplina de metodologia da pesquisa de maneira primorosa, trazendo uma abordagem eficiente e completa, se mostrando sempre acessível, preparando muito bem o terreno para o TCC.

Agradeço a Deus e aos meus familiares pelo apoio e pela compreensão em todos os momentos que precisei me ausentar para me dedicar aos estudos.

## RESUMO

O Brasil possui cerca de 98% das reservas mundiais de Nióbio e é o principal *player* do mercado, abastecendo 90% da demanda mundial. O metal é estratégico para a indústria siderúrgica e passou a ser considerado pelo atual governo brasileiro como uma oportunidade de alavancagem econômica. Apesar das considerações do governo e as sinalizações de intervenção, existem segmentos que defendem o livre mercado, criando um dilema estratégico para o produto, como é o caso da proposta de lei do Deputado Giovani Cherini (PL 4.978/2013 de 09/07/2019) que traz o seguinte questionamento: “faz sentido o governo intervir no mercado do nióbio?” Motivado por esse impasse estratégico, este estudo buscou apresentar a conjuntura do mercado do nióbio e verificou entre as implicações que as intervenções políticas ou estratégias de regulação de preços podem trazer para este mercado e para a economia do país. Os principais produtos obtidos a partir do nióbio são o óxido de nióbio ( $Nb_2O_5$ ), o carboneto de nióbio (NbC) e o ferro-nióbio (FeNb), sendo este último o produto investigado nesse estudo. Com sua maior parcela de uso na siderurgia como elemento de liga na produção de aços microligados e aços especiais, o mercado do FeNb vem mostrando uma forte tendência de crescimento, devido ao aumento de cerca de 20% ao ano na produção de aços de alta resistência e baixa liga. De 2017 para 2018, o volume de vendas aumentou 28,17% saltando de 64.500 para 82.671 toneladas, graças à elevação de preços de alguns produtos substitutos, como o vanádio e o manganês, bem como o aumento das demandas da China e Índia. De um total de US\$ 46,44 bilhões de exportações minerais em 2018, US\$ 2,01 bilhões foi pela comercialização do FeNb. Com um volume total em torno de 840 milhões de toneladas as minas brasileiras apresentam um ciclo de vida de cerca de 200 anos. A metodologia usada é a teoria dos jogos, que determinou uma tendência de perda de poder de mercado para o Brasil, levando a elasticidade-preço de 0,77 para 1,00, mostrando alto grau de fragilidade para a estratégia político-comercial sinalizada pelo governo. Outro aspecto empírico utilizado na análise é o *case* da China sobre um importante mineral denominado terras raras, que evidenciou consequências indesejáveis para as interações políticas de mercado.

**Palavras-chave:** Nióbio. Intervenção. Regulação de Preço. Impacto Econômico.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>4</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>7</b>
<b>3 METODOLOGIA E DADOS</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 METODOLOGIA</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 DADOS</b> .....	<b>18</b>
3.2.1 Série de Exportações .....	18
3.2.2 Ciclo de Vida das Reservas Brasileiras de Nióbio.....	21
3.2.3 Produtos Substitutos .....	23
3.2.4 Análise Comparativa do Case da China – Terras Raras.....	23
<b>4 SIMULAÇÕES E DISCUSSÕES</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1 SIMULAÇÕES</b> .....	<b>25</b>
4.1.1 Decisões do Canadá – Critério para Determinação das Probabilidades.....	25
4.1.2 Elasticidades-preço – Critério para Determinação das Probabilidades.....	30
<b>4.2 DISCUSSÕES</b> .....	<b>37</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início de seu mandato em janeiro de 2019, o governo brasileiro vem divulgando a importância do nióbio e seus concentrados para a economia do país (CPMR, 2019). Por ser um metal estratégico, principalmente para a indústria siderúrgica, é considerado pelo governo uma oportunidade de alavancagem econômica graças a condição privilegiada do Brasil, que possui cerca de 98% das reservas mundiais em atividade e é o principal *player* do mercado produzindo e fornecendo 90% do produto comercializado no mundo (AGÊNCIA BRASIL, 2019). Apesar das considerações do governo brasileiro sobre o potencial do nióbio e sinalizações de intervenção, existem segmentos que defendem o livre mercado, criando um dilema estratégico para o produto.

A proposta de lei elaborada pelo Deputado Giovani Cherini (PL 4.978/2013 de 09/07/2019) é um exemplo que contrapõe as ideias do governo, trazendo o seguinte questionamento: “faz sentido o governo intervir no mercado do nióbio?” Segundo o parlamentar, referindo a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração – CBMM, que responde por cerca de 75% da produção mundial de nióbio, a capacidade produtiva atual é maior que a demanda, sendo assim, não faria sentido aumentar muito a produção já que não haveria mercado suficiente para consumi-la. Além disso, tendo em vista que o metal possui um substituto que poderia atender as diversas indústrias que utilizam o nióbio, mesmo o Brasil sendo líder do mercado, não significa que possa determinar o preço de venda (CHERINI, 2019).

Motivado por esse dilema estratégico, este estudo buscou apresentar a conjuntura do mercado de nióbio e verificou como implicação que uma intervenção política ou estratégias de regulação de preços podem ocasionar perda de poder de mercado para o Brasil alterando sua elasticidade-preço de 0,77 para 1.

O nióbio (Nb) é um metal maleável e dúctil que apresenta coloração prateada, possui alta resistência a corrosão, elevado ponto de fusão e quando adicionado como elemento de liga a outros materiais, confere diversas melhorias em suas propriedades e funcionalidades (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020). Os principais produtos comercializados a partir do nióbio são o óxido de nióbio (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), o carboneto de nióbio (NbC) e o ferro-nióbio (FeNb), sendo este último o produto investigado nesse estudo, pois de todo nióbio produzido no mundo, 90% é utilizado na produção do ferro-nióbio (FAPESP, 2019). O FeNb tem sua maior parcela de uso

na siderurgia como elemento de liga na produção de aços microligados HSLA<sup>1</sup> e aços especiais, conferindo maior resistência a oxidação, a corrosão, a altas temperaturas e a baixas temperaturas, além de proporcionar maior leveza, melhor ductilidade e maior tenacidade, o que o torna indispensável para a fabricação de turbinas, oleodutos, motores à jato, supercondutores para ressonância magnética, aceleradores de partículas e até mesmo os inovadores sistemas de transporte por levitação magnética (TIC, 2019)<sup>2</sup>.

Sobre à estrutura de mercado do ferro-nióbio, não seria apropriado considerá-la como um monopólio “puro”, já que possui substitutos próximos, como o vanádio e o titânio, e em alguns casos substitutos específicos, como o tungstênio, o molibdênio e o manganês (ALMEIDA; BARROS; MONTEIRO, 2019). A análise apropriada das estratégias para este mercado deve ter uma visão de médio e longo prazo, considerando seu perfil em uma estrutura oligopolista, a fim de observar os reflexos que poderão ocorrer, de acordo com cada interação do governo brasileiro no mercado desse metal, simulando inclusive a possibilidade mais agressiva de regulação de preços. Um aspecto empírico utilizado nesta análise é o case da China, que ocorreu entre os anos de 2010 e 2015 e que está relacionado a produção e exportação do importante mineral denominado terras raras, que por medidas de restrição de oferta incorreu na elevação de preços, motivando investimentos para a ativação e operação de novas minas pelo mundo, aumentando a concorrência do produto.

O cenário descrito até aqui estabelece bons parâmetros para a investigação de possíveis consequências de uma intervenção governamental no mercado do nióbio, que apesar de estratégico e com certa representatividade econômica, apresenta diversas particularidades que devem ser analisadas com cuidado. Fatores como o tamanho do mercado, os produtos substitutos e as diversas reservas pelo mundo sinalizaram que apesar da situação privilegiada do Brasil, o preço do FeNb deve ser tratado com cautela, instigando a busca por respostas para as seguintes perguntas: O potencial econômico do nióbio é suficiente para ajudar a alavancar a economia do Brasil? Que reflexos poderão surgir no mercado internacional caso o governo adote medidas de restrição de oferta ou de regulação de

---

<sup>1</sup> Aços Microligados HSLA: high strength low alloy (Aços de alta resistência e baixa liga).

<sup>2</sup> Tantalum-Niobium International Study Center: <https://www.tanb.org/about-niobium/applications-for-niobium>



preços? Essas indagações estão interligadas, pois a cada medida aplicada pelo governo brasileiro para elevar os preços do nióbio, poderá haver uma reação por parte do mercado internacional, com isso, para construir um ambiente favorável para identificar as tendências e resultados, o estudo buscou preencher algumas lacunas que permeiam essa problemática verificando fatores como: a relação capacidade de produção *versus* demanda, a fim de estimar o tamanho do mercado do ferro-nióbio; a representatividade econômica das exportações do produto; a tendência de crescimento de mercado; o ciclo de vida das reservas brasileiras; as reservas minerais conhecidas no mundo; os produtos substitutos e a elasticidade desse mercado buscando tendências e resultados de uma política de regulação de preços, a fim de estabelecer uma análise empírica através de uma matriz sequencial de *payoffs* baseada na Teoria dos Jogos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A questão estratégica do nióbio, apesar de muito debatida nos últimos anos no Brasil pela imprensa e por órgãos ligados à área da mineralogia e política, apresenta uma literatura que geralmente é voltada para os campos da metalurgia, mineração, química ou economia, tratando sobre características físico-químicas, propriedades mecânicas, inovações nas aplicações do metal e questões econômicas e de mercado.

Não são muitos os trabalhos que abordam especificamente ou mesmo genericamente o dilema estratégico do nióbio brasileiro tratado nesse estudo. Algumas publicações mais abrangentes e completas sobre o metal, datam de mais de 20 anos não refletindo exatamente as interações atuais do produto em função das inovações tecnológicas que incrementaram as demandas desse mercado. Contudo, alguns desses estudos acabaram se mostrando como uma ótima referência da evolução de ideias e das contradições desencadeadas ao longo do período, valendo a pena destacar, além das bibliografias mais atuais, trabalhos como de Campanário (1991), que apresentou boa afinidade ao tema desse estudo e Silva (1994), que apresenta uma boa amplitude de informações sobre o nióbio.

Campanário (1991), é um bom exemplo, que apesar da longa data, surge como um dos poucos trabalhos que apresenta considerável afinidade com o tema desse estudo, trazendo uma análise da importância estratégica do nióbio para os países desenvolvidos, levando em conta a situação privilegiada do Brasil em relação as suas reservas minerais e seu domínio de mercado.

Estabelecendo um modelo de curva de demanda quebrada que considera fatores como preço do produto no mercado, preço de bens substitutos, demanda de mercado geral, demanda de mercado específico (relacionado a importância estratégica do nióbio para a indústria de armamentos dos EUA), a receita marginal, produção, entre outros. Campanário (1991), sinaliza que uma manipulação das quantidades ofertadas ou dos preços, trariam benefícios muito reduzidos de curto prazo e seria praticamente inoperante no longo prazo, por conta dos preços de seus substitutos, naquele período.

Silva (1994), é outra publicação que apesar do tempo, é bastante abrangente analisando os mercados interno e externo do nióbio, apresentando diversos dados e generalidades sobre o ferro-nióbio, a importância como elemento de

liga na produção de aços especiais, sua estrutura de mercado, trazendo variáveis macroeconômicas como índices de desempenho industrial, exportações e importações do produto, componentes fiscais e tributários, mudanças tecnológicas, entre outros e; variáveis microeconômicas, como consumo, produção, preços, produtos substitutos, custos, entre outros.

Através de um modelo econométrico de consumo do ferro-nióbio sobre os mercados dos EUA, Japão, Europa e Brasil, (SILVA, 1994) relaciona o consumo do produto com a renda e com outras variáveis determinantes na formação do consumo, como a produção do aço, preços e tecnologias. Com base nesses dados, o autor conclui que uma demanda representando apenas 0,36% das reservas identificadas pelo mundo e uma produção total (Brasil, Canadá e a República Democrática do Congo) suficientes para abastecer as necessidades do mercado mundial, a oferta de ferro-nióbio deveria se manter acima dos níveis previstos para a demanda mundial, tendendo a se manter concentradas em países industrializados.

Em uma abordagem mais recente, o trabalho de Silveira (2013), investiga a competitividade dos exportadores brasileiros, tomando como base a posição privilegiada que o Brasil tem na produção de nióbio e a importância que o metal representa para as indústrias dos países desenvolvidos, em especial dos EUA, país escolhido para o estudo por seu expressivo consumo, por considerar o nióbio um elemento estratégico para suas indústrias bélicas<sup>3</sup>, nuclear e de transporte.

A metodologia do trabalho procura investigar o poder de mercado prevalecente para o nióbio no nível de países, tomando como referência a abordagem da demanda residual avançada por Goldberg e Knetter (1999) que é uma adaptação da metodologia de Baker e Bresnahan (1988), que tinha como objetivo estimar o poder de mercado para uma única firma, a fim de medir a competitividade em um mercado internacional.

Observou-se no estudo que a contradição entre o poder de mercado do Brasil, dos produtores canadenses e os materiais complementares e substitutos próximos do nióbio, acaba impondo um limite à prática de poder de mercado. Segundo Silveira (2013), uma política de restrição de demanda deve ser considerada com muita cautela, pois apesar dos impactos significativos sobre preços e lucros, deve ser feita observando as restrições impostas pelos bens substitutos e pelo seu principal

---

<sup>3</sup> EUA continua considerando o nióbio estratégico para sua indústria de armas: Campanário (1991) referindo Sutton e Sttip (1975) e mais atual Silveira (2013) reafirma o mesmo interesse.

concorrente, o Canadá, por mais que este atualmente, atue apenas como um tomador de preços.

