

**INSTITUTO BRASILIENSE DE DIREITO PÚBLICO – IDP  
ESCOLA DE DIREITO E ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA – EDAP  
GRADUAÇÃO EM DIREITO**

**VIVIANE REIS PONTES**

**O PROCESSO DE PELOTIZAÇÃO DO MINÉRIO DE FERRO COMO HIPÓTESE  
DE CONSUMO NA SISTEMÁTICA DE COBRANÇA DA CFEM**

**BRASÍLIA  
JULHO 2020**

**VIVIANE REIS PONTES**

**O PROCESSO DE PELOTIZAÇÃO DO MINÉRIO DE FERRO COMO HIPÓTESE  
DE CONSUMO NA SISTEMÁTICA DE COBRANÇA DA CFEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito para a conclusão do curso de Direito e obtenção do título de bacharela em Direito da Escola de Direito de Brasília – EDAP/IDP.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Estrela Borges

**BRASÍLIA  
JULHO 2020**

**VIVIANE REIS PONTES**

**O PROCESSO DE PELOTIZAÇÃO DO MINÉRIO DE FERRO COMO HIPÓTESE  
DE CONSUMO NA SISTEMÁTICA DE COBRANÇA DA CFEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito para a conclusão do curso de Direito e obtenção do título de bacharela em Direito da Escola de Direito de Brasília – EDAP/IDP.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Estrela Borges

Brasília-DF, 13 de julho de 2020.

---

Prof. Dr. Leonardo Estrela Borges  
Professor Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Me. Janete Ricken Lopes de Barros  
Membro da Banca Examinadora

---

Prof<sup>a</sup>. Me. Onízia de Miranda Aguiar Pignataro  
Membro da Banca Examinadora

# O PROCESSO DE PELOTIZAÇÃO DO MINÉRIO DE FERRO COMO HIPÓTESE DE CONSUMO NA SISTEMÁTICA DE COBRANÇA DA CFEM

## THE IRON ORE PELLETIZATION PROCESS AS A CONSUMPTION HYPOTHESIS IN THE CFEM COLLECTION SYSTEM

Viviane Reis Pontes

**SUMÁRIO:** Introdução; 1. A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais e a Constituição Federal; 1.1. A natureza jurídica da CFEM; 1.2. A titularidade do bem sobre o qual recai a exação e as limitações constitucionais impostas à cobrança da CFEM; 2. A legislação infraconstitucional e o processo de pelletização; 2.1. A legislação infraconstitucional anterior à reforma de 2017; 2.1.1. A pelletização como hipótese de consumo da substância mineral; 2.1.2. A viabilidade de se afastar a classificação dada à pelletização se constatada a sua ficção jurídica; 2.2. A reforma legislativa de 2017 e a capacidade de o processo de pelletização antecipar o critério temporal da hipótese de incidência da CFEM sob o novo regramento; 3. Considerações Finais; Referências; Anexo.

### RESUMO

Este artigo almeja entender em que medida a classificação legal do processo de pelletização do minério de ferro como uma etapa de beneficiamento é congruente com a realidade e, em sendo uma ficção jurídica, por se caracterizar como caso de consumo, qual a capacidade este processo teria de antecipar o critério temporal da hipótese de incidência da Compensação Financeira pela Exploração de Recurso Mineral (CFEM) – os royalties do minério. De início, são apresentadas as principais características desta exação, explorando sua natureza jurídica, as limitações constitucionais ao critério material e temporal da sua hipótese de incidência, bem como a titularidade do bem sobre o qual ela recai. Em seguida, busca-se contextualizar o processo de pelletização na sistemática de cobrança da CFEM, antes e após sua reforma pela Lei nº 13.540/2017. Por fim, conclui-se que, em razão da incongruência da definição normativa com a realidade e das limitações constitucionais impostas ao legislador, a eleição da classe do processo como beneficiamento ou consumo não é uma faculdade sua e, demonstrada a transformação da matéria-prima em outra espécie, deve haver a antecipação do critério temporal da hipótese de incidência da CFEM.

**Palavras-chave:** Direito Minerário. Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). Pelotização do minério de ferro. Consumo do minério.

## ABSTRACT

This paper aims to understand to what extent the legal classification of the iron ore pelletizing process as a beneficiation stage is congruent with reality. Thus, being it a legal fiction due to its characterization as a case of ore consumption, what capacity would this process have to anticipate the temporal criterion of the Financial Compensation for the Exploration of Mineral Resources (CFEM) – the mineral royalties – triggering event? Initially, the main features of CFEM are presented, exploring its legal nature, the constitutional limitations to the material and temporal criterion for the triggering events, as well as the ownership of the asset on which the exaction is levied. Then, the pelletizing process is contextualized in the CFEM collection system, before and after its reform by Law No. 13,540/2017. Finally, it is concluded that the classification of the pelletizing process as a beneficiation or a consumption stage is not a discretion for the legislator, for it has constitutional limits. Therefore, the temporal criterion of the CFEM triggering event should be anticipated if technical reports prove the transformation of the feedstock into a different product, for the normative definition is inconsistent with reality.

**Keywords:** Mining Law. Brazilian Financial Compensation by Exploration of Mineral Resources (CFEM). Iron ore pelletizing. Ore consumption.

## INTRODUÇÃO

O presente estudo surge dos diversos questionamentos levados ao contencioso judicial e administrativo acerca da constitucionalidade e da legalidade da sistemática de cobrança da Compensação Financeira pela Extração do Produto Mineral (CFEM), instituída pela Lei nº 7.990/1989 e regulamentada pela Lei nº 8.001/1990 e pelo Decreto nº 01/1991.

Em meados de 2017 o Governo Federal apresentou o Programa de Revitalização da Indústria Mineral Brasileira, por meio do qual trouxe significativas mudanças para o setor da mineração nacional com a edição de três medidas provisórias, das quais uma merece destaque por ter alterado o texto das supracitadas Leis Federais: a Medida Provisória (MP) nº 789, de 25 de julho de 2017.

Acerca do cenário de instabilidade jurídica que permeia a cobrança de CFEM, releva notar que ele foi reconhecido pela própria exposição de motivos da MP nº 789 como um dos motivos ensejadores da reforma da cobrança que ela propunha apresentar:

A legislação referente a CFEM revela-se, contudo, ao longo de quase três décadas de vigência, portadora de defeitos que embaraçam sua boa execução prática e regular gestão, a necessitarem, por isso mesmo, de saneamento. Algumas dessas deficiências, observe-se, deram ensejo a múltiplos questionamentos judiciais – inclusive no tocante à própria natureza jurídica do instituto –, que tornaram vulnerável a implementação dos textos legais específicos, comprometendo a realização efetiva do potencial de arrecadação da compensação, causando interrupções no fluxo arrecadatório normal e elevando o grau de incerteza com que passaram a conviver os beneficiários de sua receita.<sup>1</sup>

Em que pese a referida MP tenha passado por diversas modificações em seu texto, realizadas pelo Congresso Nacional até sua conversão na Lei nº 13.540/2017, é certo que a partir dela consolidou-se um novo marco para a estrutura de incidência da CFEM.

