



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ENGENHARIA DE MINAS



VICTOR RUBENS ALVES PEREIRA

MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO COM FOCO EM VENDAS  
PARA MERCADO EXTERNO

OURO PRETO

2024

VICTOR RUBENS ALVES PEREIRA

MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO COM FOCO EM VENDAS  
PARA MERCADO EXTERNO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Ribeiro Souza

OURO PRETO

2024



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Victor Rubens Alves Pereira**

Modelo de Precificação de Minério de Ferro Com Foco em Vendas para Mercado Externo

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas

Aprovada em 19 de Setembro de 2024

Membros da banca

Dr- Felipe Ribeiro Souza - Orientador(a) Universidade Federal de Ouro Preto  
Dr - Hernani Mota de Lima - Universidade Federal de Ouro Preto  
[Titulação] - José Fernando de Miranda - Universidade Federal de Ouro Preto

Felipe Ribeiro Souza, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 02/10/2024



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Ribeiro Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 02/10/2024, às 16:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0788051** e o código CRC **14777861**.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a execução deste trabalho à toda minha família que não mediu esforços para que a conclusão desta etapa da minha vida fosse possível. Especialmente agradeço a meu pai Kleber, minha mãe Gislene e meu irmão Vilker, pois sei que essa não é uma realização apenas minha, e sim de toda minha família. Agradeço também a todos meus amigos, que estiveram presentes nestes anos de graduação, dando apoio acadêmico e emocional em todos os momentos. Em especial, agradeço minha turma do 17.1, que mostrou que a cooperação prevalece à competitividade para o desenvolvimento de bons profissionais. Agradeço à Gerdau Açominas, que foi minha porta de entrada no mundo profissional da Engenharia de Minas, onde o conhecimento adquirido me inspirou na escolha do tema deste trabalho. Agradeço aos pilares de pesquisa e extensão, que permitiram expandir meus conhecimentos durante a graduação. Agradeço a todos os professores e servidores que possibilitaram a conclusão desta etapa, em especial o Dr. Felipe Souza pelo apoio na realização deste trabalho, e por fim, agradeço à Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto pela oferta de um curso de graduação gratuito e de qualidade.

## RESUMO

Um empreendimento de mineração envolve diversas etapas que vão desde a pesquisa, lavra, beneficiamento até expedição, onde os produtos têm como destino um cliente final. Este cliente pode estar localizado no mercado interno ou externo, e em ambos os casos o preço de venda do minério vai depender de uma oferta realizada a partir de uma precificação. A precificação de minério de ferro é um item determinante da vitalidade econômica de um empreendimento mineiro, visto que a oferta do minério num preço competitivo no mercado depende de diversos fatores. A precificação envolve variáveis como as características físicas do minério, especificações químicas, particularidades da logística e custo de produção ou compra do material a ser vendido. O modelo de precificação presente neste trabalho foi aplicado na realização de cenários hipotéticos de preço de minério, com a aplicação de condições de mercado de forma a obter o a margem de lucro de um material, de acordo com a faixa de preço do minério ofertado. Para isso, foram construídos dez cenários de preços diferentes para quatro tipos de pellet feed e quatro tipos de *sínter feed*, de onde obteve-se um *Platts CFR MB62%* mínimo de US\$ 103,44 para o pellet feed e US\$ 112,45 para o *sínter feed* para garantir a viabilidade da venda, nas condições estabelecidas. Também foi avaliado um desvio de qualidade em termos de teor de alumina do material, o que simula uma contaminação do material e como isto afeta o preço do minério. A simulação permitiu um desvio de até 3% para os quatro tipos de pellet feed e de até 2% para dois dos produtos *sínter feed*. A ferramenta produzida neste presente trabalho possibilita uma infinidade de simulações de valores, de acordo com a alteração das variáveis que influenciam no preço.

Palavras chave: Precificação, Viabilidade Econômica, *Platts*, Mercado Externo, Logística, *Incoterms*.

## **ABSTRACT**

A mining business involves several stages ranging from research, mining, mineral processing and shipping, where the products are destined for an end customer. This customer can be located in the internal or external market, and in both cases the sale price of the ore will depend on an offer made based on a pricing. The pricing of iron ore is an item that determines the economic vitality of a mining business, since the supply of ore at a competitive price in the market depends on several factors. Pricing involves variables such as the physical characteristics of the ore, chemical specifications, particularities of logistics and the cost of production or purchase of the material to be sold. The pricing model present in this work was applied in the realization of hypothetical ore price scenarios, with the application of market conditions in order to obtain the profit margin of a material, according to the price range of the ore offered. For this, ten different price scenarios were constructed for four types of pellet feed and four types of sinter feed, from which a minimum Platts CFR MB62% of US\$ 103.44 for pellet feed and US\$ 112.45 for the sinter feed to guarantee the viability of the sale, under the established conditions. A quality deviation was also simulated in terms of the alumina content of the material, which simulates material contamination and how this affects the price of the ore. The simulation allowed a deviation of up to 3% for the four types of pellet feed and up to 2% for two of the sinter feed products. The tool produced in this present work allows an infinity of price simulations, according to the change of the variables that influence the price.

**Keywords:** Pricing, Economic Viability, Platts, Foreign Market, Logistics, Incoterms.

## ÍNDICE DE SIGLAS

<b>BNDES</b>	Banco Nacional do Desenvolvimento
<b>CIP</b>	Transporte e Seguros Pagos
<b>DAT</b>	Entrega no Terminal
<b>DAP</b>	Entregue no Local Determinado
<b>DDP</b>	Entregue com Direitos Pagos
<b>FAS</b>	Disponível ao Lado do Navio
<b>FOB</b>	Entrega Livre a Bordo
<b>CFR</b>	Custo e Frete
<b>CIF</b>	Custo Seguro e Frete
<b>MB62%</b>	Índice Metal Bulletin para Fe62%
<b>MB65%</b>	Índice Metal Bulletin para Fe65%
<b>DMT</b>	Dry Metric Tonne (Tonelada seca)
<b>PPC</b>	Perda por Calcinação
<b>FeT</b>	Ferro Total
<b>C3</b>	Taxa logística da rota Brasil-China

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição dos tipos de carga no modo ferroviário .....	17
Figura 2 - Esquema resumido de logística da venda por parcerias .....	21
Figura 3 - Interface do simulador tarifário da MRS Logística.....	27



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Matriz de transportes no Brasil em 2017 .....	16
Gráfico 2 - Variação do <i>Platts</i> do minério de ferro entre 2021 e 2023. ....	22
Gráfico 3 - Spider Chart para índices diferenciais de qualidade do minério de ferro entre os anos de 2021 e 2023 .....	35
Gráfico 4 - Evolução dos índices diferenciais de preço a partir da influência do <i>Platts</i> .....	37
Gráfico 5 - Curva de margem de lucro líquida para <i>Pellet Feed</i> .....	39
Gráfico 6 - Limite de viabilidade do PF4 .....	40
Gráfico 7 - Curva de margem líquida para <i>Sinter Feed</i> .....	42
Gráfico 8 - Limite de viabilidade do SF2 .....	43
Gráfico 9 - Margem de rentabilidade em US\$ conforme avanço percentual do teor de $Al_2O_3$ para o <i>Pellet Feed</i> .....	44
Gráfico 10 - Margem de rentabilidade em US\$ conforme avanço percentual do teor de $Al_2O_3$ para o <i>Sinter Feed</i> .....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distância de fornecedores ao terminal e valor do frete rodoviário cobrado no trecho .....	21
Tabela 2 - Índices diferenciais de preço de 2021 e 2022, para o minério de ferro .....	24
Tabela 3 - Índices diferenciais de preço ajustados de acordo com a faixa do Platts MB62% .....	25
Tabela 4 - Tarifa operacional do Terminal Ferroviário TCM .....	27
Tabela 5 - Qualidades dos produtos ofertados pelos quatro fornecedores parceiros de <i>pellet feed</i> e <i>sínter feed</i> .....	28
Tabela 6 - Recorte da Interface do simulador de cenários de precificação aplicado à viabilidade de venda de <i>pellet feed</i> .....	30
Tabela 7 - Recorte da interface do simulador de cenários que coleta os pontos de regressão da reta de rentabilidade do <i>pellet feed</i> .....	32
Tabela 8 - Cálculo de coeficientes linear e angular para fronteira break-even .....	32
Tabela 9 - Recorte da Interface do simulador de cenários de precificação em seção que simula desvio de teor de alumina do <i>pellet feed</i> .....	33
Tabela 10 - índices diferenciais de preço para o minério de ferro considerados para o ano de 2023, após ajuste linear de acordo com a faixa do <i>Platts</i> .....	36
Tabela 11 - Rentabilidade da venda do <i>pellet feed</i> de acordo com cenário simulado .....	39
Tabela 12 - Rentabilidade da venda do <i>sínter feed</i> de acordo com cenário simulado .....	41
Tabela 13 - Margem de rentabilidade do <i>pellet feed</i> de acordo com o desvio percentual em $Al_2O_3$ .....	44
Tabela 14 - Margem de rentabilidade do <i>sínter feed</i> de acordo com o desvio percentual em $Al_2O_3$ .....	45

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. OBJETIVO GERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. PANORAMA DO MERCADO DO MINÉRIO DE FERRO.....	14
3.2. PELLET FEED E SÍNTER FEED.....	15
3.3. LOGÍSTICA PARA OFERTA DE MINÉRIO DE FERRO AO ME.....	15
3.4. TERMOS DE COMÉRCIO INTERNACIONAL.....	18
4. METODOLOGIA.....	20
4.1. PREMISSAS LOGÍSTICAS DA SIMULAÇÃO DE PREÇOS.....	20
4.2. AVALIAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICAS DE DADOS.....	22
4.3. AJUSTES DE ÍNDICES DIFERENCIAIS DE PREÇO.....	23
4.4. ASSOCIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE ENTRADA.....	25
4.5. CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS COM VARIAÇÃO DO PLATTS MB62%.....	28
4.6. REGRESSÃO PARA FRONTEIRA BREAK-EVEN PARA PF E SF.....	31
4.7. AJUSTE DE VARIÁVEIS PARA CENÁRIOS DE DESVIO DE $Al_2O_3$ .....	32
5. RESULTADOS.....	35
5.1. AJUSTES DE INDICADORES DIFERENCIAIS.....	35
5.2. VIABILIDADE DA VENDA DE PELLET FEED.....	38
5.2.1. Limite de viabilidade do <i>pellet feed</i> .....	40
5.3.1. Limite de viabilidade do <i>sinter feed</i> .....	43
5.4. RENTABILIDADE DO MINÉRIO DIANTE SIMULAÇÃO DE DESVIOS DE QUALIDADE.....	43
6. CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de minério de ferro é constituída por uma cadeia de etapas que precisam estar em pleno alinhamento para garantir a vitalidade de um empreendimento mineiro, independentemente de sua dimensão.

Um empreendimento mineiro, como qualquer outro, visa obter o desenvolvimento industrial do setor concomitante com a vantagem econômica sobre a atividade, o lucro. Todas as etapas produtivas do minério, como a pesquisa, lavra, beneficiamento e expedição têm um custo atrelado, e estes custos precisam ser pagos com a venda dos produtos. Isso implica que não basta produzir visando apenas a quantidade, é necessário garantir que o empreendimento ofereça um produto de qualidade compatível às expectativas do mercado, e que as condições externas do mercado permitam a viabilidade da operação.

Para isso, a precificação do produto ofertado é essencial para garantir que as negociações de venda do minério sejam realizadas de maneira que haja a vitalidade financeira do empreendimento no curto, médio e longo prazo. A negociação de venda do minério de ferro passa por diversas etapas que englobam o estudo dos produtos disponíveis, precificação, a firma de contrato e execução da venda, e a prática vem desde tempos antigos. Lamothe (1993) diz que desde a época dos fenícios, gregos e romanos há registros de uso de contratos com cláusulas de opção sobre o produto transportado em seus navios.

O preço do minério de ferro sofre grande influência de diversos fatores, mas o que dita as flutuações da commodity é majoritariamente a indústria siderúrgica, que utiliza o minério de ferro como matéria-prima da produção de aço.