Silveira e Resende (2020), atualizam o trabalho de Silveira (2013), acrescentando o mercado da União Europeia (UE), além dos EUA, já que estes junto com a China, são os principais destinos das exportações do nióbio e seus concentrados na atualidade. Silveira e Resende (2020), fazem um aprimoramento da metodologia aplicada no trabalho anterior, utilizando a estimativa das demandas residuais e as elasticidades relacionadas para avaliar o poder do mercado utilizando a abordagem avançada de Goldberg e Knetter (1999). Silveira e Resende (2020), consideram que o nióbio é um elemento estratégico para diversas indústrias, tendo grande potencial de expansão na construção civil e nas áreas de petróleo e gás, confirmando a preocupação tanto da UE como dos EUA em relação a um comportamento monopolista ou cartelizado por parte do Brasil.

Quanto ao principal parâmetro de interesse, a elasticidade estimada da demanda residual evidenciou um poder de mercado significativo, como seria de esperar, devido ao domínio muito forte do Brasil em relação ao Canadá no fornecimento de ferro-nióbio, contudo o ferro-vanádio apresentou um papel complementar sobre a liga ferro-nióbio, exercendo um efeito negativo no preço do produto, tanto no mercado dos EUA como na UE, já que existem processos de produção que fazem uso simultâneo de ligas de ferro-nióbio e vanádio.

Almeida, Barros e Monteiro (2019), trazem um artigo bastante abrangente e atual, apesar do foco principal estar nos campos da química e da metalurgia. Além dos marcos históricos e generalidades a respeito do nióbio, o trabalho apresenta dados sobre as principais ocorrências minerais contendo nióbio no Brasil, suas reservas, o mercado, o processamento do produto, propriedades físico-químicas, e principalmente, um panorama químico completo sobre os produtos gerados a partir do nióbio, mostrando as inúmeras aplicações na metalurgia moderna, na composição de novos materiais de alta tecnologia, na catálise e na química orgânica.

Segundo os autores, a produção e a comercialização do nióbio podem vir a fazer uma grande diferença no crescimento econômico nas próximas décadas, contudo, embora possua grande importância estratégica, três fatores contribuem para que o Brasil não arrecade mais com a venda do nióbio, ponderam Almeida, Barros e Monteiro (2019), referindo Cordeiro e Garattoni (2017),

O fato dele poder ser substituído por vanádio ou titânio (em certos casos tungstênio, tântalo ou molibdênio); a pequena quantidade necessária de nióbio para modificar as propriedades das ligas metálicas; e finalmente o fato do país exportar apenas ligas, óxidos e metal puro em vez de produtos manufaturados de maior valor agregado. Em relação aos *royalties*, o Estado brasileiro arrecada 2% do valor das exportações, porcentagem pequena quando comparada aos 5-10% do petróleo. (CORDEIRO; GARATTONI, 2017, p. 1).

Bastante convergente a esse estudo, a proposta de lei elaborada pelo Deputado Giovani Cherini (PL 4.978/2013 de 09/07/2019), traz uma análise comparativa, em contexto mundial, entre minerais estratégicos e minerais críticos, mostrando que através de pesquisas desenvolvidas por Hayes e McCullough (2018) para o Serviço Geológico Americano, em que foram analisados trinta e dois estudos sobre o tema “Minerais Críticos”, delimitou-se o seguinte grupo de elementos químicos: Elementos Terras Raras, Minerais do Grupo da Platina, Índio, Tungstênio, Germânio, Cobalto, Tântalo, Gálio, Antimônio, Bismuto, Tálho, Magnésio e o Nióbio. As análises desenvolvidas nessa proposta mostraram que a maioria dos países definem minerais estratégicos em função do “Risco de Fornecimento” e nos “Impactos das Restrições do Fornecimento” desses minérios.

O trabalho apesar de ser bastante objetivo, traz dados gerais sobre as reservas brasileiras de nióbio evidenciando seus volumes, lista as empresas que exploram o nióbio no Brasil, como a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), responsável por cerca de 75% da produção mundial de nióbio na mina de Araxá – MG, a *China Molybdenum Company* - CMOC empresa responsável por 8% da produção mundial na mina que opera em Catalão – GO e a Mineração Taboca, pertencente à mineradora peruana *Minsur* que opera em Presidente Figueiredo – AM.

Analisando alguns dados de mercado o autor mostra que as empresas que operam no segmento de exploração e produção de nióbio são verticalmente integradas<sup>4</sup>, por isso, os preços são pouco sensíveis à demanda global se comparado a outras *commodities*, por isso, o preço é determinado entre o comprador e o vendedor (o metal não é negociado em bolsa) seguindo as leis da oferta e da demanda de mercado. Sobre o preço, o estudo mostrou que o valor do produto está em alta, mesmo depois de sofrer um período de queda prolongada, tendo em vista que o preço

---

<sup>4</sup> A integração vertical é o processo de agregação de dois ou mais elos de uma cadeia de valor (PORTAL GESTÃO, 2011). No caso da CBMM, ela faz a extração do minério, o processamento dos produtos e a comercialização com maior valor agregado, mesmo não estando em sua forma final de industrialização, diferente do minério de ferro que extrai e vende o commodity mineral e não um produto industrializado.

negociado chegou a US\$ 38 por quilo de nióbio em 2018, que segundo o autor, ocorreu em função da cotação do vanádio, metal concorrente, que mais do que dobrou de preço em 2018. O parlamentar apresenta suas considerações finais, referindo a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração – CBMM, que responde por cerca de 75% da produção mundial de nióbio,

[...] como a capacidade produtiva atual é maior do que a demanda, considera-se que não faz sentido aumentar muito a produção, pois não haveria mercado para consumi-la. Conforme entendimento da CBMM, o fato de o Brasil ser líder de mercado não significa que se possa determinar o preço de venda, tendo em vista o fato de o metal possuir um substituto que pode ser utilizado nas diversas indústrias que hoje demandam o nióbio. (CHERINI, 2019, p.16)

As literaturas mencionadas nesse trabalho, apresentaram de um modo geral, uma posição unânime sobre a influência dos produtos substitutos em relação ao preço do nióbio. A maioria dos autores estabeleceram uma posição de alerta sobre intervenções governamentais, cada qual com o seu nível de intensidade, apresentando opções diferentes ou ligeiramente diferentes sobre as melhores estratégias para o mercado do nióbio. Apesar do mercado do ferro-nióbio ser um mercado em ascensão, as similaridades de algumas ideias entre as literaturas atuais e as publicações de 20 anos atrás, podem sugerir uma evolução lenta de mercado no que diz respeito as novas aplicações para o nióbio, ou simplesmente reforçar as implicações negativas que os produtos substitutos exercem sobre os preços do produto.

Enquanto Campanário (1991), traz um alerta considerando que uma manipulação das quantidades ofertadas ou dos preços, não valeriam a pena, já que provavelmente trariam poucos benefícios à curto prazo e praticamente nenhum à longo prazo por causa dos seus substitutos e do risco de gerar instabilidades no mercado, Silva (1994), apesar de também aderir a uma linha conservadora, propõe que a oferta de ferro-nióbio deveria se manter acima dos níveis previstos para a demanda mundial, mesmo com uma demanda representando apenas 0,36% das reservas em operação pelo mundo, deixando talvez nas entrelinhas, uma ideia de preservação e estabilidade de preços para os consumidores do produto.

Silveira (2013), não descarta totalmente a ideia de intervenção, mesmo alertando que uma política de restrição de demanda deve ser considerada com muita cautela, pois mesmo podendo trazer impactos significativos sobre preços e lucros,

deve também considerar as implicações que seus substitutos e seu maior concorrente, o Canadá, poderão trazer.

Silveira e Resende (2020), trazem uma atualização do trabalho de Silveira (2013), reafirmando a preocupação dos EUA e agora também da UE em relação ao domínio quase monopolista do Brasil, por considerarem o nióbio um elemento estratégico para diversas indústrias. O estudo evidenciou um poder de mercado significativo, contudo imputou nesta versão atual, uma menor importância ao seu maior concorrente, o Canadá, contrariando o que foi sinalizado em 2013, por conta do forte domínio do Brasil em relação ao fornecimento de ferro-nióbio. Contudo, mantém a preocupação sobre os produtos substitutos, em especial o ferro-vanádio que apresentou um papel complementar sobre a liga ferro-nióbio, exercendo um efeito negativo no preço do produto, já que existem processos de produção que fazem uso simultâneo de ligas de ferro-nióbio e vanádio.

Almeida, Barros e Monteiro (2019), consideram o nióbio estratégico para a economia brasileira, podendo fazer grande diferença para a economia do país nas próximas décadas, mas alertam sobre alguns fatores que atrapalham uma maior arrecadação na comercialização do produto, como a questão dos produtos substitutos, em especial o vanádio e o titânio, concordando com os outros autores; a pequena quantidade necessária de nióbio para modificar as propriedades das ligas metálicas; e o fato do país exportar apenas ligas, óxidos e metal puro em vez de produtos manufaturados em sua forma final de comercialização para obtenção de maior valor agregado.

Entre as literaturas mais relevantes sobre o assunto, a proposta de lei do deputado Giovani Cherini (PL 4.978/2013 de 09/07/2019), vai de encontro com o dilema apresentado nesse estudo, pois enfatiza a importância estratégica do nióbio não somente para os países desenvolvidos, mas também para o Brasil, apresentando um panorama sobre a posição privilegiada do país em relação as reservas e a produção do nióbio, fazendo uma importante indagação: “faz sentido o governo intervir no mercado do nióbio?” Segundo Cherini (2019), apesar da condição de liderança na produção e no mercado, como a capacidade produtiva atual é maior do que a demanda, não faz sentido aumentar muito a produção, pois não haveria mercado para consumi-la, e conforme o entendimento da CBMM, principal *player* do mercado com cerca de 90% da produção mundial: “o fato do Brasil ser líder de mercado não significa que se possa determinar o preço de venda, tendo em vista o fato de o metal possuir

um substituto que pode ser utilizado nas diversas indústrias que hoje demandam o nióbio” (CHERINI, 2019, p. 16). Essa linha conclusiva vai de encontro com os pensamentos de Campanário (1991), mesmo 20 anos depois.



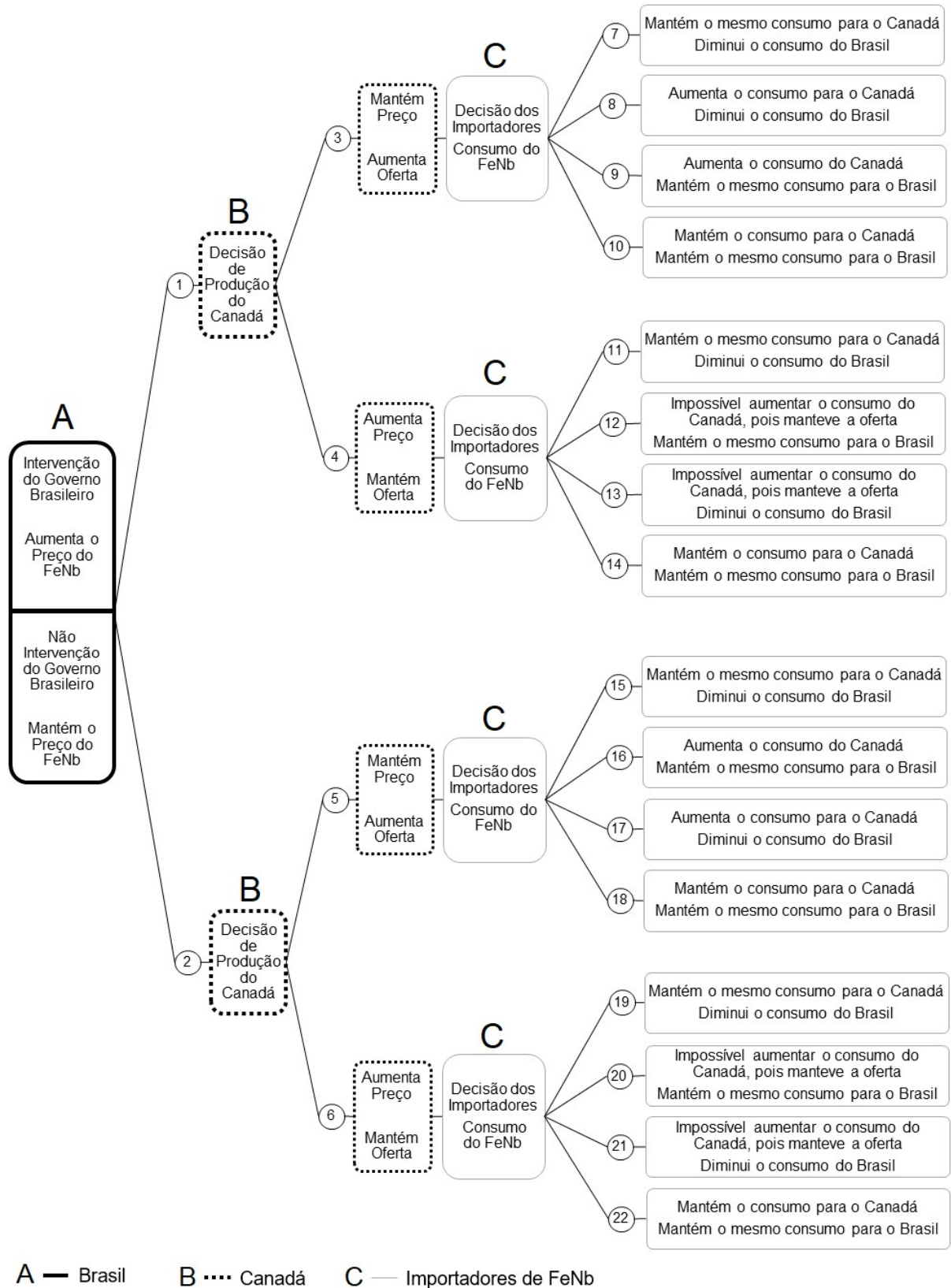
### 3 METODOLOGIA E DADOS

#### 3.1 Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho conta com o levantamento de um conjunto de dados pertinentes, elaborados através de plataformas estatísticas, trabalhos acadêmicos, relatórios de agências nacionais e internacionais, entre outros, que tiveram a finalidade de estabelecer um panorama geral do mercado do ferro-nióbio, buscando respaldar a abordagem principal do estudo, que é uma análise empírica pautada na Teoria dos Jogos, usando um modelo de jogo sequencial estendido.