Não obstante a reforma havida em 2017, diversas são as críticas que ainda circundam a referida cobrança, a qual envolve interesses de grande repercussão econômica tanto para o contribuinte quanto para a Fazenda Pública e os entes federados, mormente porquanto ela teria o potencial de elevar a arrecadação anual de CFEM em aproximadamente 80% (oitenta por cento)<sup>2</sup>, fosse pela alteração das hipóteses de incidência, das bases de cálculo e das alíquotas para a maior parte das substâncias minerais, ou fosse pela melhoria da eficiência no processo arrecadatório dela advinda.

A pelota é o resultado do complexo processo de queima de aglomerados esféricos, de diâmetro entre 8 e 18mm, compostos principalmente de partículas ultrafinas de minério de ferro, usadas sobretudo para a produção do aço, como será melhor detalhado ao longo deste artigo.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> BRASIL. **Exposição de Motivos da Medida Provisória nº 789, de 26 de julho de 2017**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Exm/Exm-MP-789-17.pdf](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Exm/Exm-MP-789-17.pdf). Acesso em: 28 maio de 2020, n. p.

<sup>2</sup> Ibidem.

<sup>3</sup> VALE S/A. **Formulário 20-F**: para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2019. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/investors/services-investor/investors-kit/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 09 de junho de 2020, p. 192.

Em 2019 este minério, em todas as suas formas, chegou a representar 78% (setenta e oito por cento) da arrecadação de CFEM para o ano<sup>4</sup>, o que pode sofrer significativas variações entre um período e outro, inclusive em razão do preço das *commodities* no mercado internacional. Para o mesmo período, a pelota de ferro representou 15,8% das receitas operacionais líquidas da Vale S/A<sup>5</sup>, empresa esta que recentemente perdeu seu posto de maior produtora global de minério de ferro para a anglo-australiana Rio Tinto.<sup>6</sup>

Diante deste contexto, os problemas de pesquisa enfrentados neste artigo envolvem questionamentos específicos acerca da constitucionalidade e da legalidade de se fazer incidir a CFEM sobre os gastos com o processo de pelotização do minério de ferro, tendo em vista que, quando da mencionada reforma legislativa, “especial consideração foi dada ao minério de ferro, em face da sua importância na balança comercial brasileira e do seu peso extraordinário na composição do Valor da Produção Mineral do País”<sup>7</sup>, conforme disposto na própria exposição de motivos da MP nº 789.

Assim, o problema que este trabalho se propõe a responder é em que medida pode o Congresso Nacional, por meio de lei, equiparar a pelotização ao processo de beneficiamento, se esta classificação se comprovar uma ficção jurídica por meio de laudos técnicos.

Questiona-se, portanto, se:

1. a Constituição Federal delimitou implicitamente o critério material e temporal da hipótese de incidência da CFEM quando de sua criação?

---

<sup>4</sup> BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Arrecadação da CFEM por substância: ano 2019**. Disponível em: [https:// sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/relatorios/arrecadacao\\_cfem\\_substancia.aspx](https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/relatorios/arrecadacao_cfem_substancia.aspx). Acesso em: 02 de junho de 2020, n. p.

<sup>5</sup> VALE S/A. Op. cit., p. 12.

<sup>6</sup> PIOVESANA, Matheus et al. Cotação internacional do minério de ferro sobe após paralização de complexo da Vale em Minas. **Jornal O Estado de São Paulo**. São Paulo, 08 de junho de 2020, às 13h09. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,cotacao-internacional-do-minerario-de-ferro-sobe-apos-paralisacao-de-complexo-da-vale-em-minas,70003328327>. Acesso em: 29 de junho de 2020, n. p.

<sup>7</sup> BRASIL. **Exposição de Motivos da Medida Provisória nº 789, de 26 de julho de 2017**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Exm/Exm-MP-789-17.pdf](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Exm/Exm-MP-789-17.pdf). Acesso em: 28 maio de 2020, n. p.

2. é constitucional a cobrança da CFEM sobre o valor dos produtos obtidos depois do beneficiamento de recursos minerais, quando houver descaracterização mineralógica?
3. há a descaracterização mineralógica típica dos processos de consumo e transformação industrial na pelotização do minério de ferro, segundo peritos de engenharia metalúrgica e a doutrina?
4. há discricionariedade para o legislador classificar o processo de pelotização como etapa de mero beneficiamento se comprovada a obtenção de uma nova espécie a partir desta operação?

Dessa forma, a hipótese de pesquisa é que a classificação do processo de pelotização como etapa de beneficiamento ou de consumo não é uma discricionariedade para o legislador, devendo ele se atentar às delimitações material e temporal da hipótese de incidência estabelecidas pela Constituição Federal<sup>8</sup> e à realidade fática, demonstrada por laudo técnico-científico. Assim, se comprovada a transformação da matéria-prima em outra espécie, a classificação expressa do processo de pelotização do minério como uma fase de mero beneficiamento ampliaria indevidamente os elementos que representam a fase de lavra do minério. Isto porque fixa o critério temporal da hipótese de incidência de modo a fazer incidir a CFEM sobre gastos dispendidos com um bem que pertence ao particular (o concessionário), descaracterizando a natureza jurídica patrimonial da exação.

Com o objetivo específico de responder às indagações acima elencadas, o trabalho está dividido em duas principais partes. De início, buscou-se trazer uma abordagem geral acerca da CFEM, a fim de apresentar qual é a aceção sobre a natureza jurídica mais aceita pela jurisprudência e pela doutrina, quais são as limitações constitucionais à cobrança desta exação e quem é o titular do bem sobre o qual hodiernamente recai a cobrança realizada pela Agência Nacional de Mineração (ANM).

Em um segundo momento, buscou-se contextualizar o processo de pelotização do minério de ferro na sistemática da CFEM, explorando as regras infraconstitucionais que condicionam a cobrança da exação, anterior e

---

<sup>8</sup> Neste sentido, veja art. 20, § 1º, e art. 176, caput e § 2º, da Constituição Federal.



posteriormente à reforma de 2017, com o intuito de revelar sua hipótese de incidência e, a partir daí, analisar a legitimidade da cobrança de CFEM sobre os gastos com o processo de pelotização.