Dentre os principais mercados consumidores do minério de ferro destaca-se a China, que é a maior produtora e consumidora de aço no mundo, sendo a principal responsável pela demanda global da commodity. As flutuações nos preços ocorrem diariamente, e são percebidas por diversos motivos, como decisões políticas a nível nacional e global, avanço da tecnologia, variações climáticas e até mesmo eventos inesperados, como os acidentes envolvendo as barragens da Samarco e Vale (2015 2019), e a pandemia de COVID-19. O preço do minério de ferro é cotado em bolsas de valores internacionais, tendo sua cotação divulgada por diversos boletins, e é

divulgado na premissa CFR (Cost and Freight), que indica o valor final do minério entregue no porto de destino, na China.

O Brasil possui diversas particularidades que tornam a comercialização do minério de ferro um desafio. Grande parte dessas dificuldades são relacionadas às questões de logística; as maiores reservas de minério de ferro do Brasil encontram-se em regiões interioranas do país, que são cercadas de elementos geográficos que tornam a logística complexa. Focando na produção de minério do quadrilátero ferrífero, existem os desafios relacionados a condições naturais, como o relevo montanhoso da região, e de infraestrutura, como a disponibilidade de malha ferroviária e integração de modais rodoviário e ferroviário. Todas estas características impactam no alto custo logístico atribuído ao preço do minério de ferro que impacta diretamente na precificação.

A precificação de minério de ferro deve ainda considerar o horizonte de longo prazo das atividades do empreendimento, atentando-se à volatilidade do mercado, conforme histórico de preços e adversidades do mercado. (Su et al.,2017) destacam que a maioria das bolhas do mercado de minério de ferro ocorrem durante períodos de alta volatilidade, que estão relacionados com o aumento na demanda, a concentração na oferta de produto, o enfraquecimento do dólar e as crises financeiras globais.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo principal estruturar uma ferramenta de precificação de minério de ferro, com foco na venda para o mercado externo. Para isso, será considerada uma série de variáveis que impactam no preço final do produto, alterando diretamente na viabilidade econômica da oferta do minério para o mercado externo.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Tem-se como objetivos específicos do trabalho:

- Descrever os principais fatores que influenciam no preço final do minério de ferro para mercado externo, e como pequenas variações destes podem afetar o panorama final da viabilidade econômica.
- Mostrar a importância da consideração dos índices diferenciais de preço para a precificação do minério de ferro, de modo que a negociação do preço esteja coerente com as especificações do produto ofertado.
- Construir cenários de precificação considerando diferentes preços de minério de ferro, simulando flutuações de preço que ocorrem usualmente no mercado de commodities. Realizar a comparação dos diferentes cenários para as possibilidades de produtos ofertados.
- Encontrar o preço limite do minério de ferro que garante que a venda dos produtos nas especificações disponibilizadas não seja um prejuízo para as operações de venda.
- Construir cenários de precificações considerando desvios hipotéticos de qualidade do produto, simulando perdas na qualidade ou outras situações que o eixo operacional da produção de minério de ferro está exposto. Realizar a comparação dos diferentes cenários em cada etapa de desvio apresentado.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. PANORAMA DO MERCADO DO MINÉRIO DE FERRO**

O minério de ferro é uma das commodities mais importantes na economia a nível global, sendo um bem que gera influência em diversos setores da economia. Sendo uma commodity essencial na produção de aço, tem uma aplicação direta em indústrias como construção civil, infraestrutura, indústria automobilística, e serve como elemento primaz de equipamentos em toda produção de outros segmentos da indústria.

No Brasil, a atividade mineral é extremamente importante, combinando uma cultura mineira desenvolvida durante centenas de anos a um conjunto de reservas de minério diversificada que coloca o Brasil como o segundo maior produtor de minério de ferro do mundo. De acordo com o IBGE (2018), o setor mineral é responsável por 3,190% do PIB brasileiro, e de acordo com Santos (2021), o valor adicionado bruto (VAB) de extração de minério de ferro foi superior ao de outras da indústria extrativa no período entre 2000 e 2018. Numa perspectiva global, o período entre 2000 e 2008 registrou um crescimento de mais de 540% nas exportações de minério de ferro (SECEX, 2010), crescimento este demandado pela economia chinesa, que no mesmo período registrava seu boom industrial. O Brasil detém 25% da produção mundial da commodity (UNCOMTRADE, 2010), e de acordo com a Secretaria de Comercio Exterior (SECEX), os produtos básicos, semimanufaturados e manufaturados de ferro contabilizaram US\$ 75,4 milhões em exportações Brasileiras. As maiores produtoras mundiais de minério de ferro são atualmente BHP, Rio Tinto e Vale, e de acordo com Carvalho (2017), o mercado internacional de minério de ferro chegou em uma perspectiva de diminuição de custos e aumento de produtividade, o que faz com que as margens de lucro sejam muito menores. Dentro deste aspecto, a precificação de minério de ferro para negociação, visando o mercado externo, tem papel fundamental para a manutenção das margens de lucro e vitalidade de um empreendimento de mineração.

### 3.2. PELLETT FEED E SÍNTER FEED

No setor industrial o ferro pode ser obtido apenas a partir de substâncias minerais, e o metal Fe compõe 4,5% da massa da crosta terrestre, sendo o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre e superado apenas pelo oxigênio, silício e alumínio, de acordo com o BNDES (2017).

Dentre os diversos produtos de minério de ferro em produção no Brasil, pode-se destacar o *sínter feed* (fino para sinterização) e o *pellet feed* (fino para pelotização) e suas variações com nomes-fantasia utilizados para o atendimento de clientes específicos. O *sínter feed* e *pellet feed* são amplamente utilizados como matérias-primas na indústria siderúrgica, principalmente para a produção de ferro-gusa e aço. De acordo com o BNDES (2017), a principal diferença entre os dois produtos é a granulometria, onde os finos para sínter compreendem uma granulometria entre 12,5 mm e 0,15 mm; e os finos para pelotas, tamanho inferior a 0,15 mm. Ainda mencionado pelo BNDES (2017), quase 70% do comércio internacional de produtos de minério de ferro é representado pelo comércio de finos para sínter e pelotas. No comércio internacional os principais produtores exportadores de minério podem oferecer os produtos *sínter feed* e *pellet feed* com outros nomes comerciais, caracterizando um produto específico ou blendado de *pellet feed* e *sínter feed*, a depender da demanda do mercado consumidor. A blendagem dos produtos de minério de ferro permite à indústria siderúrgica a adaptação de suas matérias-primas às demandas do mercado, adaptação de especificações aos diferentes tipos de processos siderúrgicos e a otimizar a produção em termos de eficiência e custo.

### 3.3. LOGÍSTICA PARA OFERTA DE MINÉRIO DE FERRO NO BRASIL AO MERCADO EXTERNO

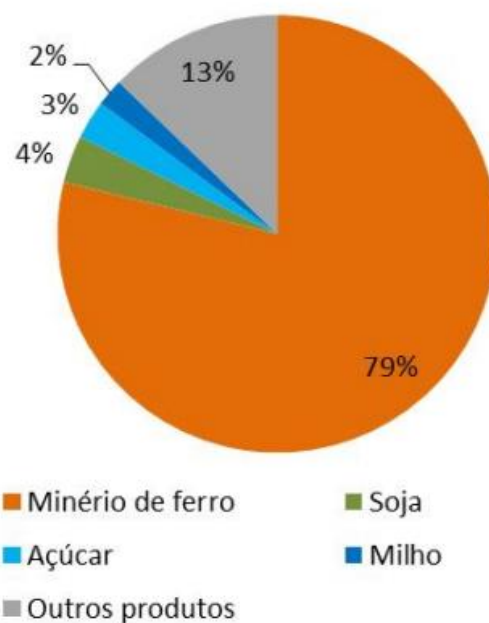
Dentro do assunto de precificação de minério de ferro vários aspectos de custo devem ser considerados, e dentro do contexto de produção de minério de ferro



no Brasil a logística entra como ponto chave do processo, muitas vezes sendo responsável por viabilizar ou inviabilizar um empreendimento mineiro. Para a venda de minério de ferro destinada à exportação, a logística comumente inclui os modais rodoviário, ferroviário e aquaviário, até que o produto chegue em seu país de destino. Além disso, incluem-se outros custos de transporte do produto, como custos embutidos na produção do minério e tarifas operacionais das infraestruturas de interface de modal, como os terminais ferroviários.

O Brasil é o quinto maior país do mundo em extensão territorial com mais de 8,5 milhões de km<sup>2</sup> em extensão territorial. De acordo com o BNDES (2017), o sistema ferroviário de carga brasileiro conta com a nona rede mais extensa do mundo, com 29.817 km, e a sexta maior em produção, com 307 bilhões de TKU2 em 2015. De acordo com Plano Nacional de Logística PNL 2025 (2018), o minério de ferro representa 79% das movimentações logísticas via modal ferroviário no Brasil, conforme Gráfico 1.

Gráfico 1 - Distribuição dos tipos de carga no modo ferroviário.



Fonte: Plano Nacional de Logística PNL 2025 (2018)

Dentro dos diversos concessionários de ferrovias do Brasil, destaca-se a MRS

Logística S.A. ferrovia com mais de 1600 km de extensão que opera da região sudeste, passando pelos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. A posição da concessionária em questão é estratégica, visto que a MRS opera na região que concentra metade do PIB brasileiro e atende aos principais portos do Brasil. Dentre os principais clientes da MRS destacam-se MBR (Vale), Vale, CSN, Gerdau e Usiminas. As ferrovias da MRS possuem acesso direto aos portos de Santos, Pederneiras (São Paulo), Rio de Janeiro, Sepetiba e Guaíba (RJ). Os principais tipos de carga são granéis minerais, granéis agrícolas e carga geral. A Figura 1 mostra a área de cobertura da infraestrutura ferroviária da MRS.

Figura 1 - Malha ferroviária da MRS Logística



Fonte: MRS Logística (2023).

Dentro do aspecto da precificação, a logística ferroviária é um item crítico, pois além do impacto financeiro nos custos que influenciam a margem de lucro, há também uma preocupação relacionada com a disponibilidade do modal, que ao contrário do modal rodoviário não é flexível em termos de atendimento. Logo, grande parte da produção de minério de ferro do quadrilátero ferrífero depende exclusivamente da malha ferroviária da MRS para o escoamento de sua produção.

### 3.4. TERMOS DE COMÉRCIO INTERNACIONAL

Para a operacionalização da exportação deve-se ter o conhecimento dos *Incoterms*, que são os Termos de Comercio Internacional, publicados pela Câmara Internacional de Comércio (CIC). Os *Incoterms* são regras que norteiam a negociação de compra e venda internacional e a partir de cada *Incoterm* são definidos direitos, deveres, riscos das partes no contrato de venda, e os custos envolvidos para cada situação.

Se tratando de precificação de minério de ferro é fundamental ter um conhecimento sobre as particularidades dos *Incoterms*, de forma que a negociação utilize o termo correto de acordo com a estratégia e posicionamento da empresa no mercado. Araújo (2012) destaca que os *Incoterm*s são divididos em grupos de acordo com a responsabilidade atribuída ao exportador, da seguinte maneira:

Grupo 1 - Aplicável ao transporte aéreo, marítimo, rodoviário ou ferroviário

- a) EXW (*Ex-Works*) – Na origem: onde praticamente toda responsabilidade do transporte fica por parte do importador.
- b) FCA (*Free Carrier*) – Disponível no transportador: a responsabilidade do desembarço do produto é do exportador, que deve mandar a mercadoria para o local indicado pelo importador.
- c) CPT (*Carriage Paid to*) – Transporte pago até: o vendedor é responsável pelas despesas de embarque e frete internacional da mercadoria até o local de destino.
- d) CIP (*Carriage and Insurance Paid to*) – Transporte e seguros pagos até: além da responsabilidade das despesas com o transporte, o exportador deve custear o seguro de transporte do produto até o local sinalizado pelo cliente.
- e) DAT (*Delivered at Terminal*) – Entrega no terminal: o exportador deverá colocar a mercadoria à disposição do comprador, já pronta para ser descarregada no terminal de destino, assumindo os riscos custos até o local.
- f) DAP (*Delivered at Place*) – Entrega no local determinado: o exportador fica responsável por entregar a mercadoria no porto ou na empresa do importador.
- g) DDP (*Delivered Duty Paid*) – Entregue com direitos pagos: por ser um dos termos com mais responsabilidades para o exportador, apenas deve ser

utilizado caso seja possível a obtenção da licença de importação. O exportador assume grande parte dos encargos.