O estudo considerou uma análise de médio e longo prazo em uma estrutura de mercado oligopolista, onde o Brasil desponta como líder altamente dominante em relação ao segundo maior exportador, o Canadá, estabelecendo uma relação “líder-seguidor” conforme o modelo de Stackelberg, determinando um perfil favorável para um modelo de jogo sequencial (teoria dos jogos), onde a decisão do líder determinará uma reação do seguidor e dos demais sujeitos do mercado. Segundo Fiani (2006), os jogos sequenciais tem por princípio um processo de interação estratégica que se desenvolve em etapas sucessivas, onde os jogadores fazem escolhas a partir do que os outros jogadores “decidiram no passado”, ou seja, é a partir da decisão tomada na jogada anterior que ocorre a decisão da jogada seguinte, construindo uma sequência lógica de decisões, os *payoffs*. O jogo sequencial pode ser representado em formato de árvore de jogos, onde os nós representam os jogadores e os ramos as decisões de cada jogador. A Figura 1 traz uma análise bayesiana, onde o governo brasileiro (Jogador A) inicia efetivando ou não uma intervenção no mercado do FeNb aumentando ou não o preço do produto (jogadas nº 1 e nº 2). Em sequência, o Canadá (Jogador B), reage, decidindo se mantém o preço e aumenta a oferta do seu produto (jogada nº 3) ou, se aumenta o preço e mantém a oferta (jogada nº 4). Essas decisões entre Brasil e Canadá geram reações dos importadores do produto (Jogador C), trazendo novos desdobramentos, onde estes decidem se mantêm o consumo de FeNb do Canadá e diminuem o consumo do Brasil (jogada nº 7) ou, se aumentam o consumo do Canadá e diminuem o consumo do Brasil (jogada nº 8) ou, se aumentam o consumo do Canadá e mantêm o mesmo consumo do Brasil (jogada nº 9) ou, se mantêm um consumo igual tanto do Canadá como do Brasil (jogada nº 10) e assim sucessivamente.

Figura 1: Análise Bayesiana



Fonte: Elaboração própria.

Considerando-se a hipótese de intervenção do governo brasileiro aumentando o preço do FeNb no mercado internacional, foram analisadas as reações do Canadá e dos importadores, a fim de verificar as possíveis variações nas receitas brasileiras. Os mercados consumidores considerados neste estudo são os mercados dos EUA e UE, tendo em vista a representatividade que estes têm entre os maiores consumidores mundiais de FeNb, além da China, que poderá fazer parte de um próximo estudo complementar. A disponibilidade de informações para esses importadores também foi um fator determinante para a delimitação do trabalho nesses dois mercados consumidores. O estudo elaborado por Silveira e Resende (2020), que calcula a elasticidade preço-demanda desses mercados (0,725 para os EUA e 0,814 para a UE), foi utilizado como ponto de partida para a análise de poder de mercado do Brasil, onde foi utilizado o valor médio (0,770) das elasticidades calculadas, permitindo a aplicação de projeções de elasticidade-preço das demandas, a fim de avaliar os resultados de uma política de intervenção de preço.

O jogo formulado apresentou um número significativo de desdobramentos, o que tornou a visualização completa do jogo em formato de árvore desfavorável, por esse motivo, optou-se por fragmentar o jogo em segmentos menores, conforme cada decisão do Canadá e respectivamente dos importadores. Através da imputação de probabilidades relacionadas as decisões do Canadá (principal concorrente do Brasil) e dos importadores (EUA e UE) dentro de uma lógica de ocorrência, verificando-se as variações nas receitas do Brasil, com base na ideia de intervenção do governo. Tomando-se então como ponto de partida a elasticidade média calculada entre EUA e UE (0,77), são estabelecidas as projeções de elasticidades preço-demanda (*Ad hoc*), através de uma tabela de análises (forma estratégica do jogo) que apresenta o conjunto de verificações para cada *payoff* relacionado.

Para estabelecer um panorama geral do mercado do ferro-nióbio, foram levantados alguns dados para alicerçar as análises deste trabalho:

- Série de exportações dos últimos 20 anos, que permitiu verificar a evolução das demandas do produto, a tendência de crescimento do mercado e a representatividade do FeNb para a economia brasileira;
- Ciclo de vida das reservas brasileiras, verificando-se os volumes estimados das reservas brasileiras, a expectativa de vida das minas e a concentrações de óxido de nióbio (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) encontradas no Brasil, observando se há vantagem de eficiência na produção;

- Características dos produtos substitutos e seus níveis de substitubilidade; e
- Análise comparativa sobre o case de regulação de preços efetivada pela China na comercialização de terras raras.

A elasticidade-preço da demanda é uma medida que reflete o quão “sensível” é a demanda de um bem em relação à variação do preço, podendo também receber considerável influência da quantidade de substitutos próximos que o produto possui (VARIAN, 2015). Segundo o autor, a equação básica da elasticidade pode ser expressa através da razão entre o preço e a quantidade, multiplicada pela inclinação da função de demanda, ou seja, multiplicada pela variação da quantidade, dividida pela variação do preço, conforme a seguinte expressão:

$$\epsilon = \frac{p}{q} \frac{\Delta q}{\Delta p}$$

Considerando-se que a receita é o preço ( $p$ ) multiplicado pela quantidade ( $q$ ) e que havendo variação do preço ( $p + \Delta p$ ) haverá variação da quantidade demandada ( $q + \Delta q$ ), uma nova receita será gerada, conforme Varian (2015):

$$R' = (p + \Delta p)(q + \Delta q) = pq + q\Delta p + p\Delta q + \Delta p\Delta q$$

Subtraindo a receita inicial  $R$  pela nova receita  $R'$ , teremos então:

$$\Delta R = q\Delta p + p\Delta q + \Delta p\Delta q$$

Se a variação de preço  $\Delta p$  for muito pequena a variação de quantidade  $\Delta q$  também será, se tornando desprezível, podendo assim ser ignorada, fazendo com que a expressão da receita assuma a seguinte forma:

$$\Delta R = q\Delta p + p\Delta q$$

Sendo assim, se dividirmos essa expressão pela variação do preço  $\Delta p$  teremos a taxa de variação da receita por variação do preço:

$$\frac{\Delta R}{\Delta p} = q + p \frac{\Delta q}{\Delta p}$$

Para verificar quando o resultado líquido desta expressão será positivo é necessário observar a seguinte desigualdade:

$$\frac{\Delta R}{\Delta p} = p \frac{\Delta q}{\Delta p} + q(p) > 0$$

Ao reorganizá-la, teremos:

$$\frac{p}{q} \frac{\Delta q}{\Delta p} > -1$$

O lado esquerdo da equação é exatamente a equação básica da elasticidade-preço, descrita no início da página anterior, mas que é um número negativo, sendo assim, vale a pena multiplicá-lo por -1 o que inverterá a direção da desigualdade:

$$|\epsilon(p)| < 1$$

Desta forma a receita aumenta quando o preço aumenta e a elasticidade da demanda é menor do que 1 em valor absoluto (módulo).

O cálculo das variações das receitas de acordo com as simulações de aumentos de preços se baseia no seguinte conceito:

$$\Delta R = \frac{q \Delta p \cdot (1 - |\epsilon|)}{R}$$

Onde,

$$\Delta \%R = \frac{q \Delta p \cdot (1 - |\epsilon|)}{p \cdot q}$$

Simplificando a expressão obtém-se:

$$\Delta \%R = \frac{\Delta p \cdot (1 - |\epsilon|)}{p}$$

Onde:

$$\Delta \%R = \Delta \%p \cdot (1 - |\epsilon|)$$

Essa então, é a expressão usada na forma estratégica do jogo, que multiplica a elasticidade-preço da demanda pela variação percentual de preço, obtendo como resultado as variações das receitas brasileiras determinando se vale a pena ou não o governo brasileiro adotar uma política de intervenção de preços.

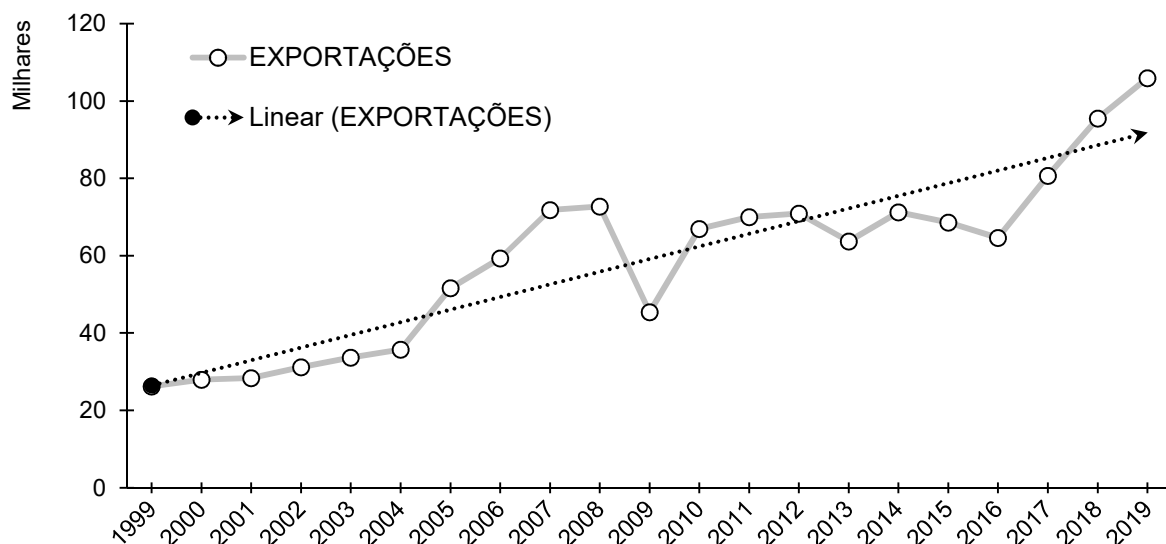
## 3.2 Dados

### 3.2.1 Série de Exportações

As exportações dos últimos 20 anos, a fim de verificar a evolução das demandas do produto, a tendência de crescimento do mercado e a representatividade do produto para a economia brasileira – Gráfico 1. As exportações do FeNb apresentaram crescimento progressivo nas demandas, exceto em 2009, que sofreu expressiva queda relacionada a crise global de 2008 (*Subprime*), desencadeada pela

falência do banco norte americano Lehman Brothers<sup>5</sup>, que fez com que as bolsas de valores do mundo todo despencassem, gerando uma crise mundial a partir do sistema financeiro (SANTOS et al., 2017).

**Gráfico 1: Exportações Brasileiras FeNb - Ton.**



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de MDIC (2020).

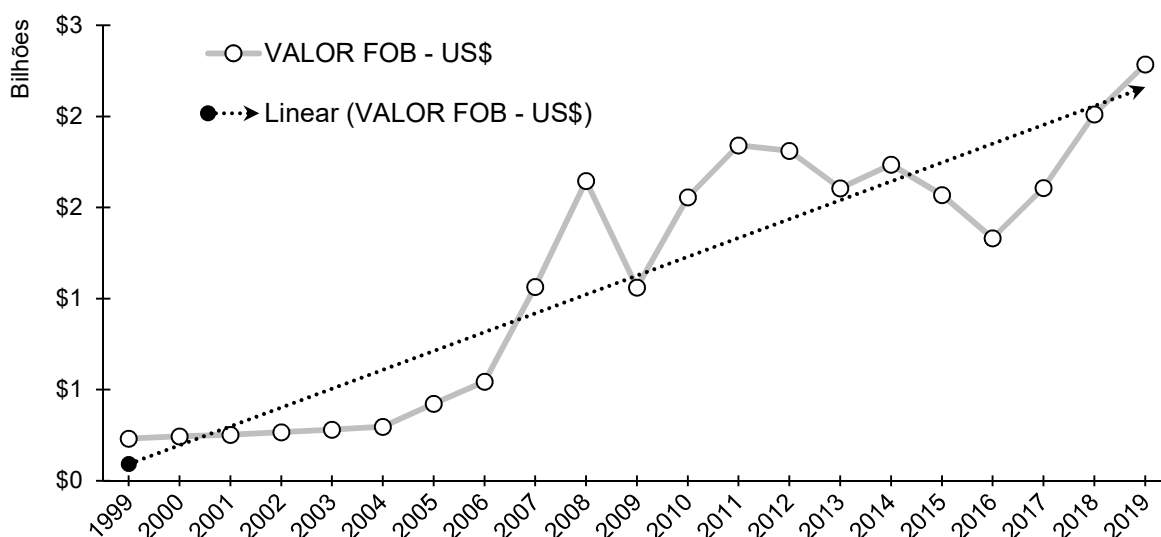
O volume de vendas de FeNb aumentou 28,17% de 2017 para 2018, saltando de 64.500 para 82.671 toneladas (ton), graças à elevação de preços de alguns produtos substitutos, como o vanádio e o manganês, bem como pelo aumento das demandas da China e Índia (CBMM, 2018). De um total de 123 mil toneladas de FeNb comercializados mundialmente em 2018, o Brasil forneceu 95,5 mil toneladas (MDIC, 2020), registrando um crescimento em torno de 10% ao ano no volume das exportações do produto. Nesse contexto, é possível acrescentar, que a tendência atual é de incremento na demanda de FeNb para os próximos anos, devido ao aumento da produção de aços de alta resistência e baixa liga – HSLA, que vem crescendo cerca de 20% ao ano (ROCKSTONE, 2018).