Além de pesquisa legislativa, doutrinária e jurisprudencial sobre a CFEM e o processo de pelotização, este trabalho decorre do estudo da esquematização lógica da regra-matriz de incidência tributária proposta por Paulo de Barros Carvalho.<sup>9</sup> Sem pretender esgotar esta análise, a referida esquematização se fez um instrumento especialmente útil ao desenvolvimento do segundo capítulo, porque permitiu compor o sentido da norma de incidência a partir de dispositivos espalhados ao longo de vários diplomas normativos, inclusive de distintas hierarquias.

No entanto, apesar da relevância de diversas alterações normativas ocorridas em 2017, foi necessário delimitar o recorte temático deste artigo ao estudo dos critérios material e temporal da hipótese de incidência, os quais, juntamente com o critério territorial, formam o antecedente normativo da exação.

Importa, contudo, lembrar que, conquanto a jurisprudência e grande parte da doutrina rejeitem a classificação da CFEM como uma espécie tributária, como se verá ao longo deste artigo, tal metodologia, utilizada pelos tributaristas pátrios, é por certo um subsídio de grande valor para o estudo das normas que regem a CFEM. Neste sentido, inclusive, Paulo Roberto Coimbra Silva, já afirmara que:

Até mesmo a própria legislação da CFEM, a despeito de não se posicionar expressamente no que concerne a sua natureza jurídica e, *ipso iure*, ao seu regime jurídico, em diversas hipóteses recorreu à terminologia própria do Direito Tributário, ao utilizar, *e. g.*, as expressões “fato gerador” e “lançamento”.<sup>10</sup>

Por fim, releva notar que, dado o recorte temático e metodológico exposto, trata-se de assunto debatido por poucos autores na academia, mas de grande relevância econômico-científica, haja vista a complexidade do debate, que envolve

---

<sup>9</sup> CARVALHO, Paulo de Barros. **Curso de Direito Tributário**. 30ª ed. São Paulo: Saraiva, 2019, p. 268.

<sup>10</sup> SILVA, Paulo Roberto Coimbra. A CFEM à Luz da Teoria da Norma. In: SILVA, Paulo Roberto Coimbra. **Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais**: natureza jurídica e questões correlatas. São Paulo: Quartier Latin, 2010, p. 48.

conceitos de direito financeiro, tributário, constitucional e ambiental, bem como de engenharia metalúrgica. Vê-se, portanto, uma oportunidade para o aprofundamento acadêmico acerca do tema e sua possível divulgação para os setores interessados.

## **1. A COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS E A CONSTITUIÇÃO FEDERAL**

### **1.1. A NATUREZA JURÍDICA DA CFEM**

Para fins de compreensão inicial a respeito dos aspectos relacionados à cobrança da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) sobre os custos do processo de pelotização do minério de ferro, faz-se mister introduzir o presente estudo com uma análise sobre a natureza jurídica deste instituto, criado em 1989 já dentro do novo modelo estabelecido pela Constituição Federal de 1988.

A instituição da CFEM é fruto da interpretação do art. 20, inciso IX e § 1º, da Constituição Federal de 1988, o qual assegura aos entes federados, nos termos da lei, a participação no resultado da exploração mineral ou a respectiva compensação financeira pela atividade de exploração:

Art. 20. São bens da União:

(...)

IX - os recursos minerais, inclusive os do subsolo;

(...)

§ 1º É assegurada, nos termos da lei, à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração. (Nova redação pela Emenda Constitucional nº 102, de 2019) <sup>11</sup>

De natureza jurídica hoje menos controversa do que quando da sua instituição, a CFEM, sucessora do Imposto Único sobre Minerais (IUM), é definida por Pedro Ataíde da seguinte maneira:

---

<sup>11</sup> BRASIL. **Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm) Acesso em: 12 de março de 2020, n. p.

A CFEM é o royalty pago em virtude da realização da lavra mineral (exploração), cuja receita é repartida entre os entes federados. A natureza jurídica da exação foi objeto de controvérsia doutrinária. Carlos Luiz Ribeiro (2005, p.372-378) defende que a CFEM constitui tributo na modalidade imposto, sob o argumento de que a prestação é obrigatória por aquele que efetua a lavra mineral, não sendo vinculado à atividade estatal específica. Já Douglas Dias Vieira de Figueredo (2014, p. 96-97) defende que a CFEM representa tributo de espécie Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico, pois a exação incide sobre o produto da lavra (que é propriedade do titular dos direitos minerários, e não do Estado); de acordo com o autor, não é da espécie imposto em virtude da vinculação da receita, mas deve ser considerada como Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico, pois há o caráter extrafiscal (o Estado intervém na atividade minerária para a preservação ambiental). Contudo, o STF, no julgamento do Recurso Extraordinário nº 228.800, relatado pelo Ministro Sepúlveda Pertence, entendeu que a CFEM não constitui tributo, porque a prestação configura receita patrimonial, que decorre da exploração de bem público.<sup>12</sup>

Depreende-se do excerto acima transcrito, de Pedro Ataíde, que a natureza jurídica da CFEM fora já bastante debatida, não sendo objetivo deste artigo alongar-se neste tópico, que muito poderia render dada a riqueza dos estudos já publicados sobre o tema específico. Releva, contudo, trazer à lume que – principalmente no início de sua instituição – tanto parte da doutrina quanto dos Tribunais pátrios já entenderam a CFEM como tributo, das espécies imposto e contribuição de intervenção no domínio econômico, como receita originária, cujas espécies serão analisadas mais adiante, e até mesmo como indenização administrativa<sup>13</sup> ou ambiental<sup>14</sup>.

No entanto, a partir do julgamento do Recurso Extraordinário nº 228.800<sup>15</sup>, de relatoria do Ministro Sepúlveda Pertence, o Supremo Tribunal Federal (STF) fixou, ainda em 2001, o entendimento de que a CFEM não constitui tributo, sendo,

---

<sup>12</sup> ATAÍDE, Pedro. **Direito Minerário**. 2ª ed. Salvador: JusPodivm, 2019, pp.163-165.

<sup>13</sup> LEÃO, Jardel Meireles. A CFEM como Indenização Administrativa. In: SILVA, Paulo Roberto Coimbra. **Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerários**: natureza jurídica e questões correlatas. São Paulo: Quartier Latin, 2010, pp. 89 et seq.

<sup>14</sup> LEITE, Camila Moraes; MARLUCCI, Roberta Borella. A CFEM como Indenização Ambiental. In: SILVA, Paulo Roberto Coimbra. **Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerários**: natureza jurídica e questões correlatas. São Paulo: Quartier Latin, 2010, p. 103 et seq.