Grupo 2 – Aplicável ao transporte marítimo ou águas internas

- a) FAS (*Free Alongside Ship*) – disponível ao lado do navio: neste termo o exportador é responsável pela mercadoria até a entrega já desembarçada ao lado do costado do navio.
- b) FOB (*Free on Board*) – Entrega livre a bordo: a responsabilidade do exportador se estende até que a mercadoria esteja dentro do navio que realizará o transporte.
- c) CFR (*Cost and Freight*) – Custo e frete: Até que a mercadoria passe da murada do navio, o custo com transporte e demais encargos fica por conta do exportador. O seguro pode ser combinado entre as partes, desde que expresse em contrato.
- d) CIF (*Cost, insurance and freight*) – Custo, seguro e frete: o vendedor fica responsável pela mercadoria desde sua a transposição murada do navio até o descarregamento no porto de destino.

Em contratos da indústria da mineração os *Incoterms* mais comuns em negociações são o FOB e CIF, sendo aplicados principalmente nos modais rodoviário e ferroviário, variando a depender da negociação do contrato. Para fins de precificação também se utiliza com frequência o *Incoterm* CFR, principalmente para a composição de preços partindo do pressuposto pelo *Platts*, que considera em seus boletins o preço do minério de ferro entregue na China, especificamente no porto de Tianjin. O *Incoterm* EXW também é utilizado na precificação, principalmente na interface ferrovia-porto.

## 4. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho teve como ponto de partida o levantamento das principais variáveis que influenciam o preço do minério, a análise de uma série histórica de dados, bem como uma série de previsão tomada para fins de estudos de cenários. A construção da ferramenta de precificação incluiu 5 fases, sendo elas:

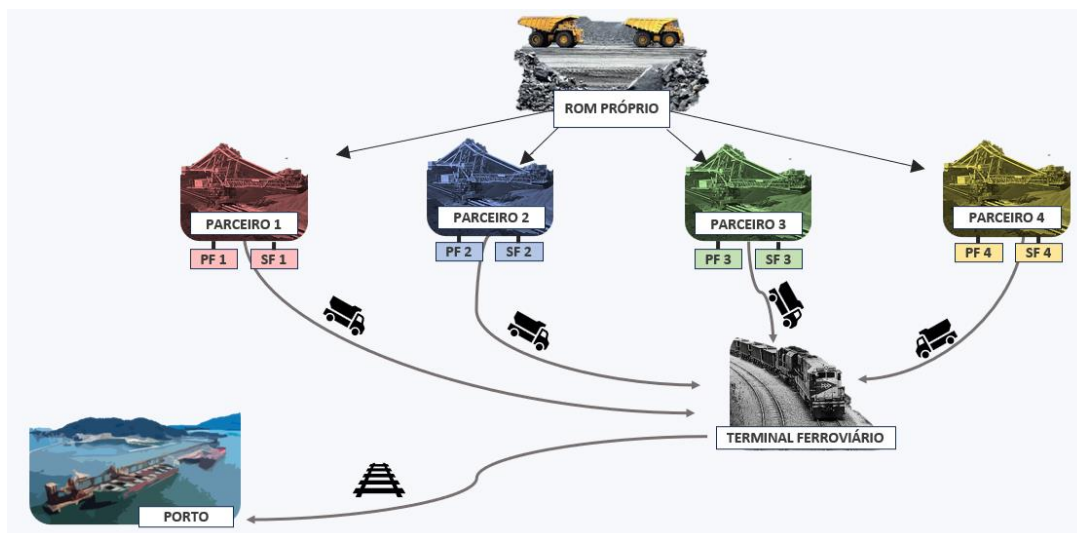
1. Alinhamento de premissas para a construção das variáveis dos cenários;
2. Interpretação de séries históricas de preços de minério de ferro e dos índices diferenciais de preço;
3. Montagem do modelo de previsão em 10 cenários hipotéticos com variação da variável MB62%, para materiais *pellet feed* e *sínter feed*;
4. Regressão para estudo da fronteira break-even para cenários críticos de preço;
5. Descolamento de variáveis para condições de MB62% próximas às condições reais, simulando um desvio de qualidade com aumento percentual de  $Al_2O_3$  em cada cenário.

### 4.1. PREMISSAS LOGÍSTICAS DA SIMULAÇÃO DE PREÇOS

A metodologia do trabalho parte de premissas para a execução dos cenários, onde os produtos *sínter feed* e *pellet feed* são base de todas as considerações de variáveis.

Em termos de logística consideram-se 4 parceiros fornecedores de *pellet feed* e *sínter feed* já processados. Partindo de cada um destes 4 fornecedores parceiros, a precificação considera o custo logístico de direcionar o material de cada uma das localidades até o terminal de Joaquim Murtinho, em Minas Gerais. A Figura 2, representa geograficamente a localização dos quatro parceiros até o terminal, via modal rodoviário.

Figura 2 - Esquema resumido de logística da venda por parcerias



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A diferença de distâncias entre os 4 parceiros é substancial na precificação, uma vez que o frete rodoviário é um dos principais custos atrelados à venda do minério de ferro. Além do custo, durante a precificação também se deve avaliar os riscos envolvidos da operação logística de expedição de minério via modal rodoviário, dentro do contexto específico de cada região. Devido à capacidade de carga reduzida do modal rodoviário, quando comparado ao ferroviário, é necessário o conhecimento de gargalos de rodovias, pedágios e capacidade de expedição das transportadoras contratadas. Em termos de distâncias e custos até a entrega no terminal de Joaquim Murtinho, os cenários de precificação seguiram os dados mostrados na tabela 1.

Tabela 1 - Distância de fornecedores ao terminal e valor do frete rodoviário cobrado no trecho

<b>Distância do fornecedor parceiro até o terminal (km)</b>	<b>Valor do frete (R\$/t)</b>
48,7	13,68
43,4	13,68
9,7	10,95
136,0	24,06

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Os valores referentes a fretes rodoviários foram considerados estáveis em todos os cenários executados, porém, em cada caso de precificação, é

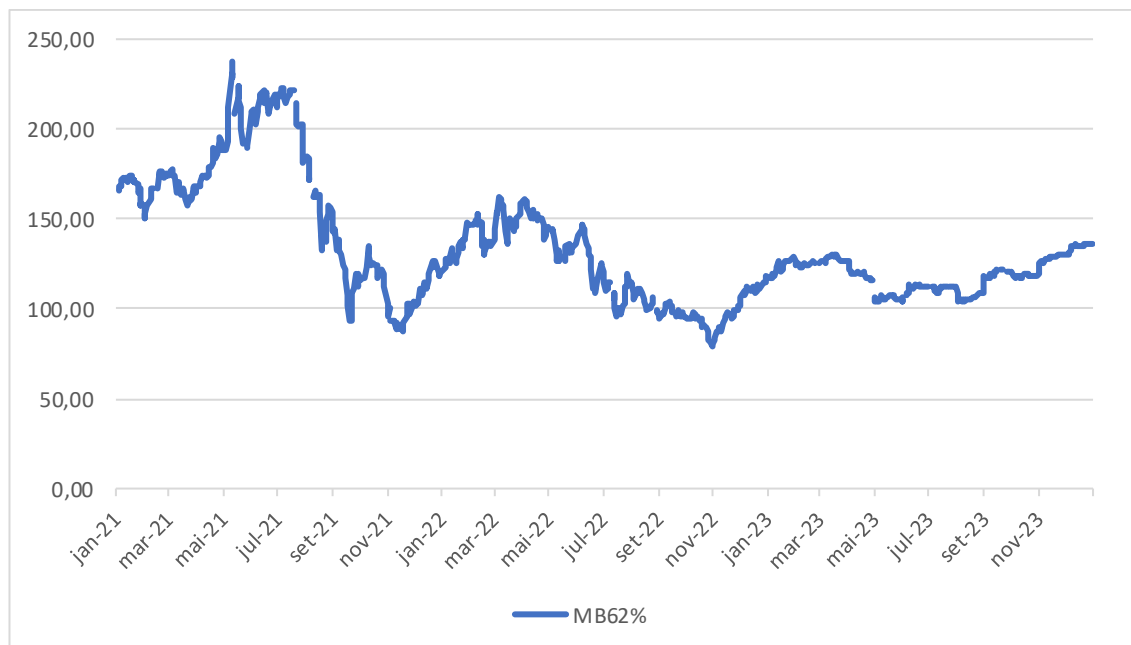
necessário avaliar a estabilidade de fatores que influenciam o frete, como questões políticas, preços do combustível e crises regionais.

#### 4.2. AVALIAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICAS DE DADOS

Para a construção da problemática de se fazer um modelo de precificação de venda de minério de ferro para o mercado externo, primeiramente foi feita a avaliação de séries históricas de dados de preço. Para isso, considerou-se o índice MB62% divulgado pela S&P Global, em um período entre janeiro de 2021 e dezembro de 2023. A evolução do preço médio do minério de ferro MB62% é um item que permite realizar simulações de precificações retroativas, para fins de aprendizado. O fato de considerar dados de preço de minério passados implica na possibilidade de estudar possíveis cenários de preços futuros, utilizando dados reais como base.

As variações do preço no período fornecido (janeiro de 2021 a dezembro de 2023) foram utilizadas como referência para a adoção do espectro de preços a ser considerado nos cenários de mercado estudados. Dessa forma, é possível escolher faixas de preço coerentes com o comportamento do preço do minério nos últimos anos. A ferramenta de precificação não tem o intuito de fazer previsões de mercado, mas é necessário ter uma visão coerente sobre o comportamento atual do mercado.

Gráfico 2 - Variação do *Platts* do minério de ferro entre 2021 e 2023 (US\$)



Fonte: S&P Global (2023)

Partindo da consulta de dados fornecida, utilizou-se um espectro de preços variando entre US\$ 80,00 e US\$ 170,00 para a variável MB62%.

#### 4.3. AJUSTES DE ÍNDICES DIFERENCIAIS DE PREÇO

Os índices diferenciais de preço do minério de ferro são ajustes utilizados na precificação do minério de ferro, que servem como parâmetro compensador de preço de acordo com as diversas especificações do minério. O preço publicado para o minério de ferro considera que o minério a ser vendido tem uma especificação padrão, definida pela referência do boletim de preços. Na prática, alcançar as especificações idênticas às especificações padrões que são divulgadas pelo boletim de preços é muito difícil, considerando que cada depósito possui características diferentes. Para isso, os índices diferenciais de preço são um guia que auxiliam a adequar o preço do minério de acordo com sua especificação mediante o padrão.

Neste trabalho usou-se como referência índices diferenciais de preço praticados em 2021 e 2022. Por questões de utilização de dados privados há diferenças entre os dados apresentados e os praticados, porém todas as grandezas foram respeitadas para congruência do trabalho. Na Tabela 2, é possível ver os índices diferenciais de preço de 2021 e 2022.



Tabela 2 - Índices diferenciais de preço de 2021 e 2022, para o minério de ferro

Período	Média de Mid Range Diff 60-63.5 Fe \$/DMT	Média de Iron ore Alumina differential per 1% within 1-2.5% \$/DMT	Média de Iron Ore Alumina Differential per 1% with 2.5-4% \$/DMT	Média de Iron Ore Silica Differential per 1% with 3-4.5% range \$/DMT	Média de Iron ore Silica differential per 1% within 4.5-6.5% \$/DMT	Média de Iron ore Silica differential per 1% within 6.5-9% \$/DMT
jan-21	2,8	2,3	2,6	0,8	2,4	2,5
fev-21	2,7	2,6	2,9	0,8	2,3	2,6
mar-21	2,7	2,6	2,8	0,7	1,9	2,2
abr-21	3,0	3,5	3,8	0,6	1,7	2,0
mai-21	3,4	5,9	6,0	0,6	1,7	2,0
jun-21	3,5	4,9	5,4	0,6	1,7	2,0
jul-21	3,5	6,1	7,4	1,5	3,0	3,1
ago-21	2,6	5,0	6,7	1,5	3,1	3,9
set-21	2,0	5,7	7,4	1,4	4,8	6,4
out-21	2,0	6,8	8,0	1,1	5,1	7,0
nov-21	1,6	5,5	7,6	1,0	5,0	6,6
dez-21	1,9	5,0	7,5	1,0	5,0	6,0
jan-22	2,2	6,9	7,8	0,8	4,9	5,9
fev-22	2,3	8,0	8,3	0,4	4,1	4,7
mar-22	2,5	7,7	8,1	0,4	4,0	4,5
abr-22	2,5	6,6	7,0	0,4	4,0	4,5
mai-22	2,2	5,8	6,0	0,4	3,9	4,5
jun-22	2,1	4,7	4,8	0,4	3,4	4,5
jul-22	1,8	4,1	4,2	0,3	2,8	4,1
ago-22	1,7	3,9	4,0	0,4	2,4	4,7
set-22	1,6	3,1	3,1	0,3	2,1	3,9
out-22	1,6	2,3	2,8	0,2	2,1	3,3
nov-22	1,5	2,0	2,6	0,4	2,1	3,0
dez-22	1,5	2,0	2,7	0,3	2,1	3,0

Fonte: S&P Global (2024)

A partir dos índices diferenciais de preço utilizou-se uma fórmula de ajuste dos índices dados para o ano de 2023, para cada faixa de preço considerada para o *Platts*. Neste ajuste, foi realizado um aumento progressivo de cada índice partindo da média de 2023, de acordo com a faixa do *Platts*.