A curva de exportações em valores (US\$ - FOB), mostrou um desempenho, de certa forma, proporcional à evolução dos volumes – ver Gráfico 2, porém com crescimento mais acentuado entre 2006 e 2008, causado pelos fortes aumentos de preços nos insumos a base de nióbio, ocasionados pela elevada demanda da indústria

<sup>5</sup> Ver: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2016/02/27/entenda-o-que-causou-a-criese-financeira-de-2008.htm>

siderúrgica chinesa (SILVEIRA, 2013). De acordo com a Agência Brasil (2019), referindo a CBMM, apenas 5% da produção de 2018 foi consumida pelo mercado interno, o restante atendeu as demandas internacionais, totalizando uma receita de R\$ 7,8 bilhões para a empresa, gerando R\$ 1,8 bilhões em impostos para o Brasil.

**Gráfico 2: Exportações Brasileiras FeNb - US\$ FOB.**



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de MDIC (2020).

Em 2019 as exportações brasileiras de ferro-nióbio alcançaram um valor de US\$ 2,29 bilhões (FOB), representando 0,1% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro que foi de US\$ 1,8 trilhões (MDIC, 2020). Em 2019 o ferro-nióbio despontou em 3º lugar sobre a pauta de exportações minerais, conferindo ao produto uma representatividade de cerca de 4,9% sobre valores (US\$ - FOB) entre todos os minerais comercializados e 1% da exportação total do Brasil, que foi de US\$ 225,4 bilhões (MDIC, 2020).

Os resultados do mercado do FeNb são promissores, por isso a CBMM, líder mundial na produção de nióbio, divulgou que está investindo para ampliar a capacidade de sua planta aumentando sua produção em 25%, elevando sua produção em 2019 para 110 mil toneladas, pretendendo alcançar uma capacidade produtiva de 150 mil toneladas até o final de 2020, conforme sinaliza a empresa,

Graças à expectativa de elevação da demanda por produtos de Nióbio, a CBMM está investindo US\$ 200 milhões na capacidade produtiva de sua planta industrial e também na expansão dos departamentos de marketing e vendas objetivando a expansão do mercado de produtos de nióbio. O aumento da

capacidade produtiva faz parte da estratégia da companhia, que detém cerca de 80% de participação no mercado global de FeNb. (CBMM, 2019, p. 1).

### 3.2.2 Ciclo de Vida das Reservas Brasileiras de Nióbio

Em levantamentos realizados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM<sup>6</sup>, as reservas brasileiras de nióbio somaram um volume total de 842,4 milhões de toneladas, sendo 75% do total em Araxá - MG, 21% em depósitos não comerciais na Amazônia e 4% em Catalão – GO, estimando-se uma ciclo de vida, conforme as demandas do produto, de cerca de 200 anos (FAPESP, 2019). Contudo, a liderança brasileira na produção e na comercialização do ferro-nióbio não se resume ao fato do país deter as maiores reservas minerais, tendo em vista que existem reservas em 85 regiões do mundo, entre Austrália, África, Groelândia e Rússia, que não estão em operação por inviabilidade econômica, conforme afirmou o CEO da CBMM Eduardo Ribeiro, “se muitas não estão, atualmente, em operação, é porque os produtores atuais têm uma capacidade de produção maior do que o tamanho do mercado. Eles não vão investir bilhões de dólares em um mercado pequeno” (AGÊNCIA BRASIL, 2019, p. 2).

Além do pioneirismo na lavra do nióbio, as empresas brasileiras desenvolveram tecnologias ao longo dos anos que otimizaram os processos tornando os custos mais viáveis, desbravando um mercado, de certa forma desconhecido, através de investimentos em pesquisas, a fim de criar produtos e aplicações para o nióbio, optando estrategicamente em comercializar produtos industrializados, obtendo maior valor agregado, comparados a um estado de “*commodity* mineral básico”, fazendo com que os investimentos de novos entrantes potencialmente se tornem arriscados ou desvantajosos.

Apesar do crescente aumento na produção siderúrgica mundial, a capacidade produtiva do FeNb é maior que a demanda, já que se trata de um mercado relativamente pequeno, por isso a viabilidade de exploração de uma nova reserva não depende apenas de fatores tecnológicos ou, exclusivamente dos volumes minerais, mas também de fatores como a concentração de óxido de nióbio presentes no minério, na profundidade que o minério se apresenta na natureza, assim como, a viabilidade imposta pela relação capacidade de produção *versus* tamanho do mercado, por esse motivo, um grande volume de minério, nem sempre se mostra economicamente viável,

---

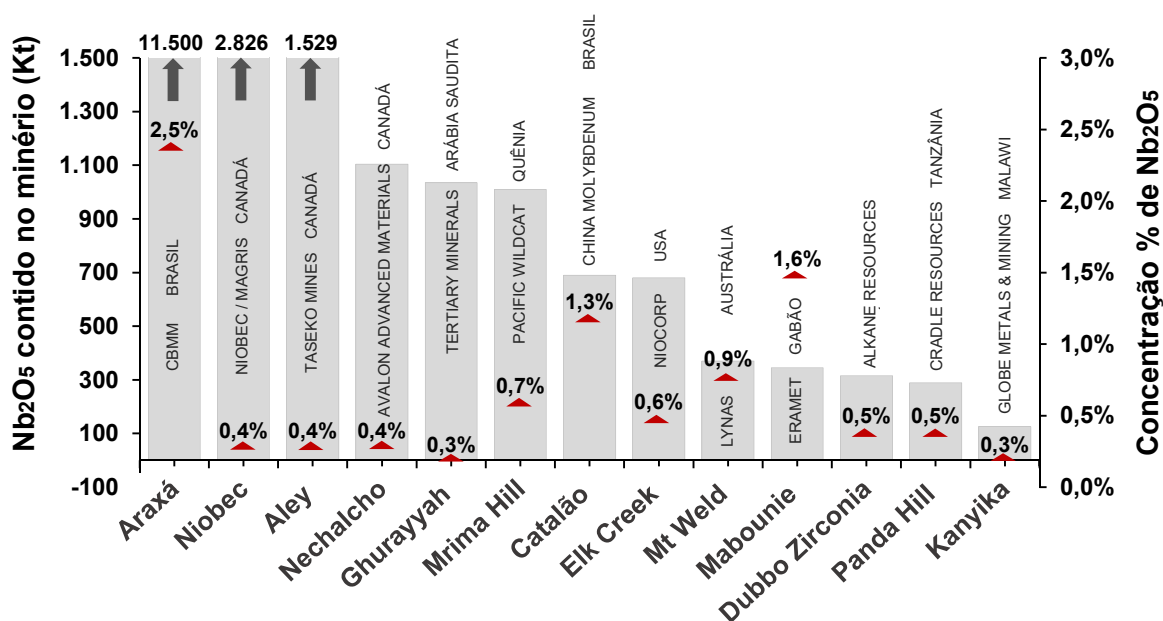
<sup>6</sup> DNPM foi extinto em 2018 e substituído pela Agência Nacional de Mineração (ANM).



a não ser que houvesse um caso extremo de escassez do produto no mercado internacional ou um aumento significativo do preço combinados à uma elevação dos preços de seus substitutos, o que se mostra bastante improvável.

Segundo dados apresentados por Rockstone (2018), uma reserva é considerada economicamente viável quando o minério presente nas minas apresentam teores de óxido de nióbio<sup>7</sup> ( $Nb_2O_5$ ) acima de 0,3%. O Gráfico 3, traz um panorama geral dos principais depósitos de nióbio em atividade no mundo, apresentando os volumes estimados de óxido de nióbio que poderão ser extraídos do minério, conforme apresentado por cada reserva (Kt)<sup>8</sup>, os percentuais de concentração de óxido de nióbio, as empresas responsáveis pela exploração e produção do nióbio e os países onde as reservas estão localizadas. Estes dados, evidenciam claramente que o Brasil, não tem vantagem somente nas quantidades, mas também na qualidade do minério bruto que apresenta elevados níveis de concentração de  $Nb_2O_5$  (2,5% em Araxá-MG e 1,3% em Catalão-GO).

**Gráfico 3: Depósitos mundiais significativos (Nb)**



Fonte: Elaboração própria reproduzindo Rockstone (2018).

<sup>7</sup> Óxido de nióbio ( $Nb_2O_5$ ) é o principal composto extraído do minério usado para a produção dos demais concentrados à base de nióbio, inclusive o FeNb.

<sup>8</sup> Os volumes apresentados no gráfico se referem ao  $Nb_2O_5$  extraído do minério, onde 1 quiloton (Kt) corresponde a 1.000 toneladas.

### 3.2.3 Produtos Substitutos

Segundo a *Royal Society of Chemistry* (2020), o nióbio tem um nível médio de substituíbilidade, tornando na maioria dos casos a substituição por outros elementos desfavorável. Conforme Silveira (2013), referindo *Mineral Commodities Summaris*<sup>9</sup>, por não serem substitutos homogêneos, esses elementos geralmente apresentam maior custo e menor eficiência, como é o caso do vanádio que pode ser usado como elemento de liga em alguns tipos de aços de alta resistência e baixa liga (HSLA), mas apresenta maior custo e precisa do dobro da quantidade do produto para se aproximar do desempenho do ferro-nióbio. O molibdênio e o vanádio são substitutos imperfeitos em aços HSLA; o titânio e o tântalo em aços inoxidáveis, aços de alta resistência e cerâmicos; o molibdênio, tântalo, titânio e tungstênio são usados em altas temperaturas, por isso, em alguns casos esses metais são usados como complementares do nióbio e em outros como substitutos (SILVEIRA, 2013).

### 3.2.4 Análise Comparativa do Case da China – Terras Raras

Estabelecida no mercado com 90% da produção mundial de um importante mineral denominado terras raras, indispensável na fabricação de componentes dos segmentos de alta tecnologia, a China anunciou para o mundo em 2010, medidas que restringiam a oferta do produto, ditavam um preço mínimo de exportação e promoviam aumentos de tarifas (DIAS; VIANA; COELHO, 2016). A restrição da oferta ocasionou aumentos significativos no preço elevando os lucros temporariamente, já que o produto não tinha substitutos próximos, contudo, gerou ameaças de sanções internacionais e notificações emitidas pela Organização Mundial do Comércio – OMC.

Em 2015 a China recuou, reestabelecendo o fornecimento de terras raras, contudo, a elevação de preços motivou investimentos para a ativação e operação de novas minas pelo mundo, aumentando a concorrência do produto, trazendo consequências indesejáveis para o mercado das terras raras. Esse desdobramento pode ser comparado aos efeitos que poderão surgir para intervenções do governo no mercado do ferro-nióbio, conforme afirmou Elmer Prata Salomão, presidente da Associação Brasileira das Empresas de Pesquisa Mineral – ASPM ao Serviço Geológico do Brasil,

---

<sup>9</sup> (USGS, 2012): United States Geological Survey <https://pubs.er.usgs.gov/publication/mineral2012>

[...] uma eventual intervenção governamental na oferta ou no preço do nióbio pode ter consequências funestas. [...] nosso nióbio tem um preço "praticamente imbatível" e se ele for elevado, outras jazidas no mundo todo entrarão em produção. [...] o que aconteceu com a China: ela decidiu reduzir a oferta e aumentar o preço das terras-raras, acarretando no surgimento de 50 novos projetos de produção desses bens minerais. (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2016, p. 1)

## 4 SIMULAÇÕES E DISCUSSÕES

### 4.1 Simulações

A simulação aplicada nesse estudo tem como objetivo verificar os resultados de uma possível intervenção do governo brasileiro no mercado do FeNb, através da teoria dos jogos. Para este modelo, foi estabelecido um conjunto de probabilidades, baseadas na conjuntura de mercado, tanto para as decisões estratégicas do Canadá, principal concorrente do nióbio brasileiro, como para os importadores, onde se analisou as variações nas receitas do Brasil, mediante um aumento de preço do produto.

A partir dos dados levantados e do panorama geral observado ao longo desse estudo, foi estabelecido um rol de elasticidades-preço, tomando como ponto de partida a média dos valores<sup>10</sup> calculados por Silveira e Resende (2020), entre os mercados de destino (EUA e UE), estabelecendo-se uma perspectiva que parte de uma elasticidade-preço de 0,77 (ainda inelástica) e uma elasticidade final de 1,25 (elástica), já que em médio e longo prazo a tendência é de crescimento da elasticidade, conforme mostra a teoria econômica. Esse rol de elasticidades aplicadas nas simulações foi composto por 7 valores de elasticidades (0,77, 0,85, 0,95, 1,00, 1,05, 1,15 e 1,25), que foram aplicadas em todas as simulações, representando o comportamento dos importadores em cada *payoff* do jogo.

Foi considerado nas análises um período de médio a longo prazo, em uma estrutura de mercado oligopolista, onde o Brasil desponta como líder altamente dominante em relação ao segundo maior exportador, o Canadá, estabelecendo uma relação “líder-seguidor”, favorecendo o modelo de jogo sequencial. O estudo em si e seu conjunto de simulações apresenta caráter estático comparativo e se deu de forma “*Ad hoc*”, já que não foram efetivadas ainda nenhuma análise de robustez, sensibilidade, ou outras, referente as probabilidades aplicadas.