<sup>15</sup> BRASIL. Supremo Tribunal Federal (1ª Turma). **Recurso Extraordinário nº 228.800, Distrito Federal**. Recorrente: Mineração Taboca LTDA. Recorridos: União, Estado do Amazonas e Município de Presidente Figueiredo. Relator: Ministro Sepúlveda Pertence. Brasília-DF, 25 de setembro de 2001. Publicação no Diário de Justiça em 16 de novembro de 2001. Disponível em: <https://jurisprudencia.stf.jus.br/pages/search/sjur101401/false>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020, pp.485-486.

em verdade, receita patrimonial. Trata-se de uma espécie do gênero receita originária, decorrente da utilização do patrimônio público: o recurso mineral. Para tanto, em seu voto, ressaltou que a vontade do Constituinte resta evidenciada pela topografia da receita, disciplinada em parágrafo do art. 20, que trata dos bens da União (e não no capítulo dedicado ao sistema tributário nacional).

Pode-se concluir, ainda, que esta permanece sendo a inteligência dada pelo STF acerca da natureza jurídica da CFEM, haja vista tal precedente ter encontrado ressonância em julgados posteriores de ambas as Turmas da Corte Suprema<sup>16</sup>, bem como de seu Tribunal Pleno, este último no advento do recente julgamento da ADI nº 4.846/ES<sup>17</sup>, de relatoria do Ministro Edson Fachin, publicado em 18/02/2020. Consta em sua ementa que os “royalties possuem natureza jurídica de receita transferida não tributária de cunho originário emanada da exploração econômica do patrimônio público, afastada sua caracterização seja como tributo, seja como indenização”.<sup>18</sup>

Contudo, este ainda não é um assunto de todo pacificado pela doutrina e tampouco pela jurisprudência. Ao passo que os Tribunais Superiores se limitam a afirmar que a CFEM é uma receita patrimonial, conferindo-lhe, também, uma conceituação negativa (não é tributo e tampouco indenização), há discussão ainda de como classificá-la dentro da referida espécie de receitas públicas.

Atualmente, parte da doutrina e mesmo dos Tribunais pátrios entende que sua natureza jurídica é de uma receita patrimonial decorrente da exploração de recurso mineral, de propriedade da União, classificando-a, mais especificamente, na subespécie “preço público”. Aqueles que defendem esta tese alegam que a CFEM seria a remuneração do direito de aproveitamento de bem público ou, ainda, o preço

---

<sup>16</sup> Neste sentido, vide AI-AgR nº 453.025, de relatoria do Ministro Gilmar Mendes, 2ª Turma do Supremo Tribunal Federal, publicado no DJ em 09/06/2006, e AI-AgR 708.398, de relatoria da Ministra Carmen Lucia, 1ª Turma do Supremo Tribunal Federal, publicado no DJe em 01/03/2011.

<sup>17</sup> Nos autos da ADI nº 4.846/ES o STF analisou a constitucionalidade da imposição legal de repasse de parcela das receitas federais de CFEM transferidas aos Estados para os municípios integrantes da territorialidade do ente maior.

<sup>18</sup> BRASIL. Supremo Tribunal Federal (Tribunal Pleno). **Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 4.846, Espírito Santo**. Requerente: Governador do Estado do Espírito Santo. Interessado: Congresso Nacional e Presidente da República. Relator: Ministro Edson Fachin. Brasília-DF, 09 de outubro de 2019. Publicação no Diário de Justiça Eletrônico em: 18 de fevereiro de 2020. Disponível em: <https://jurisprudencia.stf.jus.br/pages/search/sjur419131/false>. Acesso em: 25 de maio de 2020, p. 1.

devido pela aquisição do próprio recurso mineral, decorrente de um acordo de vontades representado pelo título de direitos minerários, que garantiria a legitimidade do particular para adquirir o direito de propriedade dos recursos minerais extraídos.<sup>19</sup> Este é o posicionamento, por exemplo, da Agência Nacional de Mineração (ANM) – sucessora do extinto Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) por força da Lei nº 13.575/2017 –, de alguns julgados dos Tribunais Regionais Federais (TRFs), bem como de Fernando Facury Scaff.<sup>20 21</sup>

De outro lado, tal tese ainda recebe críticas do STJ<sup>22</sup> e do TRF da 1ª Região<sup>23</sup>, que já firmaram posicionamento contrário à sua classificação nesta subespécie, bem como críticas de doutrinadores como Paulo Honório de Castro Júnior e Tiago de Mattos Silva. De acordo com estes últimos, em obra conjunta dedicada à exaço, fosse a CFEM preço público, estaria afastada a hipótese de que a obrigação de recolhê-la tenha origem na lei, uma vez que o recolhimento não seria uma obrigação *ex lege*, mas sim *ex voluntate*. Ademais, para os autores, o fato de o minerador manifestar sua vontade de aproveitar economicamente recursos minerais não faria com que ele concordasse com a cobrança da CFEM, decorrente das Leis nº 7.990/1989 e 8.001/1990, ou ainda que pudesse emitir vontade válida capaz de

<sup>19</sup> Cf. CASTRO JÚNIOR, Paulo Honório de; SILVA, Tiago de Mattos. **CFEM**: Compensação Financeira por Exploração de Recursos Minerais. Belo Horizonte: D'Plácido, 2018, pp. 52-53.

<sup>20</sup> Neste sentido, vide: TRF-2 (AG 0004516-75.2017.4.02.0000, publicado em 05/06/2018), TRF-3 (AMS 0023525-10.2009.4.03.6100, publicado em 07/11/2016) e TRF-5 (APC 0801084-13.2015.4.05.8500, publicado em 28/09/2018).

<sup>21</sup> SCAFF, Fernando Facury. Atual prazo de decadência para cobrança da CFEM e dos royalties do petróleo é de 5 anos. **Revista Consultor Jurídico**, 09 de março de 2020, 8h00. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2020-mar-09/justica-tributaria-atual-prazo-decadencia-cobranca-cfeme-royalties-petroleo-anos>. Acesso em: 09 de junho de 2020, n. p.

<sup>22</sup> Neste sentido, vide julgamento do REsp nº 1.520.357/PR, de relatoria do Ministro Benedito Gonçalves (1ª Turma), julgado em 01/10/2015, publicado no DJe em 07/10/2015: “A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM não é preço público, não sendo aplicável ao caso o Código Civil, quanto ao prazo de prescrição, mas o Decreto n. 20.910/1932 e, supervenientemente, a Lei n. 9.636/1998, com as alterações da Lei n. 9.821/1999 e da Lei 10.852/2004.”