Após realizado o ajuste, tem-se como dados de entrada uma relação de índices diferenciais ajustados de acordo com a faixa do *Platts* simulada; em geral quando é realizada uma precificação de minério de ferro os descontos são proporcionalmente maiores à medida que o preço do minério aumenta, o que justifica a escolha do modelo de ajuste do *Platts* para a simulação.

É importante ressaltar que este dado de índice diferencial de preço ajustado foi manipulado dessa forma neste trabalho para viabilizar o processo de precificação.

Em casos reais, o acompanhamento dos índices diferenciais de preço é feito por boletins específicos de *commodities*, que realizam análises de mercado para a disponibilização dos índices. Como estes são dados pagos, foi utilizado neste trabalho um exemplo para viabilização dos cálculos. O dado índice diferencial de preço ajustado pode ser visto na

Tabela 3.

Tabela 3 - Índices diferenciais de preço ajustados de acordo com a faixa do Platts MB62%

	<b>Mid Range Diff 60- 63.5 Fe \$/DMt</b>	<b>Iron ore Alumina differential per 1% within 1- 2.5% \$/DMT</b>	<b>Iron Ore Alumina Differential per 1% with 2.5- 4% \$/DMT</b>	<b>Iron Ore Silica Differential per 1% with 3- 4.5% range \$/DMT</b>	<b>Iron ore Silica differential per 1% within 4.5- 6.5% \$/DMT</b>	<b>Iron ore Silica differential per 1% within 6.5- 9% \$/DMT</b>
<b>Ajuste US\$80</b>	<b>0,95</b>	<b>1,48</b>	<b>2,08</b>	<b>0,32</b>	<b>1,89</b>	<b>2,35</b>
<b>Ajuste US\$90</b>	<b>1,07</b>	<b>1,66</b>	<b>2,35</b>	<b>0,36</b>	<b>2,12</b>	<b>2,64</b>
<b>Ajuste US\$100</b>	<b>1,19</b>	<b>1,84</b>	<b>2,61</b>	<b>0,40</b>	<b>2,36</b>	<b>2,93</b>
<b>Ajuste US\$110</b>	<b>1,31</b>	<b>2,03</b>	<b>2,87</b>	<b>0,44</b>	<b>2,59</b>	<b>3,23</b>
<b>Ajuste US\$120</b>	<b>1,42</b>	<b>2,21</b>	<b>3,13</b>	<b>0,48</b>	<b>2,83</b>	<b>3,52</b>
<b>Ajuste US\$130</b>	<b>1,54</b>	<b>2,40</b>	<b>3,39</b>	<b>0,52</b>	<b>3,06</b>	<b>3,81</b>
<b>Ajuste US\$140</b>	<b>1,66</b>	<b>2,58</b>	<b>3,65</b>	<b>0,56</b>	<b>3,30</b>	<b>4,11</b>
<b>Ajuste US\$150</b>	<b>1,78</b>	<b>2,77</b>	<b>3,91</b>	<b>0,60</b>	<b>3,53</b>	<b>4,40</b>
<b>Ajuste US\$160</b>	<b>1,90</b>	<b>2,95</b>	<b>4,17</b>	<b>0,64</b>	<b>3,77</b>	<b>4,69</b>
<b>Ajuste US\$170</b>	<b>2,02</b>	<b>3,14</b>	<b>4,43</b>	<b>0,68</b>	<b>4,01</b>	<b>4,99</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

#### 4.4. ASSOCIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE ENTRADA

A construção dos cenários de preço de minério envolve a associação de variáveis de entrada com o cálculo dos fatores que influenciam no preço final do minério de ferro. Em cada cenário gerado é possível alterar diversas variáveis de acordo com a situação de mercado. Neste trabalho foram utilizadas as variáveis de entrada:

- *Platts* MB 62% (em US\$);
- Preço de compra de cada material;
- PPC (Perda Por Calcinação)
- >6,3 mm
- >1,0 mm
- <0,15 mm
- FeT (Ferro Total)
- SiO<sub>2</sub> (teor de sílica)
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (teor de alumina)
- Mn (teor de manganês)
- P (teor de fósforo)
- H<sub>2</sub>O (umidade)
- Taxa C3
- Taxa Porto
- Dif. Porto
- Tarifa Ferroviária
- Frete Rodoviário
- Cotação do Dólar americano (US\$)

A partir das variáveis acima, definidas pela da qualidade do material disponível para a venda, são feitos os cálculos de cada cenário, considerando os descontos ou bonificações relacionadas com cada item. Das qualidades dos produtos utiliza-se o desconto percentual de acordo com a especificação do produto, comparado às especificações padrão do minério, divulgado pelo boletim do *Platts*. A composição do preço em dólar é obtida ao partir do preço cheio do *Platts* (variável MB 62%), de onde são feitos os descontos relacionados à qualidade (orientadas pelos índices diferenciais de preço) e taxas de logística (valores tabelados de acordo com a prestadora de serviços logísticos).

Neste trabalho, considerou-se a utilização da estrutura da malha ferroviária da MRS. No site da MRS é disponibilizado um simulador de tarifas, que leva em consideração a distância percorrida entre os terminais e o tipo de material a ser transportado.

Neste trabalho utilizou-se como exemplo o trecho atendido pela MRS entre o Terminal de Cargas Joaquim Murtinho (TCM), em Ouro Branco - MG e Porto Sudeste, no Rio de Janeiro, totalizando um trecho de 439 km. Para o minério de ferro a tarifa da MRS a ser considerada no trecho foi de R\$ 46,97/t, ou de US\$ 9,03/t, considerando o dólar a R\$ 5,20. A Figura 3 mostra parte da interface do simulador disponibilizado pela MRS, onde o cálculo da tarifa é realizado automaticamente a partir das entradas do produto e distância ferroviária.

Figura 3 - Interface do simulador tarifário da MRS Logística

**ESCOLHA O PRODUTO:**  
 Minério de Ferro

**VIGENCIA:** 21/01/2020 **DELIBERAÇÃO ANTT** 33/2020

**CONCESSIONÁRIA:** MRS Logística

**TABELA TARIFÁRIA PARA Minério de Ferro**

**BASES DAS TARIFAS (NÃO INCLUÍDO O ICMS)**

FAIXAS QUILOMÉTRICAS			R\$/T.KM
ATÉ		300	0,0996
DE 301	a	600	0,0922
DE 601	a	900	0,0847
DE 901	EM DIANTE		0,0773
PARCELA FIXA	R\$/T		4,40
<b>Distância Ferroviária (km):</b>	<b>439</b>	<b>Tarifa em R\$/T</b>	<b>46,97</b> <- Valor máximo homologado para a distância selecionada.

Inserir a distância desejada no campo em fundo azul

Fonte: MRS Logística (2024)

Para a logística portuária, o preço da tarifa para operacional para composições de minério de ferro varia em função do *Platts*, de acordo com a tabela Tabela 4.

Tabela 4 - Tarifa operacional do Terminal Ferroviário TCM

Faixa do <i>Platts</i>	Tarifa a Partir de 01/03
Abaixo de US\$ 100	R\$ 7,51/t
US\$ 100,01 até US\$ 130,0	R\$ 7,89/t
US\$ 130,01 até US\$ 150,0	R\$ 8,29/t
US\$ 150,01 até US\$ 170,0	R\$ 8,68/t
Acima de US\$ 170,1	R\$ 9,07/t

Fonte: MRS Logística (2024).

É importante ressaltar este ponto, porque durante a execução dos dez cenários diferentes de preço essa tarifa se altera, dando pesos diferentes à

lucratividade final do minério. Ainda dentro da logística de frete do minério há o índice C3.

O C3 é um índice a ser descontado do preço do minério de ferro que representa o valor a ser gasto para entregar o minério no porto de Tianjin, China. O boletim que divulga os preços da variável MB 62% considera o preço do minério entregue na China. Como o minério ofertado encontra-se no Brasil, foi descontada essa taxa da logística de entrega do minério no destino final. Neste trabalho foi considerado valor de US\$ 20,00 para o índice C3, acrescido de uma taxa diferencial flutuante do porto, que foi de US\$ 1,20. Ambas os descontos foram constantes entre todos os cenários desenvolvidos.

A partir dos dados de entrada são feitos os cálculos dos descontos dentro de cada cenário, que compõem o preço mínimo a ser praticado para cada produto. Os cálculos consideram o valor bruto das variáveis, de forma que cálculos referentes a projeções de flutuações de cada uma das variáveis é cabível de avaliação individual, a depender de cada caso.

#### 4.5. CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS COM VARIAÇÃO DO PLATTS MB62%

A partir da associação das variáveis de entrada, foi feita a construção de dez cenários diferentes para comparação de viabilidade de preços. Considerou-se a oferta de um mesmo produto (com a mesma especificação) em 10 cenários de preço de minério diferentes. Para realizar a comparação de cenários, fixou-se todas as variáveis, com exceção da variável *Platts* MB62%, que foi variada gradualmente num espectro entre US\$ 100,00 e US\$ 170,00. Dessa forma foi possível avaliar as variações de viabilidade conforme a flutuação do preço do minério de ferro no mercado, partindo do princípio da oferta de um material conforme as especificações de qualidade representadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Qualidades dos produtos ofertados pelos quatro fornecedores parceiros de *pellet feed* e *sinter feed*

Parceiro	Produto	Fe	SiO2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	Mn	PPC	> 6,3 mm	> 1,0 mm	< 0,15 mm	Preço (R\$/t)
1	PF	63,91	6,55	1,92	0,04	0,37	0,94	0,00	7,13	69,09	228,00

												186,0
	SF	60,25	9,22	1,11	0,05	0,64	2,19	17,61	53,52	33,85	4	233,8
2	PF	62,03	6,76	1,37	0,06	0,33	2,62	0,00	2,33	72,73	0	201,2
	SF	58,02	9,87	1,72	0,06	0,60	3,34	17,38	52,78	35,09	0	218,0
3	PF	62,41	6,51	1,52	0,05	0,42	1,85	0,00	4,10	61,42	0	176,2
	SF	59,96	8,50	1,97	0,05	0,28	2,86	4,09	46,23	47,92	3	229,7
4	PF	62,39	6,51	1,52	0,05	0,42	1,86	0,00	4,11	61,42	4	192,1
	SF	59,14	9,57	1,72	0,05	0,67	2,82	4,09	46,23	47,92	5	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Em cada cenário o preço foi construído partindo de um preço cheio, partindo da variável MB62%, e a partir deste preço cheio foram considerados os descontos proporcionais às especificações de cada material oferecido. Ajuste em relação ao percentual de ferro, teor de sílica e alumina foram descontados diretamente com base nos índices diferenciais formados no item 4.3. A tarifa C3 foi descontada conforme o dado valor negociado previamente, e neste trabalho considerou-se o valor de US\$ 20,0.

A Tarifa do porto também é negociada previamente, e varia de acordo com a logística contratada. No dado utilizado neste trabalho, foi de US\$ 9,00. A tarifa operacional do porto segue o detalhamento da Tabela 4, e o frete ferroviário segue o detalhamento da Figura 3, o que determina um valor diferente a depender do *Platts* do cenário trabalhado.

Para a composição do preço do minério, todas as variáveis com o preço em reais (R\$) foram convertidas para dólar americano (US\$), por convenção de mercado.