#### 4.1.1 Decisões do Canadá – Critério para Determinação das Probabilidades

O critério estabelecido para a imputação das probabilidades relacionadas as decisões estratégicas do Canadá, foram justificadas em cada *payoff*, por elementos

---

<sup>10</sup> Os valores de elasticidade-preço da demanda calculados por Silveira e Resende (2020), no curto prazo, foram de 0,725 para os EUA e 0,814 para a UE, sendo 0,77 à média entre estes mercados.

pertinentes ao conjunto de dados e informações pesquisadas, que permitiram desenvolver uma conjuntura geral do mercado do ferro-nióbio.

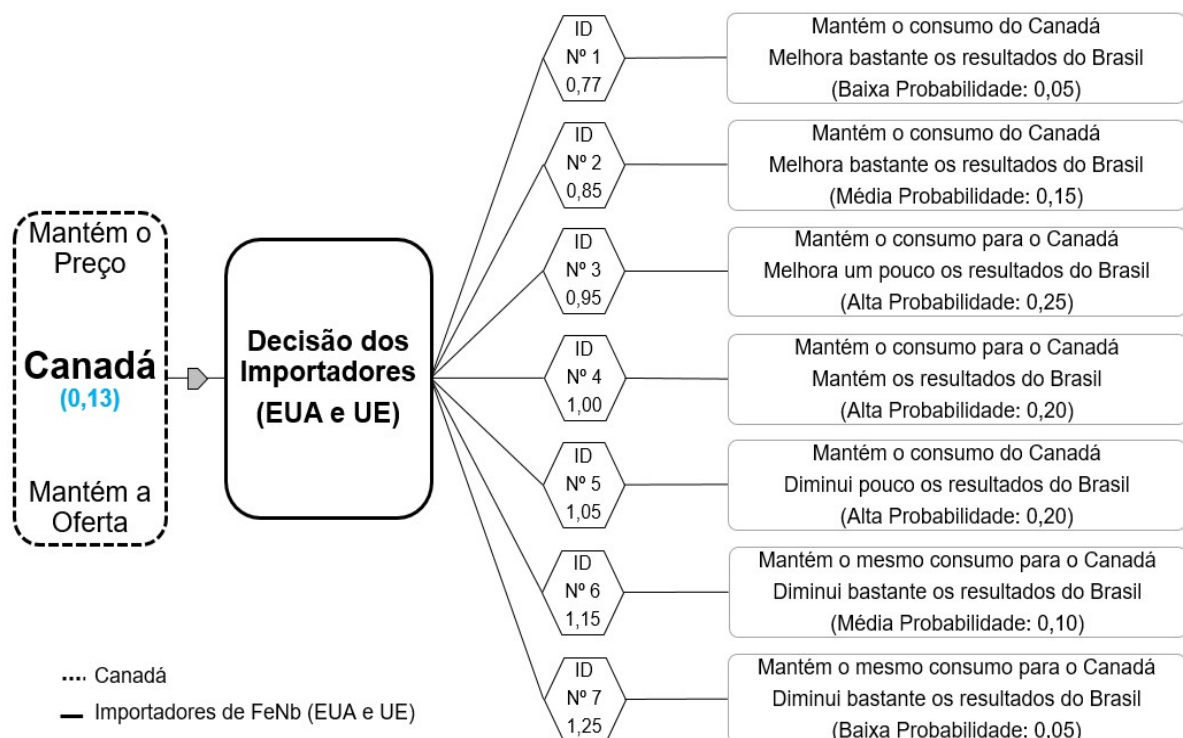
### Probabilidades para as Decisões do Canadá:

- a- Canadá “Mantém o Preço” e “Mantém a Oferta”: Baixa Probabilidade 0,13;
- b- Canadá “Aumenta o Preço” e “Mantém a Oferta”: Alta Probabilidade 0,35;
- c- Canadá “Mantém o Preço” e “Aumenta a Oferta”: Alta Probabilidade 0,32;
- d- Canadá “Aumenta o Preço” e “Aumenta a Oferta”: Média Probabilidade 0,20.

### Hipótese 1: Canadá “Mantém o Preço” e “Mantém a Oferta” (item a):

Para este *payoff* foi considerada a probabilidade de 0,13 – Figura 2, pois a tendência do Canadá manter o mesmo preço e a mesma oferta em médio e longo prazo é baixa. O mais provável é que o Canadá, busque aumentar seus resultados elevando o preço do produto, a um nível um pouco abaixo do Brasil para melhorar suas receitas e levar vantagem no mercado, aumentando proporcionalmente à oferta, a fim de garantir uma fatia do mercado brasileiro.

**Figura 2: Hipótese 1 – Canadá: Mantém o Preço e Mantém a Oferta**

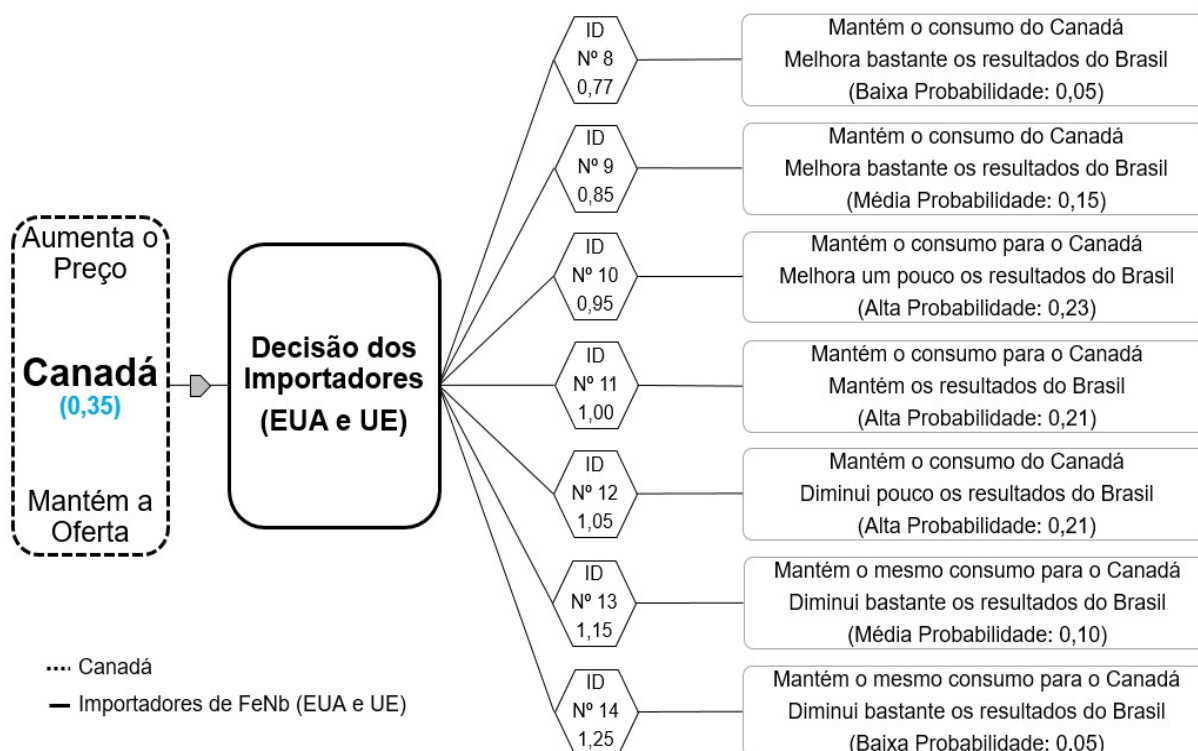


Fonte: Elaboração própria.

### Hipótese 2: Canadá “Aumenta o Preço” e “Mantém a Oferta” (item b):

Para este *payoff* foi considerada uma probabilidade de 0,35 – Figura 3, pois a tendência de que o Canadá eleve o preço visando maiores lucros é alta, mantendo sua tradição de “seguidor do Brasil”. É menos dispendioso aumentar o preço do que efetivar investimentos para aumentar a oferta, mas se o Canadá aumentar o preço a um nível um pouco abaixo que o preço praticado pelo Brasil, além de obter melhores receitas, poderá também obter uma fatia do mercado brasileiro. Segundo Silveira e Resende (2020), aumentos de preços devem ser tratados com cautela, pois o ferro-vanádio apresenta um papel complementar significativo sobre a liga ferro-nióbio, exercendo um efeito negativo no preço do produto, tanto no mercado dos EUA como na UE, já que existem processos de produção que fazem uso simultâneo de ligas de ferro-nióbio e vanádio.

**Figura 3: Hipótese 2 – Canadá: Aumenta o Preço e Mantém a Oferta**



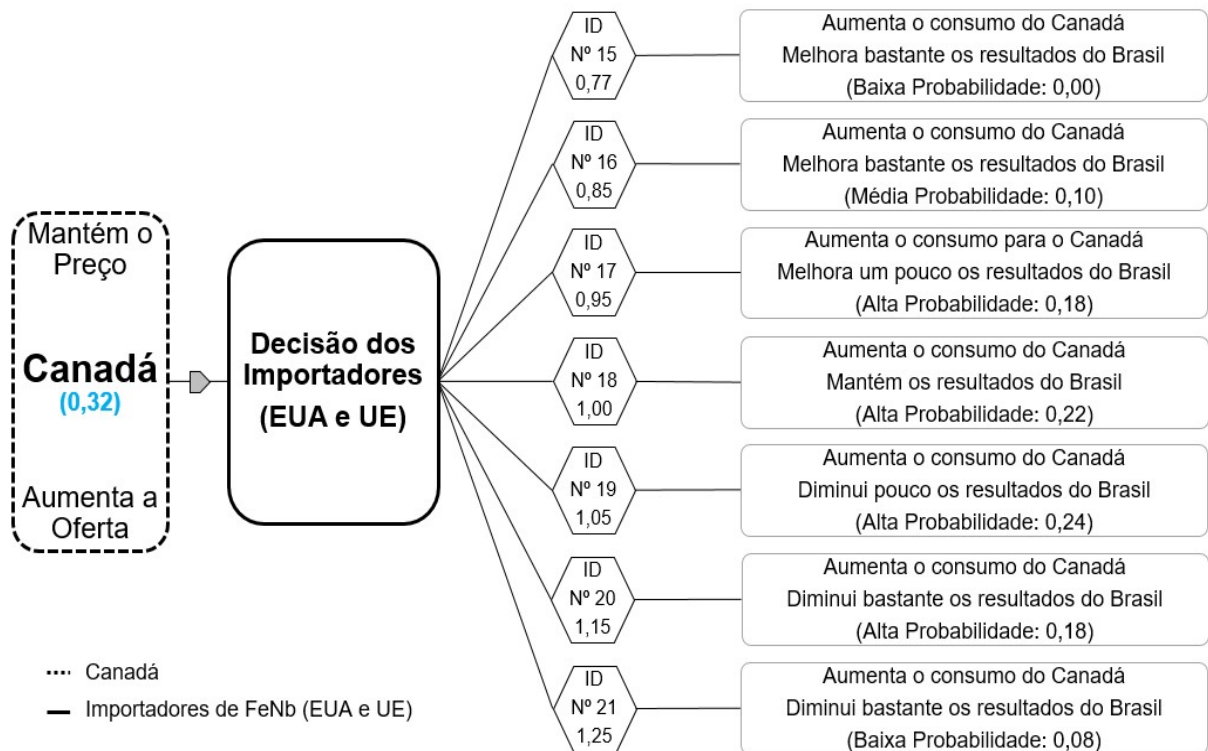
Fonte: Elaboração própria.

### Hipótese 3: Canadá “Mantém o Preço” e “Aumenta a Oferta” (item c):

Para este *payoff* foi considerada uma probabilidade de 0,32 – Figura 4, pois a tendência de que o Canadá mantenha o preço e aumente a oferta do seu produto

no mercado é alta. Apesar de ser menos dispendioso aumentar o preço do que efetivar investimentos para aumentar sua oferta, esta última, também se mostra como uma alternativa bastante viável se for efetivada com cautela devido ao mercado relativamente pequeno, conforme afirmou o CEO da CBMM em entrevista à Agência Brasil (2019). Aumentar somente a oferta visando aumentar sua participação nas exportações do ferro-nióbio, seria uma medida muito mais coerente para um período de curto prazo. O Canadá deve considerar que aumentar significativamente a oferta poderá provocar uma reação de recuo do Brasil no sentido de recuperar sua fatia mercado, tendo em vista seu maior poder de mercado. A probabilidade de 0,32 para o aumento da oferta foi atrelada, além da hipótese de aumento de preço efetivado pelo Brasil, ao aumento significativo das demandas de ferro-nióbio pela indústria siderúrgica (para produção de aços de alta resistência e baixa liga – HSLA), que vem crescendo cerca de 20% ao ano conforme dados de Rockstone (2018) e a tendência de constante desenvolvimento tecnológico dos países envolvidos nesse mercado consumidor.