<sup>23</sup> Neste sentido, vide julgamento do Agravo de Instrumento nº 0036225-29.2015.4.01.0000, de relatoria do Desembargador Federal Hercules Fajoses (7ª Turma), publicado no e-DJF1 em 02/08/2019: “Como é cediço nesta Corte e no egrégio Superior Tribunal de Justiça, a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM não é preço público, mas tem natureza jurídica de receita patrimonial, cuja execução submete-se ao prazo prescricional estabelecido para a cobrança da taxa de ocupação de terrenos de marinha e da Taxa Anual por Hectare - TAH.”

influenciar a configuração da hipótese de incidência ou do comando da norma, o que afastaria a ideia de preço público.<sup>24</sup>

Frise-se que estas peculiaridades fazem com que alguns autores apelidem a exação de “tributo *denorex* (que parece, mas não é)”<sup>25</sup> – por ser compulsória, destinada aos cofres públicos e possuir base de cálculo e alíquota definidas em lei, porém advir do uso do patrimônio público – ou, ainda, que a apelidem de “ornitorrinco jurídico”<sup>26</sup>. Este último, em analogia ao animal que, segundo conto de Umberto Eco em “Kant e o Ornitorrinco”<sup>27</sup>, ao ser levado ao *British Museum* para ser examinado, teria levado quase 90 anos para que a comunidade científica aceitasse se tratar de um mamífero ovíparo, pois haviam determinadas singularidades que impossibilitavam sua adequação às duas classes. Então, por décadas, aqueles que durante seu estudo taxonômico defendiam se tratar de um mamífero, fechavam os olhos para suas características de ovíparo, e *vice-versa*. Por consequência, faz-se pertinente a analogia, visto que demonstra a relação entre a realidade complexa – biológica ou jurídica – e as classificações abstratas, que necessitam de constantes revisões quando insuficientes para descrever a realidade enfrentada.

Por isto, em sintonia com o que também leciona Ricardo Lobo Torres<sup>28</sup>, para Paulo Honório de Castro Júnior e Tiago de Mattos Silva tal exação deve ser classificada no gênero receita originária, da espécie patrimonial, mas sua subespécie não seria preço público: “trata-se de exação cuja (sub)espécie foi definida pela própria Constituição como ‘compensação financeira’ ou ‘participação nos resultados’ da atividade de mineração (art. 20, § 1º), conforme juízo de conveniência e oportunidade do legislador”.<sup>29</sup>

<sup>24</sup> CASTRO JÚNIOR, Paulo Honório de; SILVA, Tiago de Mattos. Op. cit., p. 56.

<sup>25</sup> SOUZA, Marcelo Mendo Gomes de. Marco Legal do Setor Mineral: mudar ou aperfeiçoar? In: MARTINS, JAIME; LIMA, Paulo César Ribeiro (Coord.). **Setor Mineral: rumo a um novo marco legal**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2011, p. 200.

<sup>26</sup> ANDRADE, Alexandre. A Compensação Financeira sobre a Exploração de Recursos Minerais: novo tributo? **Boletim BMJ**. Ano 02, nº 12, pp. 10-13, novembro de 2017, p. 13. Disponível em: [https://www.academia.edu/35231126/O\\_Brasil\\_Diante\\_da\\_Crise\\_Global\\_de\\_Refugiados.pdf](https://www.academia.edu/35231126/O_Brasil_Diante_da_Crise_Global_de_Refugiados.pdf). Acesso em: 20 de fevereiro de 2020, n. p.

<sup>27</sup> ECO, Humberto. **Kant e o Ornitorrinco**. Rio de Janeiro: Record, 1998, pp. 208 et seq.

<sup>28</sup> TORRES, Ricardo Lobo. **Curso de Direito Financeiro e Tributário**. 18ª ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2011, p. 191.

<sup>29</sup> CASTRO JÚNIOR, Paulo Honório de; SILVA, Tiago de Mattos. Op. cit., pp. 56-62.

Por fim, para os fins deste artigo é suficiente compreender haver um consenso entre as Cortes Superiores de que a CFEM é uma receita pública do gênero patrimonial, sendo igualmente classificada como tal pelo próprio Manual Técnico de Orçamento de 2020 (MTO 2020)<sup>30</sup> e pelo ementário da receita orçamentária do Manual de Contabilidade Pública Aplicada ao Setor Público (MCASP)<sup>31</sup>, ambos elaborados pelo Ministério da Economia do Brasil.

## 1.2. A TITULARIDADE DO BEM SOBRE O QUAL RECAI A EXAÇÃO E AS LIMITAÇÕES CONSTITUCIONAIS IMPOSTAS À COBRANÇA DA CFEM

A fim de introduzir o deslinde da controvérsia no que diz respeito às determinações e limitações constitucionais para a CFEM, importa retomar a análise do julgamento do Recurso Extraordinário nº 228.800.

Acerca da dualidade trazida pelo § 1º, art. 20, da Constituição Federal – que alude às espécies “participação no resultado” e “compensação financeira” – o Ministro Sepúlveda Pertence exarou que a Lei nº 7.990/1989 teria instituído a CFEM como genuína “participação nos resultados da atividade minerária”, a despeito de seu nome remeter à ideia de “compensação financeira”. Isto porque, a exigência legal, acaso tivesse optado por “compensação financeira”, deveria ter por pressuposto uma cobrança mensurada pelas perdas – ambientais, econômicas, produtivas e mesmo sociais – provenientes desta exploração, o que não condiz com a opção feita pelo legislador, como será explorado no próximo capítulo.<sup>32</sup>

Frise-se, ainda, que, se de um lado a compensação pressuporia um prejuízo indenizável decorrente da exploração, de outro, a participação constitui uma associação de benefícios, a qual poderia ter como hipótese apta a gerar a obrigação a “comercialização”, a “industrialização” ou mesmo a “exportação” dos recursos minerais, tendo – contudo – a Constituição optado pelo marco “exploração” do bem.

---

<sup>30</sup> BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria Especial de Fazenda; Secretaria de Orçamento Federal. **Manual Técnico de Orçamento de 2020 (MTO 2020)**. 11ª ed. Brasília: 12 de maio de 2020, p. 20. Disponível em: <https://www1.siof.planejamento.gov.br/mto/lib/exe/fetch.php/mto2020:mto2020-versao11.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2020, n. p.

<sup>31</sup> BRASIL. Ministério da Economia. Tesouro Nacional. **Manual de Contabilidade Aplicada ao Setor Público (MCASP)**. 8ª ed. Brasília: 2019. Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br/mcasp>. Acesso em: 06 de junho de 2020, n. p.

<sup>32</sup> BRASIL. Supremo Tribunal Federal (1ª Turma). Op. cit., p. 485.