Para o preço final de cada cenário foram descontados os valores referentes à taxa do terminal ferroviário e frete rodoviário, que varia de acordo com cada fornecedor parceiro devido às diferentes distâncias de transporte, conforme Tabela 1. Por fim, em cada cenário foi descontado o valor referente a compra do minério processado por fornecedores parceiros, conforme a Tabela 5. Em casos de minério com processamento próprio, deve-se considerar o valor referente ao custo de produção do minério, que varia de caso a caso a depender do empreendimento. Após a associação de todas as variáveis e inserção de descontos e bonificações sobre o preço (quando aplicáveis), tem-se o preço final de oferta do minério, em

dólares. A Tabela 6 mostra o esquema onde são dispostas as variáveis, bem como as linhas que exibem o Preço da compra do material, o custo líquido do minério de ferro (após descontados todos os custos da precificação e aplicados os descontos referentes à especificação), e a margem de lucro em US\$.

Tabela 6 - Recorte da Interface do simulador de cenários de precificação aplicado à viabilidade de venda de pellet feed

<b>COMPOSIÇÃO DE PREÇO - VENDA PELLETT FEED FOB PORTO</b>				
<b>Origem</b>	<b>PF1</b>	<b>PF2</b>	<b>PF3</b>	<b>PF4</b>
<b>IODEX M+2</b>	110,00	110,00	110,00	110,00
<b>Fe Adj.</b>	2,49	0,04	0,54	0,51
<b>SiO2 Adj.</b>	-5,57	-6,23	-5,44	-5,44
<b>Al2O3</b>	0,33	0,89	0,74	0,74
<b>C3</b>	21,20	21,20	21,20	21,20
<b>Porto</b>	9,00	9,00	9,00	9,00
<b>MRS</b>	9,03	9,03	9,03	9,03
<b>USD</b>	<b>57,30</b>	<b>55,00</b>	<b>56,02</b>	<b>56,00</b>
<b>BRL - Vagão MRS</b>	<b>297,99</b>	<b>286,00</b>	<b>291,32</b>	<b>291,20</b>
<b>Terminal Ferroviário</b>	7,89	7,89	7,89	7,89
<b>Frete Rodoviário</b>	13,68	13,68	10,95	24,06
<b>BRL - DAP TCM</b>	<b>276,42</b>	<b>264,43</b>	<b>272,48</b>	<b>259,25</b>
<b>Preço de Compra minério</b>	228,00	233,80	218,00	229,74
<b>Margem US\$</b>	9,31	5,89	10,48	5,67

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A mesma metodologia foi aplicada aos 2 tipos de material (*sínter feed e pellet feed*), dos quatro parceiros diferentes, totalizando 8 possibilidades de venda de minério por cenário. Dessa forma, é possível comparar qual parceiro fornecedor é mais vantajoso no aspecto financeiro, a depender de cada variável do mercado.

No exemplo utilizado neste item a única variável alterada entre os cenários foi o *Platts MB 62%*, porém a ferramenta pode ser alterada para adaptar a simulação de preços a qualquer cenário, visto que no mercado todas as variáveis se alteram

constantemente. Da mesma forma a simulação para os 8 materiais foi replicada 10 vezes alterando o valor do minério de ferro com um *range* de US\$ 10 entre cada cenário, o que permitiu comprar os mesmos materiais em situações diferentes de mercado. A partir das margens obtidas em cada cenário, montou-se um quadro resumo com materiais e parceiros em cada faixa de preço do *Platts*, o que permitiu uma comparação de preços em cada situação. Fez-se o mesmo procedimento para *sínter feed* e para o *pellet feed*, e a margem final de preço para cada material em cada cenário foi disposta em um quadro resumo.

#### 4.6. REGRESSÃO PARA FRONTEIRA BREAK-EVEN PARA PF E SF

Após comparados os dez cenários de cada material do item anterior, buscou-se encontrar o valor mínimo da variável MB62% que implicasse a viabilidade para que a venda do material fosse realizada sem prejuízo, ou seja, com lucro igual a zero. Para isso, foi analisada a situação para os 4 tipos de *sínter feed* e para os 4 tipos de *pellet feed*, de onde buscou-se encontrar o ponto onde mesmo o minério menos rentável não apresentasse prejuízo. Para o *pellet feed*, o material PF4 apresentou as condições mais difíceis de rentabilidade, e para o *sínter feed* escolheu-se o material SF2, seguindo a mesma lógica. A partir da curva de rentabilidade de cada um dos dois materiais, construiu-se uma regressão linear para identificar o preço mínimo que permita a venda do minério sem prejuízo.

Partindo do princípio de que a curva de rentabilidade do minério se assemelha a um aspecto de reta nos dois casos, construiu-se uma reta de regressão com as rentabilidades obtidas em cada cenário, e a partir do conceito da definição de uma função de primeiro grau, onde  $f(x)=y=ax+b$ , utilizou-se o Excel para a determinação dos coeficientes  $a$  e  $b$  da função, para os materiais PF4 e SF2. Para a determinação dos coeficientes linear e angular da reta de regressão foram utilizadas as fórmulas INTERPCEPÇÃO e INCLINAÇÃO, respectivamente, para cada ponto da curva de rentabilidade do *pellet feed*, disposta no Gráfico 5. A Tabela 7 mostra um recorte da ferramenta construída em Excel, especificamente sobre a construção das retas de regressão.



Tabela 7 - Recorte da interface do simulador de cenários que coleta os pontos de regressão da reta de rentabilidade do pellet feed

<b>x</b>	<b>Margem (US\$)</b>	<b>Reta de Regressão</b>
80	-23,71	-23,37105262
90	-16,42	-16,16918887
100	-9,13	-8,967325127
110	-0,43	-1,765461382
120	5,37	5,436402363
130	12,65	12,63826611
140	19,86	19,84012985
150	26,16	27,0419936
160	34,36	34,24385734
170	41,65	41,44572109

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

O procedimento foi realizado igualmente para os dois materiais, e a partir desta regressão foi possível identificar o ponto em x (MB 62%) em que a rentabilidade y (margem em US\$) fosse igual a zero. Este ponto marca a fronteira *break-even*, o que sinaliza que valores em X abaixo desta referência não devem ser praticados, pois não são viáveis financeiramente.

Tabela 8 - Cálculo de coeficientes linear e angular para fronteira break-even

<b><u>y=ax+b</u></b>	
b= coeficiente linear	-80,986
a= coeficiente angular	0,720186
y=0	112,4514

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

#### 4.7. AJUSTE DE VARIÁVEIS PARA CENÁRIOS DE DESVIO DE Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Para a simulação do desvio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, a variável Platts MB62% foi fixada em US\$ 107,40, devido ao preço do minério de ferro no dia 08/05/2023, data de execução desta simulação. A partir deste preço construiu-se 6 cenários simulando um aumento percentual da alumina no material, onde a cada cenário a alumina sofreu o aumento percentual de 1%. Este tipo de simulação permitiu avaliar uma situação hipotética de perda de qualidade do material e os impactos financeiros decorrentes do desvio de qualidade, apenas focando no item Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Após a execução dos 6 cenários para os 4 tipos de sinter feed e para os 4 tipos de pellet feed foram construídos gráficos que permitiram comparar a margem de lucro em cada situação. A Tabela 9 mostra a mesma interface aplicada a uma análise onde todas as qualidades iniciais dos minérios PF1, PF2, PF3 e PF4 foram alteradas ao ponto de ter um teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5% maior.

Tabela 9 - Recorte da Interface do simulador de cenários de precificação em seção que simula desvio de teor de alumina do pellet feed

<b>COMPOSIÇÃO DE PREÇO - VENDA PELLETT FEED FOB PORTO - Simulação desvio +5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>				
<b>Origem</b>	<b>PF1</b>	<b>PF2</b>	<b>PF3</b>	<b>PF4</b>
IODEX M+2	107,40	107,40	107,40	107,40
Fe Adj.	0,00	0,00	0,00	0,00
SiO <sub>2</sub> Adj.	-5,57	-6,23	-5,44	-5,44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (+5%)	-4,74	-4,18	-4,33	-4,33
C3	21,20	21,20	21,20	21,20
Porto	9,00	9,00	9,00	9,00
MRS	9,03	9,03	9,03	9,03
<b>USD</b>	<b>48,15</b>	<b>48,06</b>	<b>48,64</b>	<b>48,64</b>
<b>BRL - Vagão MRS</b>	<b>250,40</b>	<b>249,91</b>	<b>252,91</b>	<b>252,91</b>
Terminal Ferroviário	7,89	7,89	7,89	7,89
Frete Rodoviário	13,68	13,68	10,95	24,06
<b>BRL - DAP TCM</b>	<b>228,84</b>	<b>228,34</b>	<b>234,07</b>	<b>220,96</b>
Preço de Compra minério	228,00	233,80	218,00	229,74
<b>Margem US\$</b>	<b>0,16</b>	<b>-1,05</b>	<b>3,09</b>	<b>-1,69</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Após a execução de 6 cenários simulando desvio gradual do percentual de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  no *pellet feed*, o mesmo procedimento foi realizado também para o *sínter feed*, e os resultados foram então comparados em uma perspectiva de rentabilidade financeira diante dos desvios.

## 5. RESULTADOS

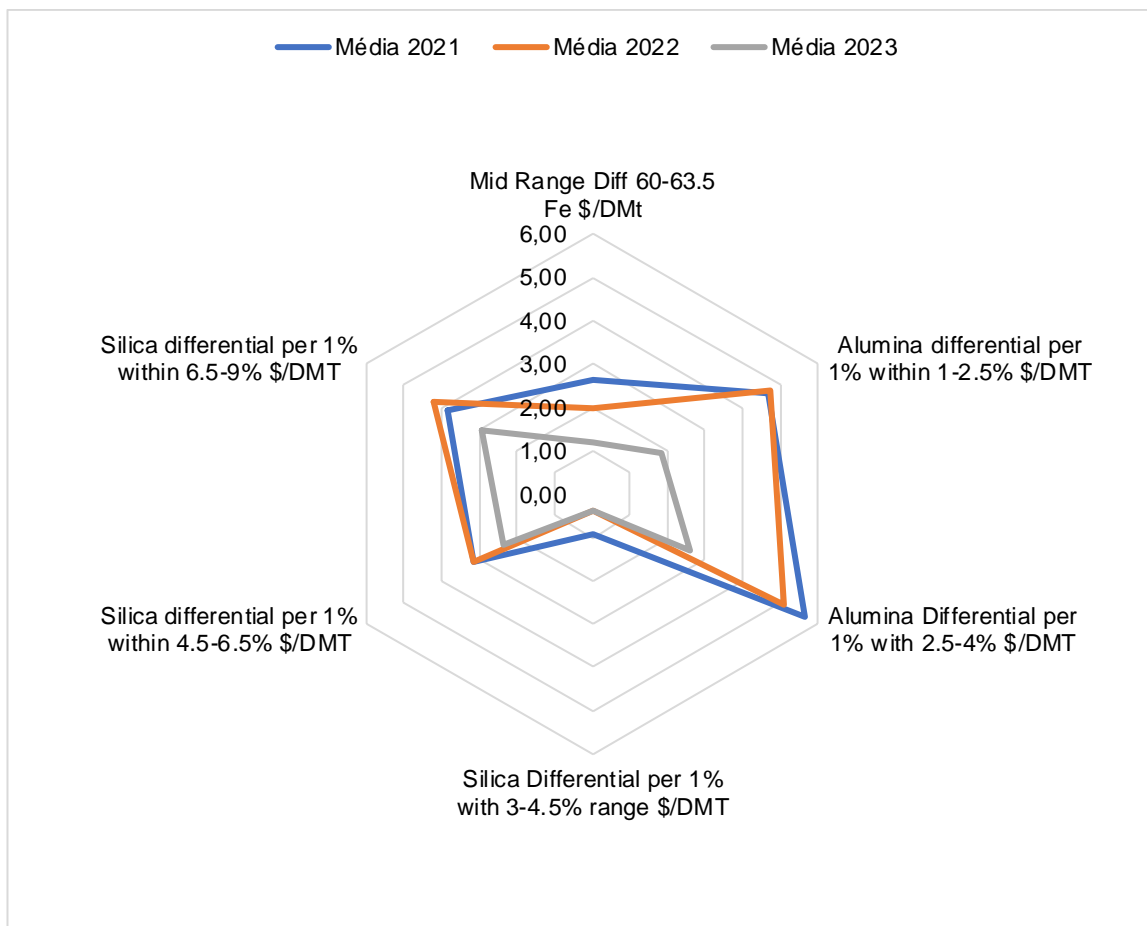
### 5.1. AJUSTES DE INDICADORES DIFERENCIAIS

Um dos fatores que mais resulta em impacto no preço final da composição de minério de ferro são os índices diferenciais de preço do minério, que neste caso afetam a precificação do pellet feed e do *sínter feed*. Como os índices são baseados na qualidade química do minério, o impacto dos índices no preço final é diretamente proporcional aos desvios presentes em cada composição de minério.