**Figura 4: Hipótese 3 – Canadá: Mantém o Preço e Aumenta a Oferta**

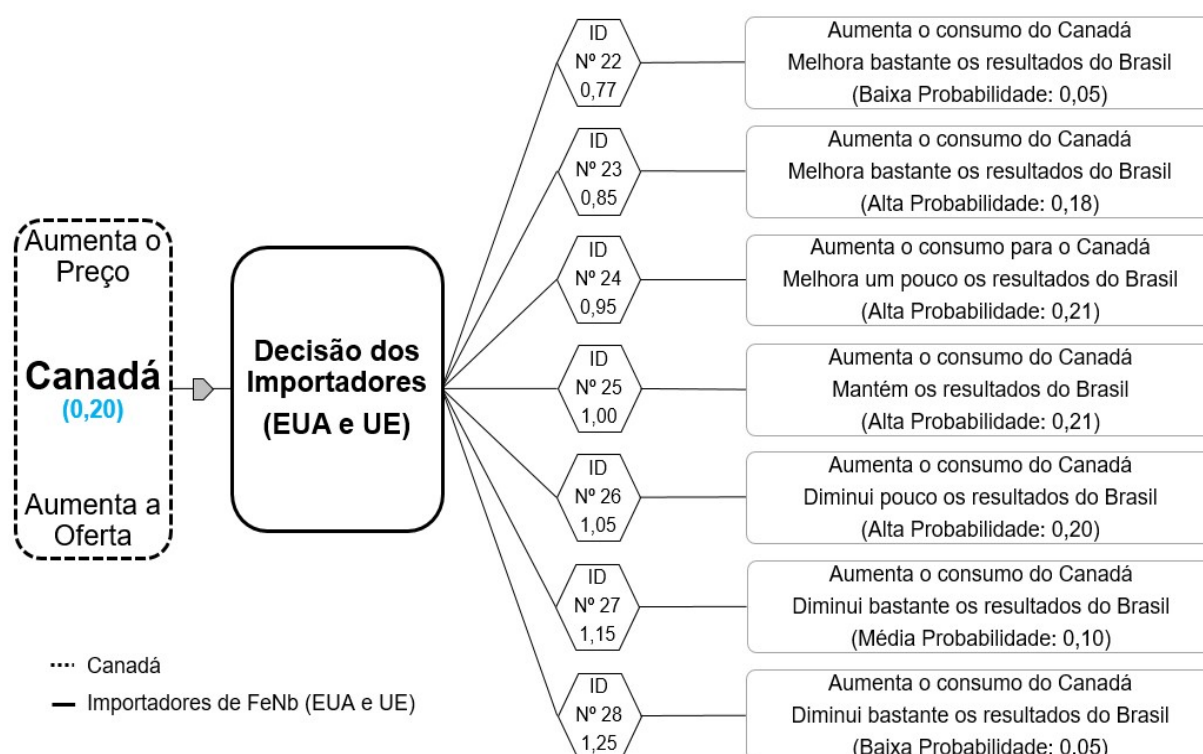


Fonte: Elaboração própria.

#### Hipótese 4: Canadá “Aumenta o Preço” e “Aumenta a Oferta” (item d):

Para este *payoff* foi considerada uma probabilidade de 0,20 – Figura 5, pois a tendência de que o Canadá aumente tanto o preço como a oferta é média, pois seria necessário que o Canadá elevasse o preço a um nível inferior ao preço do Brasil para ganhar mercado e assim ter demanda maior para aumentar sua oferta. O mais provável é que o Canadá, busque aumentar seus lucros elevando o preço do produto. Aumentar a oferta também é uma alternativa viável, contudo, o mercado atual do nióbio é pequeno e a capacidade de produção atual do produto é maior do que o tamanho do mercado (AGÊNCIA BRASIL, 2019). Semelhante ao item anterior (hipótese 3), para que haja viabilidade econômica para o Canadá aumentar sua oferta, as demandas principalmente em longo prazo devem aumentar significativamente. Essa possibilidade (“Aumenta o Preço” e “Aumenta a Oferta”) é relativa, pois se o Canadá aumentar o preço e a oferta significativamente, a probabilidade tende a ser menor. Mas se o Canadá aumenta o preço e a oferta com cautela, levando em conta os produtos substitutos, a probabilidade aumenta. Desta forma 0,20 é uma probabilidade intermediária que reflete uma postura estratégica mais cautelosa.

**Figura 5: Hipótese 4 – Canadá: Mantém o Preço e Aumenta a Oferta**



Fonte: Elaboração própria.



#### 4.1.2 Elasticidades-preço – Critério para Determinação das Probabilidades

O critério estabelecido para a inserção das probabilidades relacionadas as elasticidades-preço da demanda (reação dos importadores), foram justificadas em cada *payoff*, através das informações pesquisadas ao longo do estudo que determinaram a conjuntura geral do mercado do ferro-nióbio, neste caso, para os importadores do produto. A sigla “ID” determina o número de identificação para cada simulação, onde o ID N° 1 corresponde a elasticidade de 0,77, o ID N° 2 a elasticidade de 0,85, o ID N° 3 a elasticidade de 0,95 e assim sucessivamente. A forma estratégica apresentada na Tabela 1, mostra os desdobramentos e análises para a hipótese 1 do jogo. De acordo com as probabilidades imputadas para cada elasticidade-preço prevista na simulação, são calculadas as variações nas receitas brasileiras, assim como a probabilidade condicional final correspondente (resultado obtido pelo Brasil).

**Tabela 1: Análise Estratégica 1 – Canadá Mantém o Preço e Mantém a Oferta**

Decisão do Governo Brasileiro	ID	Decisão da Produção Canadense			Elasticidade Preço-Demanda		Resultado Variação % da Receita				Resultado Obtido pelo Brasil pelo Consumo Mundial de FeNb	Probabilidade Condicional
		Preço	Oferta	Probab. A	Mercados Consumidores (EUA e UE)		Aumentos de Preços Efetivado Brasil (%)					
					Brasil	Probab. B	2%	10%	25%	35%		
INTERVENÇÃO DO GOVERNO BRASILEIRO Aumento de Preço do FeNb	1				0,77	0,05	0,46%	2,31%	5,76%	8,07%	↑	0,007
	2				0,85	0,15	0,30%	1,50%	3,75%	5,25%	↑	0,020
	3				0,95	0,25	0,10%	0,50%	1,25%	1,75%	↗	0,033
	4	=	=	0,13	1,00	0,20	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	=	0,026
	5				1,05	0,20	-0,10%	-0,50%	-1,25%	-1,75%	↘	0,026
	6				1,15	0,10	-0,30%	-1,50%	-3,75%	-5,25%	↓	0,013
	7				1,25	0,05	-0,50%	-2,50%	-6,25%	-8,75%	↓	0,007
						1,00						0,13

Fonte: Elaboração própria.

**ID N° 1 – Simulação Elasticidade de 0,77:** Para este *payoff*, conforme Tabela 1, foi aplicada uma probabilidade de 0,05, pois a tendência de que a elasticidade se mantenha inelástica com o valor de 0,77 foi considerada baixa, tendo em vista, que em um período mais longo os importadores terão tempo de buscar alternativas para manter os custos, seja através de produtos substitutos, alterações tecnológicas ou buscando novos fornecedores, diminuindo consideravelmente o poder de mercado do Brasil (demanda mais elástica). Nesse *payoff*, apesar do Canadá ter mantido o preço,

a oferta também foi mantida, limitando a alternativa dos importadores de deixar de comprar do Brasil para comprar mais do Canadá.

**ID Nº 2 - Simulação Elasticidade de 0,85:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,15, pois a tendência de que a elasticidade se mantenha inelástica com o valor de 0,85 foi considerada média. Apesar da probabilidade um pouco maior, a justificativa é semelhante ao ID Nº 1.

**ID Nº 3 - Simulação Elasticidade de 0,95:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,25, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 0,95 foi considerada alta, tendo em vista que aumentos de preço em médio e longo prazo, conforme mostra a teoria econômica, tendem a ser mais elásticos. Em um período mais longo os importadores terão tempo de buscar alternativas para tentar manter os custos.

**ID Nº 4 - Simulação Elasticidade de 1,00:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,20, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1 foi considerada alta, conforme a justificativa do ID Nº 3.

**ID Nº 5 - Simulação Elasticidade de 1,05:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,20, pois a tendência de que a elasticidade esteja próxima de 1,05 foi considerada alta. Justificativa compatível com o ID Nº 3 e o ID Nº 4.

**ID Nº 6 - Simulação Elasticidade de 1,15:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,10, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1,15 foi considerada média. O comportamento da demanda tende a se tornar mais elástico com aumentos significativos de preço, contudo, como o Canadá manteve a oferta igual, o Brasil não deverá perder muito poder de mercado, a não ser pela influência dos produtos substitutos, em especial o vanádio e o titânio, conforme sinaliza Almeida, Barros e Monteiro, referindo Cordeiro e Garattoni (2019).

**ID Nº 7 - Simulação Elasticidade de 1,25:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,05, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1,25 foi considerada baixa. Apesar da probabilidade ser bem menor, a justificativa ainda é compatível com o ID Nº 6.

**ID Nº 8 - Simulação Elasticidade de 0,77:** Para este *payoff*, conforme Tabela 2, foi aplicada uma probabilidade de 0,05, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de a 0,77 foi considerada baixa. Mesmo o Canadá aumentando seu preço junto com o Brasil, em um período mais longo os importadores terão tempo de buscar alternativas para tentar manter os custos. Aumentos significativos de preço do FeNb

efetivados em sequência pelo Brasil e pelo Canadá poderão viabilizar economicamente a exploração de novas minas pelo mundo no longo prazo.

**Tabela 2: Análise Estratégica 2 – Canadá Aumenta o Preço e Mantém a Oferta**

Decisão do Governo Brasileiro	ID	Decisão da Produção Canadense			Elasticidade Preço-Demanda		Resultado Variação % da Receita				Resultados obtidos pelo Brasil com o Consumo Mundial de FeNb	Probabilidade Condicional
		Preço	Oferta	Probab. A	Mercados Consumidores (EUA e UE)		Aumentos de Preços Efetivado Brasil (%)					
					Brasil	Probab. B	2%	10%	25%	35%		Produto A x B
INTERVENÇÃO DO GOVERNO BRASILEIRO Aumento de Preço do FeNb	8				0,77	0,05	0,46%	2,31%	5,76%	8,07%	↑	0,018
	9				0,85	0,15	0,30%	1,50%	3,75%	5,25%	↑	0,053
	10				0,95	0,23	0,10%	0,50%	1,25%	1,75%	↔	0,081
	11	↑	=	0,35	1,00	0,21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	=	0,074
	12				1,05	0,21	-0,10%	-0,50%	-1,25%	-1,75%	↘	0,074
	13				1,15	0,10	-0,30%	-1,50%	-3,75%	-5,25%	↓	0,035
	14				1,25	0,05	-0,50%	-2,50%	-6,25%	-8,75%	↓	0,018
						1,00						0,35

Fonte: Elaboração própria.

**ID Nº 9 - Simulação Elasticidade de 0,85:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,15, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 0,85 foi considerada média. O mais provável é que o Canadá, busque aumentar seus resultados elevando o preço do produto, a um nível um pouco abaixo do Brasil para melhorar suas receitas e levar vantagem no mercado, aumentando proporcionalmente à oferta, a fim de garantir uma fatia do mercado brasileiro. Apesar do Canadá ter mantido o seu papel de seguidor de preço, é mais provável que o Brasil perca um pouco mais do seu poder de mercado, principalmente em longo prazo. Aumentos significativos de preço do FeNb efetivados em sequência pelo Brasil e pelo Canadá poderão viabilizar economicamente a exploração de novas minas pelo mundo no longo prazo.

**ID Nº 10 - Simulação Elasticidade de 0,95:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,23, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 0,95 foi considerada alta. Como o Canadá também aumentou seu preço, mesmo o Brasil perdendo um pouco do poder de mercado, poderá ainda ter uma elasticidade próxima de 0,95 em médio e longo prazo. O mais provável é que o Canadá, busque aumentar seus resultados elevando o preço do produto, a um nível um pouco abaixo do Brasil

para melhorar suas receitas e levar vantagem no mercado, aumentando proporcionalmente à oferta, a fim de garantir uma fatia do mercado brasileiro. Mesmo os importadores tendo tempo de buscar alternativas para tentar manter os custos, essa hipótese poderá ocorrer, principalmente se os produtos substitutos também sofrerem aumentos de preços ao longo do período.

**ID Nº 11 - Simulação Elasticidade de 1,00:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,21, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1 foi considerada alta. Justificativa compatível com o ID Nº 10.

**ID Nº 12 - Simulação Elasticidade de 1,05:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,21, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1,05 foi considerada alta. Justificativa compatível com o ID Nº 10 e ID Nº 11.

**ID Nº 13 - Simulação Elasticidade de 1,15:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,10, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1,15 foi considerada média. Apesar de ainda apresentar uma probabilidade média, como o Canadá também aumentou o preço, a probabilidade cai bastante em relação aos ID's Nº 10, 11 e 12, pois a tendência é de um comportamento levemente inelástico ou unitário. Essa simulação poderia ter maior chance de ocorrer, caso os produtos substitutos mantenham preços maiores ou iguais ao do FeNb no longo prazo.

**ID Nº 14 - Simulação Elasticidade de 1,25:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,05, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1,25 foi considerada baixa. Como o Canadá também aumentou seu preço, a tendência é que o Brasil ainda detenha um leve ou unitário poder de mercado em médio e longo prazo. Mesmo os importadores tendo tempo de buscar alternativas para tentar manter os custos, essa hipótese tem baixa probabilidade de ocorrer, principalmente se os produtos substitutos também sofrerem aumentos de preços ao longo do período. Essa simulação poderia ter maior chance de ocorrer, caso os produtos substitutos mantenham preços expressivamente menores que o FeNb ao longo do tempo.

**ID Nº 15 - Simulação Elasticidade de 0,77:** Para este *payoff*, conforme Tabela 3, foi aplicada uma probabilidade nula (0,00), pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 0,77 foi considerada muito baixa. Como o Canadá manteve o preço e aumentou sua oferta, a tendência é que o Brasil perca poder de mercado se aproximando de uma elasticidade um pouco maior que 1 ou unitária em médio e longo prazo.