Outrossim, afirmou, ainda, o Ministro Relator que os resultados sobre os quais recaem a participação dos entes federados não devem ser entendidos como o lucro do explorador, mas sim “como o aquilo que resulta da exploração”, em atenção ao “paralelo existente entre a norma do art. 20, § 1º, e a do art. 176, § 2º da Constituição”. O paralelo a que se refere o Relator consiste na incidência da CFEM recair sobre o resultado da lavra, por ser este o resultado da exploração previsto pelo Constituinte originário, haja vista o último dispositivo supracitado (art. 176, § 2º), ao dispor sobre a participação do superficiário, prever ser “assegurada a participação do proprietário no solo nos resultados da lavra”<sup>33</sup>.

Avançando o estudo sobre a titularidade do bem sobre o qual a CFEM incide, o artigo 176, *caput*, da Carta Maior diferencia a propriedade do recurso mineral da do produto da lavra, momento em que o bem passa para o domínio do concessionário.

Art. 176. As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.

Neste sentido, já afirmara o Ministro Eros Grau, em seu voto-vista da ADI nº 3.273, ser “erro nefando o de confundir os recursos minerais – inclusive os do subsolo, que são bens da União – isto é, as jazidas, com o que se extrai delas”.<sup>34</sup> Assim, atribui a indispensabilidade da atuação do agente privado à transformação daquilo que é mera potencialidade econômica e estratégica para a União em algo que passa a ter valor e que seja possível de ser utilizado às finalidades que lhes são próprias. Veja-se:

A propriedade do produto da lavra das jazidas minerais atribuída ao concessionário pelo art. 176 da Constituição do Brasil é inerente ao modo de produção social capitalista. A concessão seria

---

<sup>33</sup> BRASIL. **Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 12 de março de 2020, n. p.

<sup>34</sup> BRASIL. Supremo Tribunal Federal (Tribunal Pleno). **Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 3.273, Distrito Federal**. Requerente: Governador do Estado do Paraná. Interessado: Congresso Nacional e Presidente da República. Relator originário: Ministro Carlos Britto. Relator para o acórdão: Eros Grau. Brasília-DF, 16 de março de 2005. Publicação no Diário de Justiça em: 28 de março de 2005. Disponível em: <http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=408864>. Acesso em: 10 de março de 2020, p. 225.



materialmente impossível sem que o proprietário se apropriasse do produto da exploração da jazida.<sup>35</sup>

Destarte, resgatando as informações postas até aqui: da dualidade permitida pela Constituição à esta exação de natureza patrimonial, a opção legislativa feita no advento da Lei nº 7.990/1989 foi a de instituí-la sobre o resultado da lavra do “recurso mineral”, um bem pertencente à União, ao passo que o “produto” desta lavra adentra o domínio do particular. Percebe-se ser esta linha tênue, que representa o momento da transferência de titularidade do bem, o limite sobre o qual a cobrança da CFEM pode recair.

Relevante, portanto, perquirir o conceito de lavra mineral, o qual foi definido pelo art. 36 do Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967), veja-se:

Art. 36. Entende-se por lavra o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas.<sup>36</sup>

Com base no dispositivo acima transcrito, lavra deve ser compreendida como o processo iniciado com a extração do minério e delimitado até a última etapa de seu beneficiamento, ou seja, já não podendo incidir sobre uma eventual etapa de transformação industrial ou de consumo do minério pelo concessionário, que podem ou não anteceder a venda do produto.

Desta forma, acaso a cobrança extrapole este momento, a identidade jurídica da CFEM é desnaturada de receita patrimonial para receita derivada, pois somente esta última poderia incidir sobre a exploração econômica do patrimônio do concessionário, conforme concluem Paulo Honório de Castro Júnior e Tiago de Mattos Silva no trecho abaixo:

Com efeito, apenas uma exação qualificada como “receita derivada” poderia incidir sobre a exploração econômica de “patrimônio

---

<sup>35</sup> Ibidem, pp. 219-220.

<sup>36</sup> BRASIL. **Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940 (Código de Minas). Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/Del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0227.htm). Acesso em: 12 de março de 2020, n. p.

privado". Por isso, a CFEM, sendo "receita patrimonial", apenas incide no caso de aproveitamento econômico de recursos minerais "da União". Do contrário, sua identidade jurídica é desnaturada, de receita patrimonial para receita derivada, em violação direta à jurisprudência do STF, firmada a partir do julgamento do RE nº 228.800/DF.<sup>37</sup>

Neste sentido, percebe-se ser possível fazer a distinção entre os conceitos de "recurso mineral" e "produto mineral", definições essenciais para bem se compreender os parâmetros de incidência da CFEM, as quais não passaram despercebidas pelo saudoso Ministro Teori Zavascki, ainda enquanto membro do STJ, na oportunidade do julgamento do Recurso Especial (REsp) nº 756.530/DF.<sup>38</sup> Em suma, definiu o Ministro que o sentido adotado pela Constituição Federal, nos arts. 20 e 176, e pela legislação específica são os seguintes:<sup>39</sup>

- (i) recurso mineral é a "substância mineral ainda não lavrada ou em processo de lavra, ainda não comercializável";
- (ii) produto mineral é a "substância mineral já lavrada", "é o destinado a distribuição, comércio e consumo, após o beneficiamento das substâncias minerais úteis"; e
- (iii) substância mineral é o "termo genérico, que pode significar 'produto mineral' ou 'recurso mineral' ou ambos".

Observe-se que duas são as conclusões lógicas que se pode extrair do estudo até aqui exposto:

1. o art. 20, § 1º, da Constituição expõe a vontade do constituinte originário de delimitar o critério material da cobrança da CFEM, determinando a incidência da exação sobre a "exploração dos recursos minerais", que são bens da União, o que a torna uma receita patrimonial;

<sup>37</sup> CASTRO JÚNIOR, Paulo Honório de; SILVA, Tiago de Mattos. Op. cit., p. 152.

<sup>38</sup> Nos autos do Recurso Especial nº 756.530/DF discutiu-se a legalidade das Instruções Normativas nº 6, 7 e 8 de 2000 do DNPM.

<sup>39</sup> BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (1ª Turma). **Recurso Especial nº 756.530, Distrito Federal**. Recorrente: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Recorrido: Sindicato Nacional da Indústria da Extração de Ferro e Metais Básicos (SINFERBASE). Relator: Ministro Teori Albino Zavascki. Brasília-DF, 13 de março de 2007. Publicação no Diário de Justiça em: 21 de junho de 2007. Disponível em: <https://ww2.stj.jus.br/processo/pesquisa/?tipoPesquisa=tipoPesquisaNumeroRegistro&termo=200500925962&totalRegistrosPorPagina=40&aplicacao=processos.ea>. Acesso em: 25 de março de 2020, p. 11.