A partir da análise da média dos índices diferenciais dos anos de 2021, 2022 e a projeção para 2023, foi percebido que os desvios em percentual de alumina são os maiores influenciadores em descontos no preço final das composições de minério de ferro nos três anos analisados. O impacto da alumina na precificação torna-se ainda maior ao considerar o caráter cumulativo do desvio, com penalidades maiores para desvios percentuais maiores nesta especificação.

Em 2021, foi observado um aumento significativo no diferencial percentual de ferro na composição do minério, alcançando valores próximos a US\$2,63 por tonelada seca (DMt). Essa alta pode ser justificada pela média no *Platts MB62%* de 2021 que foi a maior entre os três anos analisados, de US\$ 159,89/t, contra US\$ 119,99 de 2022 e de US\$ 135,89 para a dada projeção de 2023. O Gráfico 3 ,desenvolvido com a visualização do tipo *spider chart*, mostra a influência dos índices diferenciais de preço nos descontos aplicados por qualidade.

Gráfico 3 - Spider Chart para índices diferenciais de qualidade do minério de ferro entre os anos de 2021 e 2023



Fonte: Desenvolvido pelo autor (2024)

Os índices diferenciais de preço projetados para o ano de 2023 foram pontos cruciais para a consideração da margem de lucro prevista em cada cenário, portanto deve-se ressaltar que os índices de preços são voláteis de acordo com o mercado e que a projeção usada de exemplo não reflete o preço real do minério. Como o preço dos índices diferenciais sofre alterações de acordo com o mercado, o ajuste feito em cada índice de acordo com o *Platts* resultou na relação linear de índices abaixo, onde cada índice diferencial é proporcional à variação do mercado. Vale ressaltar que os ajustes por faixa do *Platts* foram realizados considerando a média projetada para 2023. A situação pode ser visualizada na Tabela 10, bem como no gráfico dos índices diferenciais de preço.

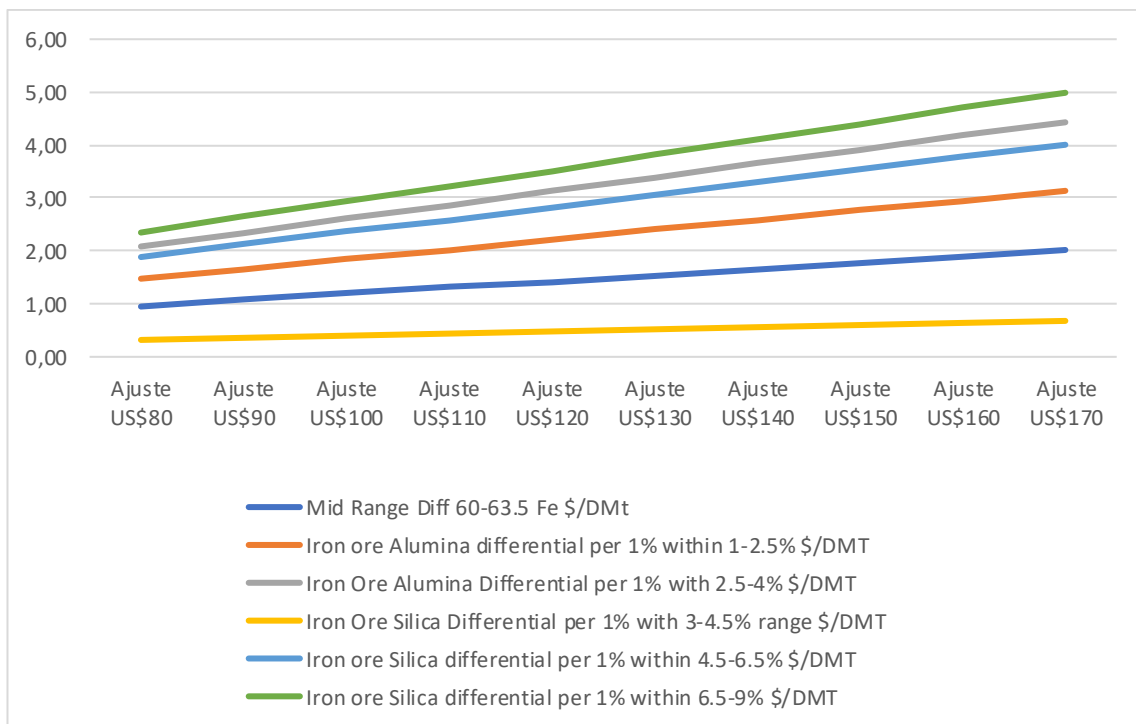
Tabela 10 - índices diferenciais de preço para o minério de ferro considerados para o ano de 2023, após ajuste linear de acordo com a faixa do *Platts*

	Mid Range Diff 60-63.5 Fe \$/DMt	Iron ore Alumina differential per 1% within 1-2.5% \$/DMT	Iron Ore Alumina Differential per 1% with 2.5-4% \$/DMT	Iron Ore Silica Differential per 1% with 3-4.5% range \$/DMT	Iron ore Silica differential per 1% within 4.5-6.5% \$/DMT	Iron ore Silica differential per 1% within 6.5-9% \$/DMT
<b>Faixa do Platts</b>						
Ajuste US\$80	0,95	1,48	2,08	0,32	1,89	2,35
Ajuste US\$90	1,07	1,66	2,35	0,36	2,12	2,64
Ajuste US\$100	1,19	1,84	2,61	0,40	2,36	2,93
Ajuste US\$110	1,31	2,03	2,87	0,44	2,59	3,23
Ajuste US\$120	1,42	2,21	3,13	0,48	2,83	3,52
Ajuste US\$130	1,54	2,40	3,39	0,52	3,06	3,81
Ajuste US\$140	1,66	2,58	3,65	0,56	3,30	4,11
Ajuste US\$150	1,78	2,77	3,91	0,60	3,53	4,40
Ajuste US\$160	1,90	2,95	4,17	0,64	3,77	4,69
Ajuste US\$170	2,02	3,14	4,43	0,68	4,01	4,99

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Com o Gráfico 4, é possível perceber que na projeção considerada para o ano de 2023 o desconto para a faixa maior de sílica (6.5-9%) e para a faixa superior de alumina (2.5-4%). Para o cenário mais extremo, de US\$ 170,00, os índices chegam a US\$4,99/DMT e US\$4,43/DMT para as faixas mais críticas da sílica e alumina, respectivamente. Como este valor se refere ao diferencial percentual, fica evidente a importância de se trabalhar a qualidade para entrega dos materiais.

Gráfico 4 - Evolução dos índices diferenciais de preço a partir da influência do *Platts*



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

É importante ressaltar que as médias de índices apresentadas para os anos de 2021 e 2022 são baseadas em valores retroativos, mas que não necessariamente representam todas as negociações realizadas no período. Os índices trazem uma referência de desconto no preço do minério, e em cada negociação de preço pode ser considerado um índice diferente para precificação do minério. Também é importante salientar que os ajustes percentuais apresentados no Gráfico 4 são uma projeção para o ano de 2023, a fim de possibilitar os descontos percentuais às diferentes faixas de preço de minério estudadas em cada cenário.

## 5.2. VIABILIDADE DA VENDA DE *PELLET FEED*

Inicialmente, ao considerar as tarifas, parâmetros de qualidade e indicadores diferenciais de preço atribuídos, a análise da precificação do minério tipo pellet feed resultou em margens líquidas variando de US\$ -20,22 a US\$ 62,28, comparando dois extremos com o pior dos cenários com o *Platts* a US\$ 80,00 e o melhor dos cenários com o *Platts* a US\$ 170,00, respectivamente. Entre os 10 cenários analisados, o cenário IV (US\$110,00) foi o primeiro a apresentar viabilidade para o *pellet feed* das quatro origens, conforme indicado na Tabela 11.

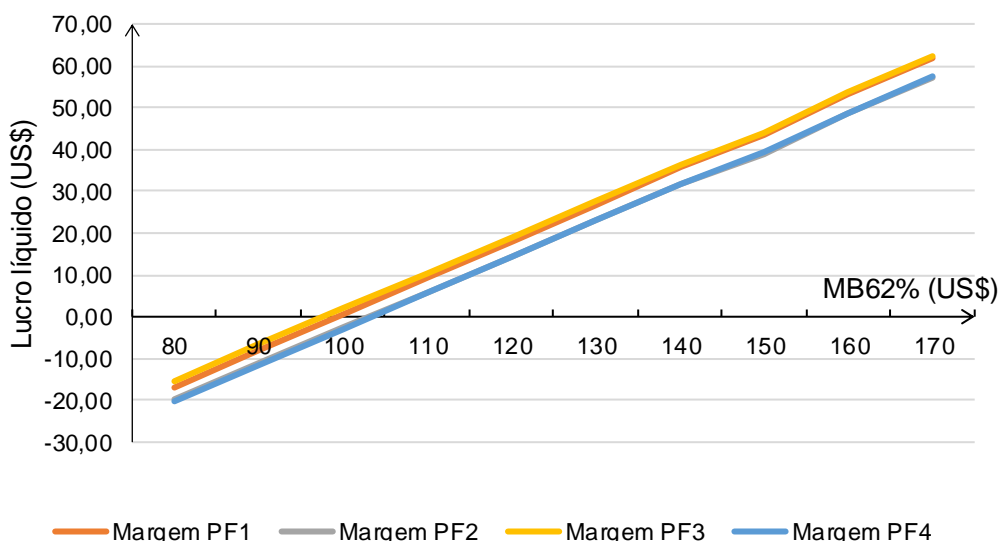
Tabela 11 - Rentabilidade da venda do *pellet feed* de acordo com cenário simulado

CENÁRIO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
<b>MB 62% (US\$)</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>
<b>Margem PF1</b>	<b>-16,94</b>	<b>-8,17</b>	<b>0,61</b>	<b>9,31</b>	<b>18,09</b>	<b>26,86</b>	<b>35,56</b>	<b>43,35</b>	<b>53,04</b>	<b>61,82</b>
<b>Margem PF2</b>	<b>-19,74</b>	<b>-11,17</b>	<b>-2,60</b>	<b>5,89</b>	<b>14,46</b>	<b>23,02</b>	<b>31,51</b>	<b>39,09</b>	<b>48,57</b>	<b>57,14</b>
<b>Margem PF3</b>	<b>-15,43</b>	<b>-6,77</b>	<b>1,89</b>	<b>10,48</b>	<b>19,14</b>	<b>27,80</b>	<b>36,38</b>	<b>44,05</b>	<b>53,62</b>	<b>62,28</b>
<b>Margem PF4</b>	<b>-20,22</b>	<b>-11,57</b>	<b>-2,91</b>	<b>5,67</b>	<b>14,33</b>	<b>22,99</b>	<b>31,57</b>	<b>39,24</b>	<b>48,81</b>	<b>57,47</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O resultado da simulação com os preços de pellet feed demonstra que, apesar de serem considerados os minérios de 4 origens diferentes, nesta simulação a curva de evolução mostrou-se visualmente semelhante entre os 4 materiais, conforme o Gráfico 5. Isso se deve ao fato de que para os quatro materiais apenas a variável MB62% foi alterada entre cada cenário; as demais variáveis como índices diferenciais de preço foram mantidas.

Gráfico 5 - Curva de margem de lucro líquida para *Pellet Feed*



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Nota-se no gráfico que existem pontos evidentes de flexão nas curvas para os quatro materiais, em especial nos cenários que consideram o *Platts* MB62% a US\$ 90,00 e US\$ 150,00. Estes pontos de flexão se devem ao fato de que há um acréscimo na taxa de operação do terminal ferroviário que varia de acordo com o *Platts* vigente, conforme mencionado na Tabela 4.