**Tabela 3: Análise Estratégica 3 – Canadá Mantém o Preço e Aumenta a Oferta**

Decisão do Governo Brasileiro	ID	Decisão da Produção Canadense			Elasticidade Preço-Demanda		Resultado Variação % da Receita				Resultados obtidos pelo Brasil com o Consumo Mundial de FeNb	Probabilidade Condicional
		Preço	Oferta	Probab. A	Mercados Consumidores (EUA e UE)		Aumentos de Preços Efetivado Brasil (%)					
					Brasil	Probab. B	2%	10%	25%	35%		Produto A x B
INTERVENÇÃO DO GOVERNO BRASILEIRO Aumento de Preço do FeNb	15				0,77	0,00	0,46%	2,31%	5,76%	8,07%	↑	0,000
	16				0,85	0,10	0,30%	1,50%	3,75%	5,25%	↑	0,032
	17				0,95	0,18	0,10%	0,50%	1,25%	1,75%	↔	0,058
	18	=	↑	0,32	1,00	0,22	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	=	0,070
	19				1,05	0,24	-0,10%	-0,50%	-1,25%	-1,75%	↓	0,077
	20				1,15	0,18	-0,30%	-1,50%	-3,75%	-5,25%	↓	0,058
	21				1,25	0,08	-0,50%	-2,50%	-6,25%	-8,75%	↓	0,026
						1,00						0,32

Fonte: Elaboração própria.

**ID N° 16 - Simulação Elasticidade de 0,85:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,10, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 0,85 foi considerada média. Justificativa compatível com o ID N° 16, apesar de ter um pouco mais de chance de ocorrer.

**ID N° 17 - Simulação Elasticidade de 0,95:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,18, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 0,95 foi considerada alta. Como o Canadá manteve o preço e aumentou sua oferta, a tendência é que o Brasil perca poder de mercado se aproximando de uma elasticidade um pouco maior que 1 ou próxima de unitária (um pouco mais para elástica do que para inelástica), principalmente em longo prazo. Contudo, a elasticidade não deve aumentar a um nível muito elevado, pois existe uma certa limitação para o aumento da oferta por parte do Canadá, tendo em vista que o mercado atual do nióbio é pequeno e a capacidade de produção atual do produto é maior do que o tamanho do mercado, conforme afirmou o CEO da CBMM em entrevista à Agência Brasil (2019).

**ID N° 18 - Simulação Elasticidade de 1,00:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,22, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1 foi considerada alta. Apesar da probabilidade um pouco maior, a justificativa é compatível com o ID N° 17.

**ID N° 19 - Simulação Elasticidade de 1,05:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,24, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1,05 foi

considerada alta. Como o Canadá manteve o preço e aumentou sua oferta, a tendência é que o Brasil perca poder de mercado se aproximando de uma elasticidade um pouco maior que 1 ou próxima de unitária (um pouco mais para elástica do que para inelástica), principalmente em longo prazo. Contudo, a elasticidade não deve aumentar a um nível muito elevado, pois existe uma certa limitação para o aumento da oferta por parte do Canadá, tendo em vista que o mercado atual do nióbio é pequeno e a capacidade de produção atual do produto é maior do que o tamanho do mercado, conforme afirmou o CEO da CBMM em entrevista à Agência Brasil (2019).

**ID Nº 20 - Simulação Elasticidade de 1,15:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,18, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1,15 foi considerada alta. Apesar da probabilidade um pouco menor, a justificativa é compatível com os ID's Nº 17, 18 e 19.

**ID Nº 21 - Simulação Elasticidade de 1,25:** Para este *payoff*, conforme Tabela 4, foi aplicada uma probabilidade de 0,08, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1 foi considerada baixa. Apesar da probabilidade menor, a justificativa é compatível com os ID's Nº 17, 18 e 19. Como o Canadá manteve o preço e aumentou sua oferta, a tendência é que o Brasil perca poder de mercado se aproximando de uma elasticidade um pouco maior que 1 ou próxima de unitária, contudo, a elasticidade não deve aumentar a um nível muito elevado, pois existe uma certa limitação para o aumento da oferta por parte do Canadá, tendo em vista que o mercado atual do nióbio é pequeno e a capacidade de produção atual do produto é maior do que o tamanho do mercado, conforme afirmou o CEO da CBMM em entrevista à Agência Brasil (2019).

**ID Nº 22 - Simulação Elasticidade de 0,77:** Para este *payoff*, conforme Tabela 4, foi aplicada uma probabilidade de 0,05, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 0,77 foi considerada baixa. Nesse *payoff*, como o Canadá aumentou tanto o preço como a oferta, a tendência seria de um aumento moderado da elasticidade. Contudo, é provável que o Canadá opte por uma estratégia conservadora, elevando o preço do produto a um nível um pouco abaixo do Brasil, buscando melhorar suas receitas e obter vantagem no mercado, aumentando gradualmente a oferta para garantir uma fatia do mercado brasileiro, levando a um comportamento mais elástico da demanda.

**Tabela 4: Análise Estratégica 4 – Canadá Aumenta o Preço e Aumenta a Oferta**

Decisão do Governo Brasileiro	ID	Decisão da Produção Canadense			Elasticidade Preço-Demanda		Resultado Variação % da Receita				Resultados obtidos pelo Brasil com o Consumo Mundial de FeNb	Probabilidade Condicional
		Preço	Oferta	Probab. A	Mercados Consumidores (EUA e UE)		Aumentos de Preços Efetivado Brasil (%)					
					Brasil	Probab. B	2%	10%	25%	35%		Produto A x B
INTERVENÇÃO DO GOVERNO BRASILEIRO Aumento de Preço do FeNb	22				0,77	0,05	0,46%	2,31%	5,76%	8,07%	↑	0,010
	23				0,85	0,18	0,30%	1,50%	3,75%	5,25%	↑	0,036
	24				0,95	0,21	0,10%	0,50%	1,25%	1,75%	↗	0,042
	25	↑	↑	0,20	1,00	0,21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	=	0,042
	26				1,05	0,20	-0,10%	-0,50%	-1,25%	-1,75%	↘	0,040
	27				1,15	0,10	-0,30%	-1,50%	-3,75%	-5,25%	↓	0,020
	28				1,25	0,05	-0,50%	-2,50%	-6,25%	-8,75%	↓	0,010
						1,00						0,20

Fonte: Elaboração própria.

**ID Nº 23 - Simulação Elasticidade de 0,85:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,18, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 0,85 foi considerada alta. A justificativa do ID Nº 22, explica bem a maior probabilidade para este ID.

**ID Nº 24 - Simulação Elasticidade de 0,95:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,21, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 0,95 foi considerada alta. Como o Canadá aumentou tanto o preço como a oferta, a tendência seria de um aumento moderado da elasticidade. Contudo, é provável que o Canadá opte por uma estratégia conservadora, elevando o preço do produto a um nível um pouco abaixo do Brasil, buscando melhorar suas receitas e obter vantagem no mercado, aumentando gradualmente à oferta para garantir uma fatia do mercado brasileiro, levando a um comportamento mais elástico da demanda, se aproximando de 0,95. Os produtos substitutos, em especial o vanádio e o titânio, também podem exercer grande influência para aumentar a elasticidade do Brasil, conforme sinalizado por Almeida, Barros e Monteiro, referindo Cordeiro e Garattoni (2019).

**ID Nº 25 - Simulação Elasticidade de 1,00:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,21, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1 foi considerada alta. A justificativa é a mesma do ID Nº 24.



**ID Nº 26 - Simulação Elasticidade de 1,05:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,20, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1,05 foi considerada alta. A justificativa é a mesma dos ID's Nº 24 e 25.

**ID Nº 27 - Simulação Elasticidade de 1,15:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,10, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1,15 foi considerada média. Como o Canadá aumentou tanto o preço como a oferta, a tendência seria de um aumento moderado da elasticidade. Contudo, mesmo que o Canadá opte por uma estratégia conservadora, elevando o preço do produto a um nível um pouco abaixo do Brasil, a elasticidade não deve alcançar um nível muito elevado, por isso para esse ID foi considerada uma probabilidade média. Os produtos substitutos, em especial o vanádio e o titânio, também podem exercer grande influência para aumentar a elasticidade do Brasil, conforme sinalizado por Almeida, Barros e Monteiro, referindo Cordeiro e Garattoni (2019).

**ID Nº 28 - Simulação Elasticidade de 1,25:** Para este *payoff* foi aplicada uma probabilidade de 0,05, pois a tendência de que a elasticidade seja próxima de 1,25 foi considerada baixa. Essa probabilidade tem uma justificativa compatível com o ID Nº 27. É importante considerar que alterações na oferta do produto e aumentos de preço significativos, simultâneos do Brasil e Canadá, poderão se mostrar como um grande incentivo econômico para a exploração de novas reservas pelo mundo, podendo aumentar a concorrência no mercado, assim como aconteceu com o case da China para as terras raras, conforme afirmou Elmer Prata Salomão, presidente da Associação Brasileira das Empresas de Pesquisa Mineral – ASPM em entrevista ao Serviço Geológico do Brasil: “o que aconteceu com a China: ela decidiu reduzir a oferta e aumentar o preço das terras-raras, acarretando no surgimento de 50 novos projetos” (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2016, p. 1). Conforme mencionado por Almeida, Barros e Monteiro, referindo Cordeiro e Garattoni (2019), os produtos substitutos, em especial o vanádio e o titânio (e em alguns casos específicos tungstênio, tântalo ou molibdênio) também podem exercer grande influência para aumentar a elasticidade-preço das demandas, influenciando significativamente o mercado do ferro-nióbio.

## 4.2 Discussões

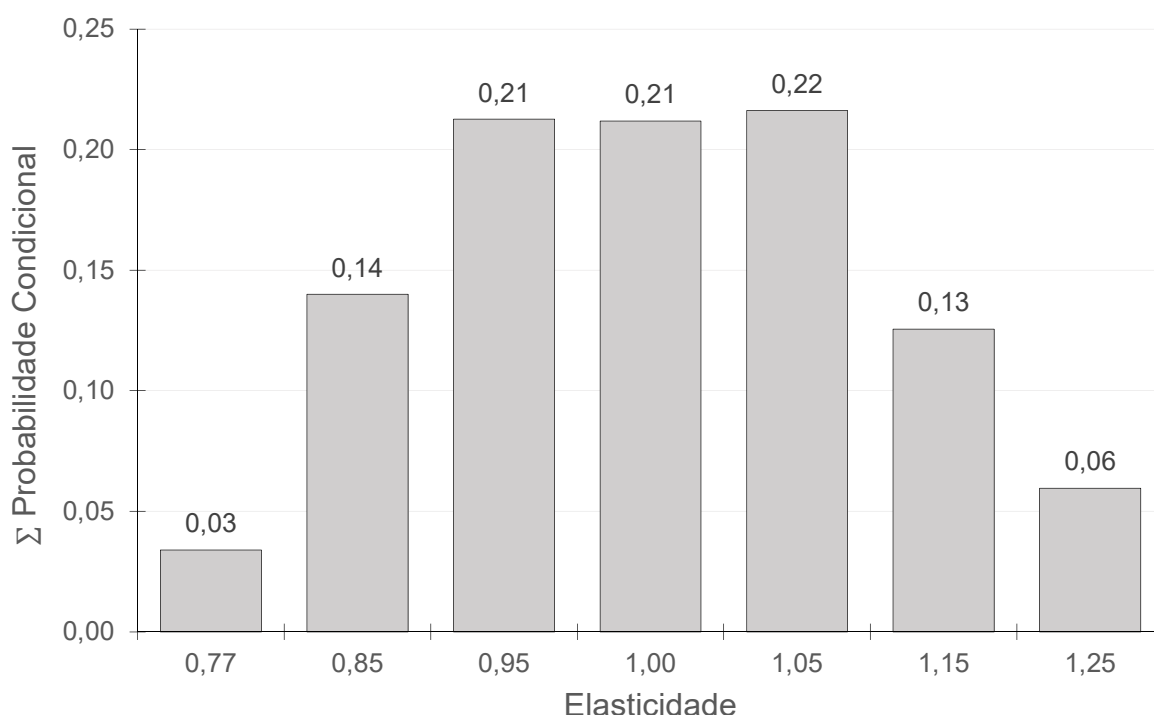
As discussões realizadas para o cenário geral apresentado nesse estudo têm como ponto de partida, os resultados obtidos pelo Brasil, tanto em relação as



variações das receitas, como nas tendências de consumo pelos mercados dos EUA e UE. De acordo com as interações estratégicas realizadas a partir da teoria dos jogos, foi possível calcular os valores das “Probabilidades Condicionais”, que refletiram de maneira conjunta tanto o resultado das decisões do Canadá como as decisões dos importadores em cada *payoff*, tornando possível calcular a Esperança da Elasticidade e a Esperança da Variação Percentual das Receitas ao aumento de preço, que se mostram como bons indicadores para se debater o assunto conforme o cenário geral analisado.

O Gráfico 4 mostra o desfecho das simulações, apresentando uma relação entre as probabilidades e as elasticidades, demonstrando uma tendência de leve perda de poder de mercado para o Brasil, após a efetivação de aumentos de preços, saindo de um perfil de mercado relativamente inelástico (0,77) na atualidade, conforme calculado por Silveira e Resende (2020) no curto prazo, para um perfil mais elástico (próximo de 1,05) em médio e longo prazo.

**Gráfico 4: Probabilidades Condicionais x Elasticidades - Simulações**



Fonte: Elaboração própria.

O conjunto de dados obtidos nas simulações que permitiram a construção do Gráfico 4, permitiram calcular a Esperança Matemática da Elasticidade-preço (E),

que é o produto entre o somatório das probabilidades condicionais ( $\sum prob\ cond$ ) e a elasticidade ( $|\epsilon|$ ) - Tabela 5, estabelecendo o seguinte modelo:

$$E = \sum prob\ cond . |\epsilon|$$

**Tabela 5: Conjunto de Dados Probabilidades Condicionais x Elasticidades**

$\sum prob\ cond$	0,03	0,14	0,21	0,21	0,22	0,13	0,06
$ \epsilon $	0,77	0,85	0,95	1,00	1,05	1,15	1,25

Fonte: Elaboração própria.