2. do paralelo entre o art. 20, § 1º, e o art. 176, *caput* e § 2º, da Constituição, depreende-se que o critério temporal da exação é momento em que se auferir resultado da lavra do “recurso mineral”, portanto delimitado até a última etapa do beneficiamento deste recurso, sob pena de extrapolar o critério material e atingir gastos com um bem já sob a propriedade do particular e, assim, descaracterizar sua natureza jurídica.

Desta feita, parte-se para a análise da sistemática infraconstitucional da cobrança da CFEM a partir da premissa de que sua hipótese de incidência deve se limitar aos elementos que representem a fase da lavra do recurso mineral. Por isso, seu o marco limítrofe é o momento em que o bem sofre a mudança de titularidade, na medida em que seria um contrassenso instituir uma participação no resultado da exploração de um bem que pertence à União a partir de grandeza mensurada sobre gastos com um produto que não é mais recurso mineral, porquanto já transformado em outra espécie, um produto mineral.

## **2. A LEGISLAÇÃO INFRACONSTITUCIONAL E O PROCESSO DE PELOTIZAÇÃO**

### **2.1.A LEGISLAÇÃO INFRACONSTITUCIONAL ANTERIOR À REFORMA DE 2017**

Conforme antecipado, em observância ao art. 20, § 1º, da Constituição Federal, a CFEM foi instituída por meio da Lei nº 7.990/1989 sob a forma de uma participação no resultado da lavra do recurso mineral, haja vista a referida Lei prever em seu art. 6º, anteriormente à reforma havida em 2017, que tal exação seria calculada com base no “faturamento líquido resultante da venda do produto mineral, obtido após a última etapa do processo de beneficiamento adotado antes de sua transformação industrial”.<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> BRASIL. **Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências (Art. 21, XIX da CF). Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7990.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7990.htm). Acesso em: 15 de abril de 2020, n. p.

Deste dispositivo infere-se a eleição pelo legislador ordinário da saída por venda como regra do critério temporal da exação, bem como do faturamento líquido como núcleo da sua base de cálculo. Ademais, resta evidenciada a atenção do legislador às limitações constitucionais impostas à CFEM, a fim de restringir a sua incidência ao bem pertencente à União, ao não permitir que ultrapasse a última etapa do beneficiamento em casos de transformação industrial.

Acerca do critério temporal, justamente de modo a respeitar e dar efetividade à premissa de que o momento da incidência se daria “sempre após a última etapa do processo de beneficiamento adotado e antes de sua transformação industrial”, o Decreto nº 1/1991, em seu art. 15, parágrafo único, equiparou o consumo e a utilização da substância mineral em processo de industrialização ao critério temporal determinado como saída por venda.<sup>41</sup> Veja-se:

Art. 15. Constitui fato gerador da compensação financeira devida pela exploração de recursos minerais a saída por venda do produto mineral das áreas da jazida, mina, salina ou de outros depósitos minerais de onde provêm, ou o de quaisquer estabelecimentos, sempre após a última etapa do processo de beneficiamento adotado e antes de sua transformação industrial.

Parágrafo único. Equipara-se à saída por venda o consumo ou a utilização da substância mineral em processo de industrialização realizado dentro das áreas da jazida, mina, salina ou outros depósitos minerais, suas áreas limítrofes ou ainda em qualquer estabelecimento.<sup>42</sup>

Já acerca da base de cálculo, o artigo 2º da Lei nº 8.001/1990 definia o conceito de faturamento líquido como o “total das receitas de vendas, excluídos os tributos incidentes sobre a comercialização do produto mineral, as despesas de transporte e as de seguros”.<sup>43</sup> Complementando o referido dispositivo, o art. 14, § 1º,

---

<sup>41</sup> Embora a supracitada equiparação tenha sido efetivada mediante um decreto presidencial, a constitucionalidade e a legalidade desta equiparação foram validadas pela jurisprudência dos Tribunais Regionais e, respectivamente, pelas próprias Orientações Normativas nº 01 e 06 do DNPM, ambas de 2012.

<sup>42</sup> BRASIL. **Decreto nº 1, de 11 de janeiro de 1991**. Regulamenta o pagamento da compensação financeira instituída pela Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1991/decreto-1-11-janeiro-1991-342346-norma-actualizada-pe.html>. Acesso em: 04 de junho de 2020, n. p.

<sup>43</sup> BRASIL. **Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990**. Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8001.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8001.htm). Acesso em: 12 de fevereiro de 2020, n. p.

do Decreto nº 1/1991 equiparou o valor de consumo ao faturamento líquido, explicitando que:

Art. 14. § 1º. No caso de substância mineral consumida, transformada ou utilizada pelo próprio titular dos direitos minerários ou remetida a outro estabelecimento do mesmo titular, será considerado faturamento líquido o valor de consumo na ocorrência do fato gerador definido no art. 15 deste decreto.<sup>44</sup>

Apesar de tratar inicialmente como coisas distintas o consumo, a transformação (industrial ou mineralógica) e a utilização da substância mineral, releva notar que o regramento acima transcrito acaba por agrupá-las num grupo único denominado “consumo”.

Outrossim, não é demais reiterar que as citadas deduções na base de cálculo da CFEM – tanto dos gastos com o produto mineral após seu consumo, quanto também dos tributos incidentes sobre a comercialização deste produto, das despesas de transporte e das de seguros – estão diretamente ligadas à limitação material e temporal da Constituição para a incidência da CFEM, como visto anteriormente, não se tratando de um favor fiscal do legislador. Entende-se, portanto, que as referidas exclusões são, em verdade, uma explicitação da norma quanto à limitação constitucional para a incidência da exação.<sup>45</sup>

Ainda neste sentido, o art. 14, III, do Decreto nº 1/1991, após listar um rol de operações classificadas como beneficiamento (fase final da lavra do recurso mineral), condicionou-as à não ocorrência da inclusão do produto no campo de incidência do IPI ou, ainda, à não ocorrência da descaracterização mineralógica durante o processo. Em outras palavras, a referida norma estabeleceu dois critérios de consumo do minério que afastam sua classificação como processo de beneficiamento:

---

<sup>44</sup> BRASIL, **Decreto nº 1, de 11 de janeiro de 1991**. Regulamenta o pagamento da compensação financeira instituída pela Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1991/decreto-1-11-janeiro-1991-342346-normaatualizada-pe.html>. Acesso em: 04 de junho de 2020, n. p.

<sup>45</sup> CASTRO JÚNIOR, Paulo Honório de; SILVA, Tiago de Mattos. Op. cit., passim.

1. a descaracterização mineralógica, um critério técnico que pode ser comprovado por meio de laudo pericial (e. g. especialidade em engenharia metalúrgica); e
2. a inclusão no campo de incidência do IPI, um critério legal que pode ser confirmado por meio da análise da sistemática jurídica que rege a cobrança do IPI.