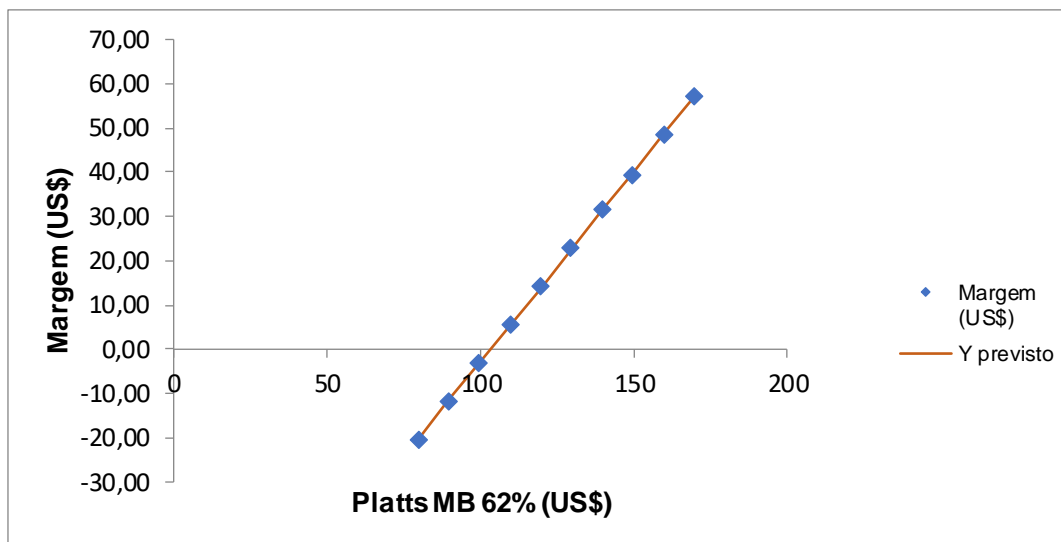
Analisando as projeções para os quatro cenários do material *pellet feed*, percebe-se que para o material PF4 há uma precificação mais conservadora em termos de avaliação de custos e viabilidade. Dentro dos quatro materiais considerados, é o que precisa do maior preço MB62% para que seja considerado viável. Por outro lado, o PF1 possui uma margem que se mostra viável com um preço MB62% menor, na casa dos US\$ 100,00. É importante salientar que o PF1 e o PF4 possuem preços de compra do minério semelhantes (R\$228,00 para PF1, contra 229,74 para PF2), porém a viabilidade dos dois materiais é diferente, sendo bastante sensível no cenário onde o *Platts* MB62% está na casa dos US\$100,00. Com o *Platts* a US\$110,00 há a viabilidade para ambos os materiais, porém a margem em dólar permanece maior para o material PF1.

Essa diferença de rentabilidade entre os dois materiais se deve à qualidade garantida diferente nos dois casos, principalmente relacionada com o teor de ferro entre os dois materiais, que é maior no material PF1. O frete rodoviário também tem um impacto expressivo na margem líquida final dos dois materiais. Enquanto o PF1 tem um custo de R\$ 13,68 para ser entregue no terminal, o material PF2 tem um custo de R\$ 24,06, conforme Tabela 1.

#### 5.2.1. Limite de viabilidade do *pellet feed*

Dentro das condições apresentadas para o estudo dos dez cenários principais, foi notado que no cenário IV o *pellet feed* dos 4 parceiros apresentada condições favoráveis para venda ao mercado externo, apresentando margem de lucro. Para o estudo do limite da viabilidade de preço do *pellet feed*, a regressão linear das margens apresentadas nos dez cenários retornou que o  $y=0$  da reta é o ponto onde o *Platts* corresponde a US\$ 103,44. A construção da reta de regressão bem como o destaque do ponto em  $x$  onde  $y=0$  podem ser vistos abaixo. Adiante, está representada a reta de regressão que indica o limite de viabilidade para o Pellet Feed PF4.

Gráfico 6 - Limite de viabilidade do PF4



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Interpretando o gráfico acima, é possível dizer que nas condições estipuladas para as análises dos 10 cenários para o PF4, a venda é favorável para valores superiores a US\$ 103,44, o que é chamado de fronteira *break-even* para venda do minério. Isso significa que nas condições trabalhadas, o minério pode ser negociado em preços maiores que US\$ 103,44. Quando o preço atinge esse patamar ou inferiores, a negociação não é mais favorável, o que implica que para retomar a viabilidade as condições das demais variáveis que influenciam o preço devem ser reavaliadas. Foi considerado apenas o PF4 nesta regressão porque entre os quatro materiais, o do parceiro IV foi o que apresentou as condições mais estritas de viabilidade. É importante ressaltar que essa análise considera apenas a análise da variável *Platts MB62%* alterando ao longo dos cenários, enquanto em condições normais de mercado, todas as variáveis se alteram simultaneamente.

### 5.3. VIABILIDADE DA VENDA DE SINTER FEED

Para o material *sinter feed* a análise considerando os cenários com o mesmo valor de *Platts MB62%* resultou em 10 cenários onde a viabilidade dos 4 materiais só foi alcançada no cenário V, como é possível observar na tabela abaixo. No cenário IV apenas o material SF2 não apresentou uma margem positiva, fechando em US\$ -0,43. Assim como nas análises anteriores, apenas a variável MB62% foi alterada entre os 10 cenários.

Tabela 12 - Rentabilidade da venda do *sinter feed* de acordo com cenário simulado

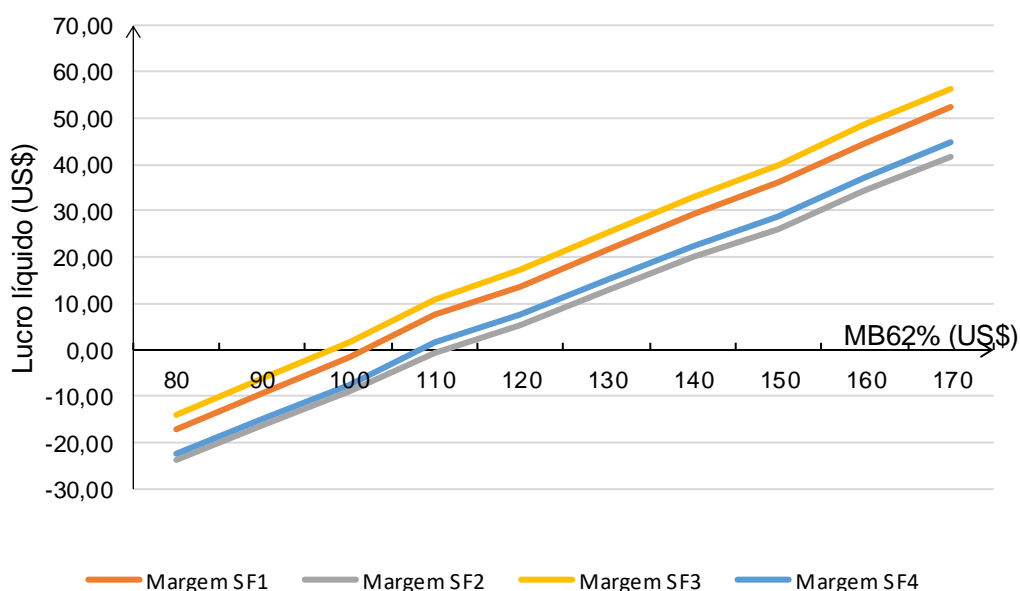
CENÁRIO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
<b>MB 62% (US\$)</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>
Margem SF1	-17,11	-9,36	-1,61	7,55	13,81	21,56	29,23	35,98	44,65	52,39
Margem SF2	-23,71	-16,42	-9,13	-0,43	5,37	12,65	19,86	26,16	34,36	41,65
Margem SF3	-14,00	-6,16	1,67	10,92	17,26	25,10	32,86	39,70	48,45	56,28
Margem SF4	-22,36	-14,88	-7,39	1,51	7,51	15,00	22,41	28,90	37,31	44,79

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O gráfico resultante das margens dos quatro materiais é visto abaixo, onde temos as quatro curvas de viabilidade de preço, para o caso específico analisado. Assim como no contexto do material pellet feed analisado anteriormente, as curvas para *sinter feed* tem padrão semelhante de crescimento, porém existem alguns pontos chave em relação ao comportamento das curvas.

No gráfico abaixo é possível perceber alguns pontos de flexão da curva. Essas alterações acontecem principalmente em virtude da taxa de operação do terminal ferroviário, que é dinâmica e de acordo com a faixa de preço do Platts MB 62%. O frete rodoviário também tem valores diferentes para cada parceiro comercial, o que acaba influenciando na distinção entre as margens dos quatro materiais. Esses fatores influenciam o preço do minério assim como no caso anterior, porém o *sinter feed* é um material de menor valor agregado, o que faz com que influências de preço semelhantes tenham um efeito mais perceptível no segundo caso.

Gráfico 7 - Curva de margem líquida para *Sinter Feed*

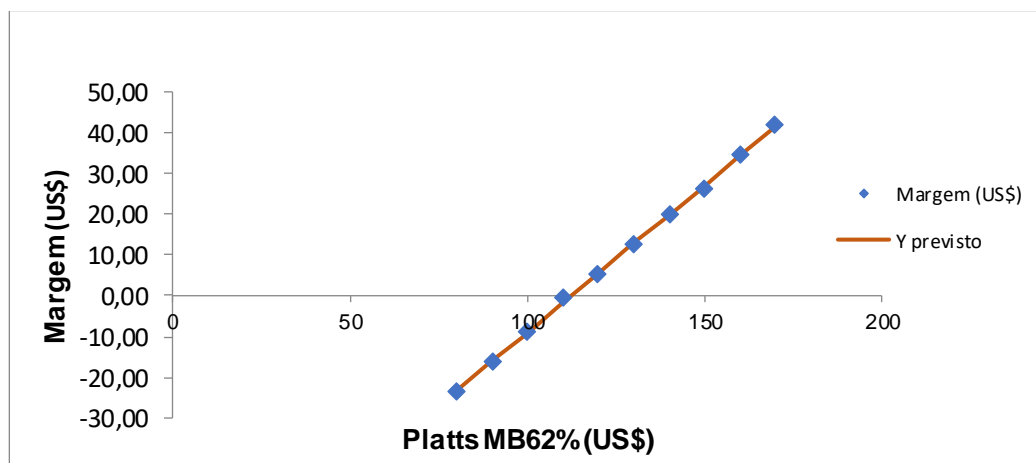


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

### 5.3.1. Limite de viabilidade do *sinter feed*

Assim como no caso anterior, os dez cenários mostraram que no cenário V o *sinter feed* nas condições apresentadas demonstrava viabilidade econômica, com margens positivas. Todavia, a curva de margem de lucro gerada tem um ponto onde a margem de lucro se iguala ao valor zero. Como descrito na situação anterior para o pellet feed, a regressão linear simples possibilitou determinar a fronteira *break-even* para a viabilidade do SF2, onde a lucratividade zero foi encontrada com o *Platts MB62%* a US\$112,45. Os pontos que possibilitam a construção da reta de regressão, bem como o zero da função podem ser observados abaixo. Adiante, visualiza-se o gráfico que indica o limite de viabilidade do SF2, em processo semelhante ao realizado para o PF4 anteriormente.

Gráfico 8 - Limite de viabilidade do SF2



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

## 5.4. RENTABILIDADE DO MINÉRIO DIANTE SIMULAÇÃO DE DESVIOS DE QUALIDADE

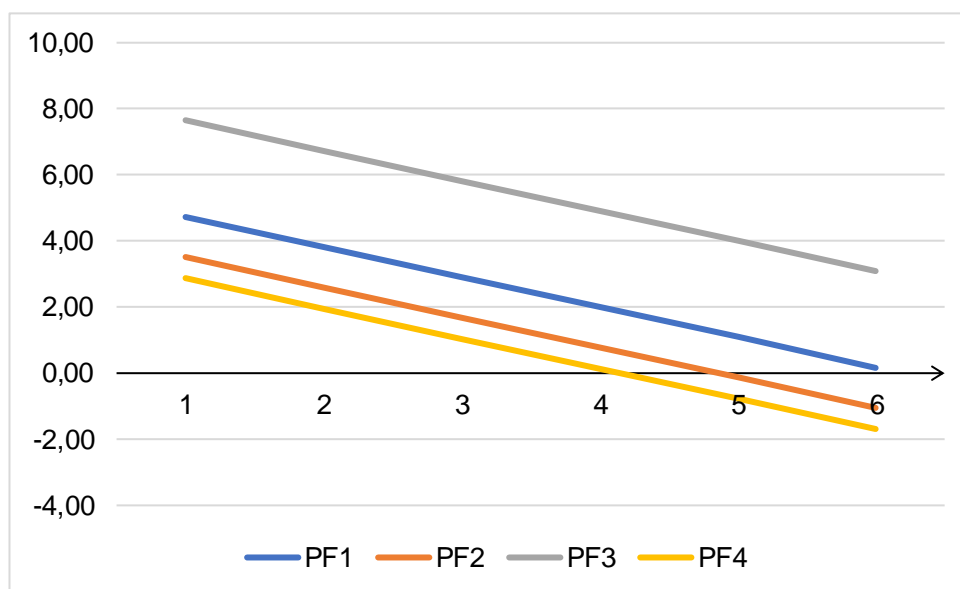
Após a simulação dos seis cenários com a variável MB62% fixada em US\$ 107,40 com a mudança percentual da alumina, foram obtidas as curvas de margem de rentabilidade para os materiais *pellet feed* e *sínter feed*. Para o *pellet feed*, produto de maior valor agregado, todos os 4 materiais mostraram-se rentáveis até o quarto cenário, que considerou um desvio de 3% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> acima da qualidade original do produto, como podem ser vistos na Tabela 13 abaixo. A partir do quinto cenário apenas os produtos PF1 e PF3 mantiveram-se viáveis.