Onde,

$$E = (0,03 \cdot |0,77|) + (0,14 \cdot |0,85|) + (0,21 \cdot |0,95|) + (0,21 \cdot |1,00|) + (0,22 \cdot |1,05|) + (0,13 \cdot |1,15|) + (0,06 \cdot |1,25|) =$$

$$E = |1,00051| \text{ ou seja, } E = |1|$$

O cálculo da Esperança Matemática da Elasticidade, apresentou um valor de elasticidade igual a 1. Segundo a teoria econômica, quando a elasticidade é unitária, mesmo promovendo um aumento de preço razoável, a variação da receita se aproximará de um valor igual a zero, por conta da diminuição proporcional da demanda. Um aumento de 10% no preço, por exemplo, fará com que haja uma redução na demanda próxima de 10% gerando resultados nulos na receita.

A princípio, com uma elasticidade-preço unitária, não faria sentido o Brasil efetivar um aumento de preço visando maiores receitas, contudo, uma demanda menor, poderá gerar maiores receitas líquidas, já que os custos de produção deverão ser menores (resultados qualitativos: quantidades menores, com preço maior, para alcançar melhores resultados), porém, é um resultado que se mostra bastante arriscado, principalmente para longo prazo, tendo em vista os substitutos do FeNb, que dificultam bastante a busca por melhores preços, somados a pequena perda de poder de mercado, já que a elasticidade deixa de ser inelástica (0,77) tendendo a se tornar unitária (um pouco mais elástica), podendo comprometer o situação do Brasil,

que na atualidade, baseada no livre mercado, tem se mostrado bastante eficiente e rentável.

Outro parâmetro que contribuiu nas análises foi a Esperança da Variação da Receita ao Preço ( $\Delta\%R$ ), que sinalizou as tendências de resultados obtidos pelo Brasil em termos de receitas, mediante as simulações de aumentos de preços. O cálculo da esperança da variação da receita é realizado através do produto da variação percentual do preço ( $\Delta\%p$ ) e a diferença entre uma unidade e a elasticidade, conforme o modelo a seguir:

$$\Delta\%R = \Delta\%p \cdot (1 - |\epsilon|)$$

Onde,

- Para variação de preço de 2%:

$$\Delta\%R = 2\% \cdot (1 - |1,00051|) = -0,0001$$

- Para variação de preço de 10%:

$$\Delta\%R = 10\% \cdot (1 - |1,00051|) = -0,0005$$

- Para variação de preço de 25%:

$$\Delta\%R = 25\% \cdot (1 - |1,00051|) = -0,0013$$

- Para variação de preço de 35%:

$$\Delta\%R = 35\% \cdot (1 - |1,00051|) = -0,0018$$

Ou seja, para todas as variações aplicadas, houve uma variação da receita próxima de zero. A Tabela 6 apresenta as variações de preços aplicadas nas simulações e os respectivos resultados do cálculo da esperança das variações das receitas, obtidos a partir do valor da esperança da elasticidade-preço calculada anteriormente:

**Tabela 6: Variações de Preços e Resultados das Receitas ( $\Delta\%R$ )**

E= 1,00051			
$\Delta\%p = 2\%$	$\Delta\%p = 10\%$	$\Delta\%p = 25\%$	$\Delta\%p = 35\%$
$\Delta\%R = - 0,0001$	$\Delta\%R = - 0,0005$	$\Delta\%R = - 0,0013$	$\Delta\%R = - 0,0018$

Fonte: Elaboração própria.

Levando-se em conta que se trata de um mercado relativamente pequeno, conforme sinalizado pela CBMM em entrevista à Agência Brasil (2019), considerando-se a influência que os produtos substitutos, em especial o vanádio e o titânio podem exercer sobre o preço do FeNb, conforme mencionado por Almeida, Barros e Monteiro (2019), referindo Cordeiro e Garattoni (2019), as alternativas tornam-se bastante restritas para aumentar as receitas significativamente, considerando somente a elevação de preços. Sendo assim, este cenário fortalece a abordagem de Silveira (2013), que sinaliza que existe uma contradição entre o poder de mercado do Brasil, dos produtores canadenses e os materiais complementares e substitutos próximos do nióbio, o que acaba impondo um limite à prática de poder de mercado. Segundo o CEO da CBMM Eduardo Ribeiro em entrevista à Agência Brasil (2019), existem reservas em 85 regiões do mundo, entre Austrália, África, Groelândia e Rússia, que não estão em operação por inviabilidade econômica, tendo em vista, que os produtores atuais têm uma capacidade de produção maior do que o tamanho do mercado, ou seja, na atualidade não valeria a pena investir bilhões de dólares em um mercado pequeno. Seguindo nesse contexto, a possibilidade de regulação de preços ou de oferta, também se mostrou uma alternativa desfavorável, conforme analisado através do case da China sobre o conjunto de minerais denominado terras raras. A afirmativa de Elmer Prata Salomão, presidente da Associação Brasileira das Empresas de Pesquisa Mineral – ASPM ao Serviço Geológico do Brasil retrata bem essa situação,

[...] uma eventual intervenção governamental na oferta ou no preço do nióbio pode ter consequências funestas. [...] nosso nióbio tem um preço "praticamente imbatível" e se ele for elevado, outras jazidas no mundo todo entrarão em produção. [...] o que aconteceu com a China: ela decidiu reduzir a oferta e aumentar o preço das terras-raras, acarretando no surgimento de

50 novos projetos de produção desses bens minerais. (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2016, p. 1)

Apesar do Brasil ser líder e pioneiro no desenvolvimento de processos de extração e produção do nióbio e apresentar um *portfólio* de produtos processados que vão além de *commodities* minerais básicos, investimentos no desenvolvimento de produtos manufaturados a base de nióbio principalmente para os segmentos de alta tecnologia, podem aumentar o valor agregado do produto, contribuindo muito com o desenvolvimento da indústria, da ciência e das tecnologias do país, trazendo benefícios imensuráveis tanto em termos econômicos como sociais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou verificar através de um conjunto de análises e simulações baseadas na teoria dos jogos, os resultados de uma política de intervenção do governo brasileiro sobre o mercado do ferro-nióbio, considerando que este poderia ser uma boa oportunidade para alavancar a economia do país. As análises foram baseadas em dados que estabeleceram a conjuntura desse mercado possibilitando realizar as simulações e interações estratégicas envolvendo o Canadá, principal concorrente do Brasil, e os mercados importadores dos EUA e UE. Foi considerado um período de médio a longo prazo, em uma estrutura de mercado oligopolista, onde o Brasil despontou como líder altamente dominante em relação ao Canadá, estabelecendo uma relação “líder-seguidor”.

Os resultados das simulações mostraram que uma intervenção do governo brasileiro, efetivando aumentos de preços, tendem a uma leve redução do poder de mercado do Brasil, não somente pelas reações de seu concorrente, o Canadá, mas também por seus substitutos e complementares próximos como o vanádio e o tungstênio. Verificou-se ainda que o mercado do ferro-nióbio é um mercado relativamente pequeno e que tem uma demanda menor do que a capacidade produtiva do Brasil e do Canadá juntos, por conta disso, sua representatividade econômica (atualmente de 0,1% do PIB) não se mostra robusta o suficiente para alavancar a economia do país, mesmo considerando aumentos significativos de preço. Entre os resultados relevantes, pode-se mencionar a Esperança da Elasticidade-preço da Demanda que passou de 0,725 para os EUA e 0,814 para a UE, conforme calculado por Silveira e Resende (2020) no curto prazo, para um valor médio igual a 1, mostrando que o Brasil diminuiria o seu poder de mercado, principalmente no longo prazo. Também foi calculada a Esperança da Variação Percentual das Receitas ao aumento de preço, que mostrou uma variação percentual da receita igual a zero, confirmando a teoria econômica que determina que para uma elasticidade igual a 1 a variação da receita é igual a zero.

O panorama geral desse estudo mostrou que é válido considerar que possíveis medidas de elevação de preços poderiam trazer resultados positivos para o Brasil, principalmente no curto prazo, contudo, essa estratégia pode se mostrar relativamente frágil em longo prazo, conforme observado no *case* da China sobre as terras raras, que mostrou que uma política de elevação de preços mal elaborada, pode

até trazer resultados positivos nos primeiros anos, porém, pode vir acompanhada de consequências indesejáveis no longo prazo, valendo a pena então, ponderar sobre a questão, pois, apesar das diversas polêmicas sobre o nióbio na atualidade, esse ainda tem se mostrado um mercado rentável e crescente para o Brasil, que deve, se tudo se mantiver constante - *ceteris paribus*, seguir como o principal *player* mundial desse mercado por muitos anos.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASIL. **Brasil detém 90% do mercado mundial de Nióbio**. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-11/brasil-detem-90-do-mercado-mundial-de-niobio>>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- ALMEIDA, G. C.; BARROS, J. C.; MONTEIRO, R. S. Coleção Química no Cotidiano - Sociedade Brasileira de Química. **Nióbio: O elemento do século XXI, São Paulo**, v. 14, n. 1, p. 76, 2019.
- CAMPANÁRIO, M. A. Estrutura Imperfeita de Mercado: O Caso do Nióbio. **Revista Estudos Econômicos - USP, São Paulo**, v. 21, n. 2, p. 17, 1991.
- CBMM. **CBMM\_RS2018.pdf**. Disponível em: <[https://cbmm.com/assets/sustainability-report-2018/pdf/CBMM\\_RS2018.pdf](https://cbmm.com/assets/sustainability-report-2018/pdf/CBMM_RS2018.pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2020.
- CBMM. **CBMM investe no aumento de 25% de sua capacidade produtiva**. Disponível em: <<https://cbmm.com/Our%20Company/Noticias/Articles/CBMM%20e%20capacidade%20produtiva>>. Acesso em: 11 set. 2020.
- CHERINI, G. PL 4.978/2013. Minerais Estratégicos - Ministério das Minas e Energia PL 49782013. **Audiência Pública – Câmara dos Deputados**. 2019, Sec. Comissão de Minas e Energia, p. 18.
- CORDEIRO, T.; GARATTONI, B. **Revista Super Interessante - A verdade sobre o nióbio**. Revista. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/a-verdade-sobre-o-niobio/>>. Acesso em: 16 set. 2020.
- CPMR. **Presidente Jair Bolsonaro afirma que a mineração é estratégica para o Brasil**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Noticias/Presidente-Jair-Bolsonaro-afirma-que-a-mineracao-e-estrategica-para-o-Brasil-5898.html>>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- DIAS; VIANA; COELHO. **Uma análise crítica acerca da decisão tomada no caso terras-raras - Jus.com.br | Jus Navigandi**. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/53385/uma-analise-critica-acerca-da-decisao-tomada-no-caso-terras-raras>>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- FAPESP. **O polêmico nióbio**. Revista de Pesquisa USP. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/o-polemico-niobio/>>. Acesso em: 11 set. 2020.
- FIANI, R. **Teoria dos Jogos - Com Aplicações em economia, Administração e Ciências Sociais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- HAYES, S. M.; MCCULLOUGH, E. A. Science Direct - Journals & Books - Elsevier. **Critical minerals: A review of elemental trends in comprehensive criticality studies**, v. 59, p. 192–199, dez. 2018.
- MDIC. **Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços - MDIC**. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em: 22 ago. 2020.



PORTAL GESTÃO, P. **O que é a integração vertical? - Portal Gestão**. Disponível em: <<https://www.portal-gestao.com/artigos/6435-o-que-%C3%A9-a-integra%C3%A7%C3%A3o-vertical.html>>. Acesso em: 17 set. 2020.

ROCKSTONE. **Commerce Resources Corp. / Saviile Resources Inc.** Disponível em: <<https://www.rockstone-research.com/index.php/en/research-reports/4026-Win-Win-Situation-to-Develop-One-of-the-Most-Attractive-Niobium-Prospects-in-North-America>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. **Niobium - Element information, properties and uses | Periodic Table**. Disponível em: <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/41/niobium>>. Acesso em: 10 set. 2020.

SANTOS, L. C. D. et al. **Nióbio: Caracterização e análise do padrão de concorrência do mercado através do modelo CED adaptado**. . In: ENEGEP 2017 - ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Joinville - SC, Brasil: 15 nov. 2017Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2017&c=32819>>. Acesso em: 21 ago. 2020

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Nióbio Brasileiro**. CPMR. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Niobio-Brasileiro-2616.html>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

SILVA, L. G. O. **Nióbio: Mercado Nacional e Internacional Modelo de Previsão do Consumo de Ferro-nióbio**. Dissertação (Mestrado em Administração e Política de Recursos Minerais) - Programa de Pós-graduação em Geociência—Campinas - São Paulo: Universidade de Campinas (UNICAMP), jun. 1994.

SILVEIRA, J. W. **Competição no Mercado Internacional de Nióbio: Um Estudo Econométrico**. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) - Programa de Pós-graduação em Economia—Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), set. 2013.

SILVEIRA, J. W.; RESENDE, M. Competition in the international niobium market: A residual demand approach. **Elsevier Journals & Books**, v. 65, p. 11, mar. 2020.

TIC. **Applications for niobium | TIC**. Science. Disponível em: <<https://www.tanb.org/about-niobium/applications-for-niobium>>. Acesso em: 21 ago. 2020.

USGS. **Mineral Commodity Summaries 2012**. Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2012. Disponível em: <<https://pubs.er.usgs.gov/publication/mineral2012>>. Acesso em: 13 set. 2020.

VARIAN, H. **Microeconomia - Uma Abordagem Moderna**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. v. 1