Tabela 13 - Margem de rentabilidade do pellet feed de acordo com o desvio percentual em Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

CENÁRIO	I	II	III	IV	V	VI
Desvio Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+0%	+1%	+2%	+3%	+4%	+5%
PF1 (US\$)	4,73	3,81	2,90	1,99	1,07	0,16
PF2 (US\$)	3,52	2,60	1,69	0,78	-0,14	-1,05
PF3 (US\$)	7,65	6,74	5,83	4,92	4,00	3,09
PF4 (US\$)	2,88	1,96	1,05	0,14	-0,78	-1,69

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Gráfico 9 - Margem de rentabilidade em US\$ conforme avanço percentual do teor de AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para o Pellet Feed



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para o *sínter feed*, produto de qualidade levemente inferior, dois dos materiais, SF2 e SF4, já não se mostravam viáveis financeiramente no primeiro cenário. Os materiais SF1 e SF3 se mostraram viáveis até a execução do terceiro cenário (com um desvio de +2% de sílica), porém não se mostraram mais rentáveis a partir do quarto cenário, como mostra o Gráfico 10 abaixo. Vale ressaltar que a

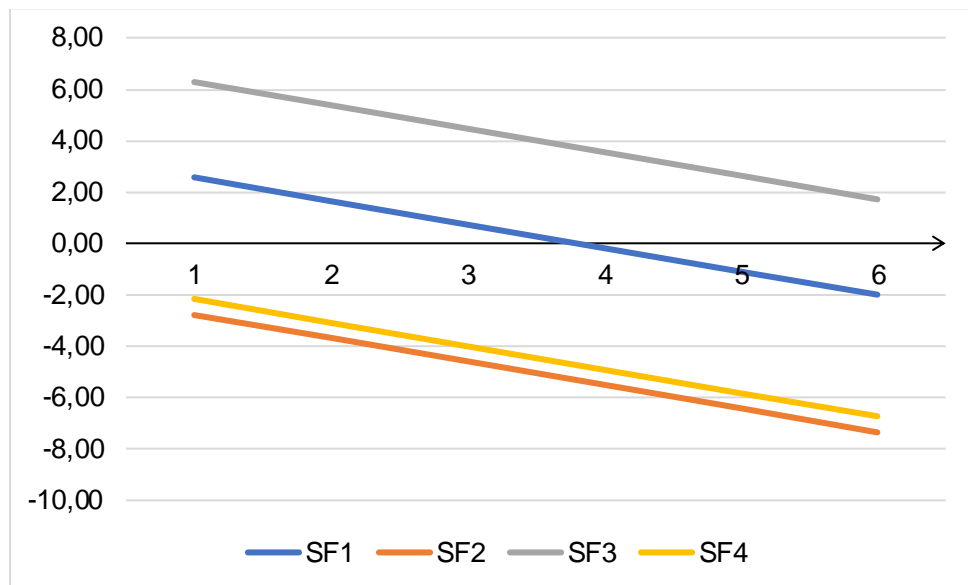
simulação manteve fixo o valor da variável MB62% apenas para fins de simulação, e que em situações reais, diversas variáveis podem se alterar simultaneamente.

Tabela 14 - Margem de rentabilidade do *sinter feed* de acordo com o desvio percentual em  $Al_2O_3$

CENÁRIO	I	II	III	IV	V	VI
Desvio $Al_2O_3$	+0%	+1%	+2%	+3%	+4%	+5%
SF1 (US\$)	2,57	1,65	0,74	-0,17	-1,09	-2,00
SF2 (US\$)	-2,79	-3,71	-4,62	-5,53	-6,44	-7,36
SF3 (US\$)	6,27	5,36	4,45	3,53	2,62	1,71
SF4 (US\$)	-2,16	-3,08	-3,99	-4,90	-5,82	-6,73

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Gráfico 10 - Margem de rentabilidade em US\$ conforme avanço percentual do teor de  $Al_2O_3$  para o *Sinter Feed*



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

## 6. CONCLUSÃO

Ao fim de todas as discussões, pode-se concluir alguns pontos-chave sobre a ferramenta de precificação de minério de ferro, bem como sobre o mercado de venda de minério de ferro em geral. Os índices diferenciais de preço são fatores determinantes para a viabilidade da venda de minério de ferro. Determinados por vários fatores de mercado, os índices servem como orientação para uma precificação condizente com a realidade de oferta e demanda de minério, dentro das condições de cada período. No ano de 2021 o minério de ferro apresentou as maiores altas de preço dos últimos dez anos, e os índices diferenciais de preço também acompanharam essa alta. Na prática, desvios maiores tinham como consequência impactos maiores no preço final. Apesar disso, em virtude dos altos preços de 2021 combinado à alta do dólar a exportação de minério era financeiramente vantajoso. É importante salientar que para 2023 a projeção utilizada não deve ser tomada como orientação para aplicações reais, uma vez que projeções de preço sensíveis como essas carecem de toda uma equipe de mercado especializada em análise de preços, indicadores, entre outros. O objetivo de considerar os índices diferenciais de preço se mostra trivial nas faixas de *Platts MB62%* mais próximas da fronteira break-even, onde pequenas alterações são determinantes da viabilidade da venda.

Para o pellet feed conclui-se que a precificação de minério de ferro para exportação é viável com o *Platts MB62%* a partir de US\$ 103,44, que marca a fronteira break-even para a precificação do pellet feed. O preço final da oferta do minério não foi apresentado, porém deve ser baseado no item “BRL - DAP TCM” presente na ferramenta de precificação. As margens de lucro ou de manutenção de mercado adicionais são itens negociados diferentemente em cada empresa, de acordo com a estratégia de mercado escolhida. O que deve ser considerado é que para a condição de *Platts MB62%* dada, o preço possível deve cobrir todas as despesas operacionais da venda do minério, incluindo os custos de produção do material ou de compra, como no caso exemplo. As mesmas conclusões sobre o processo de precificação também podem ser espelhadas ao material *sínter feed*, considerando que neste segundo caso o MB 62% mínimo foi de US\$ 112,45.

Quando há a comparação entre os materiais *sínter feed* e pellet feed dos 4 parceiros, é possível concluir que em todos os casos, o pellet feed é um material que

se mostra viável com mais facilidade, justamente em virtude de suas especificações. Com as condições de mercado utilizadas na avaliação, o PF4 apresentou o comportamento mais conservador, que numa situação real pode ser exemplificada por uma condição de logística ou disponibilidade de material mais complexa. A conclusão se reforça ao se analisar as condições do material PF4, que possui um dos maiores fretes rodoviários (R\$24,06) e um dos maiores custos de compra (R\$229,74) atribuídos. Para o SF2 também é observado um maior conservadorismo na precificação, visto que a rentabilidade do material é percebida de forma mais segura apenas em valores próximos aos US\$ 120,00. A condição do item pode ser justificada pelo valor do frete rodoviário de R\$ 13,88/t e principalmente pela especificação do produto SF2, que apresenta o menor teor de ferro e o maior teor de sílica entre os quatro tipos de *sínter feed* comparados.

Os cenários que simularam desvios de  $Al_2O_3$  mostraram que o material pellet feed dos 4 parceiros apresentou viabilidade financeira até o cenário IV, com um desvio positivo de 3% de  $Al_2O_3$ . A partir do cenário V, com um desvio de 4% na alumina, apenas os materiais PF2 e PF4 apresentaram viabilidade. Para o *sínter feed*, dentro das condições apresentadas, a precificação não apresentou rentabilidade para os materiais SF2 e SF4 logo no primeiro cenário, que considerou um *Platts MB 62%* de US\$ 107,40. Os materiais SF1 e SF3 mostraram-se viáveis financeiramente até o cenário III, com um desvio positivo de 2% na alumina. Vale ressaltar que em situações reais há diversas saídas no meio operacional para lidar com desvios de qualidade, de forma que os desvios não prejudiquem o produto final. Neste caso, a blendagem dos diferentes produtos pode ser uma solução para adequação das especificações do minério de ferro àquelas firmadas no contrato de venda do minério.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Mineração (ANM). (2023). *Anuário Mineral Brasileiro - Principais Substâncias Metálicas*. Acesso em 22 de abril de 2023, disponível em <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/PreviaAMB2022.pdf>

Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES). (2017). *FERROVIAS DE CARGA BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE SETORIAL*. Acesso em 15 de abril de 2023, disponível em [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14136/2/BNDES-Setorial-46\\_Ferrovias\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14136/2/BNDES-Setorial-46_Ferrovias_P.pdf)

Cantisano, G. M. (2012). Impacto da variabilidade do preço transoceânico de minério de ferro nos projetos da cadeia logística: uma abordagem pela simulação estocástica. *Pontifícia Universidade Católica*. . Rio de Janeiro.

Carvalho, V. V. (2017). *MERCADO INTERNACIONAL DE FERRO*. Ouro Preto. Fonte: [https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/810/1/MONOGRAFIA\\_MercadoInternacionalMin%C3%A9rio.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/810/1/MONOGRAFIA_MercadoInternacionalMin%C3%A9rio.pdf)

National Minerals Information Center. (20 de 01 de 2023). *Iron Ore Statistics and Information*. Acesso em 20 de 03 de 2023, disponível em United States Geological Survey: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/iron-ore-statistics-and-information>

Governo Federal. *Balança Comercial Brasileira*. Acesso em 15 de 04 de 2023, disponível em Secretaria de Comércio Exterior - SECEX: [https://balanca.economia.gov.br/balanca/pg\\_principal\\_bc/principais\\_resultados.html](https://balanca.economia.gov.br/balanca/pg_principal_bc/principais_resultados.html)

Governo Federal. (2022). *PNL 2025 - Plano Nacional de Logística*. Acesso em 15 de 04 de 2023, disponível em <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/PIT/politica-e-planejamento/publicacoes/pnl2025.pdf>

Sánchez, A. (2015). *Aproximación al Mercado de Futuros Sobre Materias Primas. Desarrollo de un Caso práctico de Cobertura en el Mercado de Futuros del Latón*. Madrid: Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Pontificia ICAI Comillas Madrid.

Santos, R. C. (04 de 2021). CONTRIBUIÇÃO DO SETOR MINERAL NO PRODUTO INTERNO. *RADAR*, pp. 34-35. doi:<http://dx.doi.org/10.38116/radar65art6>

SILVA, L. M. (2018). PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO PARA EXPORTAÇÃO: RELEVÂNCIA PARA INSERÇÃO NO MERCADO INTERNACIONAL. João Pessoa. Fonte: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/20397/1/TCC%20LETICIA%20MONTEIRO%20SILVA%20-%20APROVADO%20-%202011412956.pdf>

Sua, C.-W. (2017). Do iron ore price bubbles occur? *Elsevier*, pp. 340-346. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.08.003>

TAKEHARA, L. (2004). Caracterização geometalúrgica dos principais minérios de ferro brasileiros - fração sinter feed. *Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)*, 372. Porto Alegre: Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências.

United Nations Commodity Trade - UNCOMTRADE. (10 de 01 de 2023). *Trade Data*. Acesso em 10 de 04 de 2023, disponível em <https://comtrade.un.org/>

DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA S. A., E. Plano Nacional de Logística PNL 2025. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/PIT/politica-e-planejamento/publicacoes/pnl2025.pdf>>. Acesso em: 1 maio. 2023.

SIMULADOR TARIFÁRIO - MRS 2024.XLSX — AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT. DISPONÍVEL EM: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/concessoes-ferroviarias/mrs-logistica-s-a/tarifas/simulador-tarifario-mrs-2024.xlsx/view>>. Acesso em: 3 maio. 2023.