À vista deste cenário, levando-se em consideração se tratar de exação sujeita ao autolancamento, a base de cálculo utilizada pelas mineradoras nos casos de pelotização do minério de ferro pela própria empresa passou a ser o custo incorrido com a produção do minério logo antes de seu consumo em processo de pelotização, com as competentes deduções acima apontadas.

#### **2.1.1. A Pelotização como Hipótese de Consumo da Substância Mineral**

A despeito do exposto anteriormente, incontáveis foram as autuações realizadas pelo extinto DNPM, ainda sob a égide do regramento antigo, alegando recolhimentos a menor de CFEM para as mineradoras que adotaram o consumo como critério temporal da hipótese de incidência para casos de pelotização do minério de ferro, impedindo a efetivação da transferência do momento da incidência da exação da saída por venda para o consumo.

Dois eram os principais entraves enfrentados pelas mineradoras nestes casos: primeiro, a descaracterização mineralógica prevista no mencionado Decreto foi considerada pelo DNPM um fator ineficaz por si só para a antecipação do critério temporal da hipótese de incidência da CFEM, somente sendo válido se o produto estivesse também incluído no campo de incidência do IPI; segundo, o processo de pelotização era expressamente considerado um processo de beneficiamento pelo art. 14, III, do Decreto nº 1/1991.

Quanto ao primeiro entrave, a Orientação Normativa nº 07, de 12 de junho de 2012, do DNPM consolidou o entendimento que a Autarquia já vinha aplicando às decisões administrativas de vedar a hipótese de consumo para casos de descaracterização mineralógica, lastreada na falta de regulamentação desta

autorização normativa, de modo a não ser possível saber qual a extensão do conceito “descaracterização mineralógica”.

Nos fundamentos do Parecer que embasou a referida Orientação Normativa, a Procuradoria Federal junto ao DNPM afirma que “simplesmente não há nenhum elemento jurídico objetivo que defina o que seja a descaracterização mineralógica”, revelando-se, portanto, como uma “norma jurídica de eficácia limitada, razão pela qual, enquanto não houver a edição de outra norma que lhe confira complementação, não há como aplicar seu conteúdo”.<sup>46</sup>

Para ilustrar a afirmação, o Parecer diferencia “recurso mineral” de “produto mineral” utilizando-se do Código de Mineração. Diferencia, também, “processo de beneficiamento” de “transformação industrial”, porém utilizando-se do Decreto nº 1/1991 (art. 14, III) e da Norma Reguladora da Mineração nº 18 (NRM-18) do próprio DNPM para o primeiro e, para o segundo, da conceituação dada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), empresa pública vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo. Vejam-se os conceitos trazidos pelo Parecer destes dois últimos termos:

- (i) beneficiamento de minérios é o “tratamento visando preparar granulometricamente, concentrar ou purificar minérios por métodos físicos ou químicos sem alteração da constituição química dos minerais”;<sup>47</sup>
- (ii) transformação industrial é o “termo utilizado corriqueiramente para designar a etapa em que o produto mineral começa a ser utilizado,

---

<sup>46</sup> BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Orientação Normativa nº 07/PF-DNPM, de 12 de junho de 2012**. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/acesso-a-informacao/legislacao/orientacoes-normativas-do-diretor-geral-do-dnpm/orientacoes-normativas-do-diretor-geral-do-dnpm-2/orientacao-normativa-no-07-pf-dnpm-de-12062012/view>. Acesso em: 22 de maio de 2020, p. 7.

<sup>47</sup> BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Portaria DNPM nº 237, de 18 de outubro de 2001**. Aprova as Normas Reguladoras de Mineração - NRM, de que trata o art. 97 do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/acesso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnpm/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-237-em-18-10-2001-do-diretor-geral-do-dnpm/view>. Acesso em: 28 de maio de 2020, n.p.

podendo haver, ou não, ‘transformação química ou mineral’ neste processo”.<sup>48</sup>

Desde já é possível perceber as primeiras contradições do Parecer. Em certo ponto, após aduzir que a descaracterização mineralógica é o que limita a fase de transição entre o processo de beneficiamento e a transformação industrial, afirma que para os dois últimos “poderá haver ou não transformação química do mineral, não havendo, portanto, uma linha divisória que demonstre até que ponto uma fase termina e a outra começa” e que, portanto, a descaracterização mineralógica, nos termos do Decreto, “não é capaz, por si, de limitar a fase de transição”.<sup>49</sup>

Não obstante, na única oportunidade em que conceitua “beneficiamento” utiliza-se da já mencionada NRM-18, transcrita no item (i) acima, expedida pela própria Autarquia, cujo conceito deixa claro que o “beneficiamento” não acarreta alteração da constituição química dos minerais, ao contrário do alegado.

Por esta maneira, exatamente, verifica-se a perfeita adequação dos dois critérios para a determinação do momento da transformação industrial. Para os casos de transformação industrial em que há a transformação química dos minerais o momento de consumo é o da descaracterização mineralógica e, subsidiariamente, para os casos de transformação industrial em que não houver a transformação química, o momento passa a ser a entrada no campo de incidência do IPI.

A bem da verdade, verifica-se que beneficiamento, transformação industrial e descaracterização mineralógica são três termos conexos, porém independentes, sendo que os dois últimos podem ocorrer concomitantemente, ou não, e têm em comum a capacidade de interromper a fase de beneficiamento.

Destarte, ao editar a NRM-18 o DNPM, sem se atentar, regulamentou adequada e suficientemente a matéria, determinando de forma clara quando termina

---

<sup>48</sup> INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT) apud BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Orientação Normativa nº 07/PF-DNPM, de 12 de junho de 2012**. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/acesso-a-informacao/legislacao/orientacoes-normativas-do-diretor-geral-do-dnpm/orientacoes-normativas-do-diretor-geral-do-dnpm-2/orientacao-normativa-no-07-pf-dnpm-de-12062012/view>. Acesso em: 22 de maio de 2020, p. 4.

<sup>49</sup> Ibidem.



o beneficiamento da substância e começa o consumo: no momento da descaracterização mineralógica, que pode ser aferida por meio de perícia especializada e, subsidiariamente, em caso de transformação industrial em que não há a transformação química, no momento de entrada no campo de incidência do IPI, que pode ser aferido pela análise da sistemática jurídica do imposto.

Contra os argumentos do Parecer acima expostos, Paulo David Ferreira e Daniel Sanches acrescentam que a descaracterização mineralógica consiste em um conceito técnico (e não jurídico), e que por isso não deveria ser engessado pelo Direito ou regulado por quem não possui lastro técnico, bem como que, por exclusão, se o beneficiamento não altera a composição química dos minerais, “a descaracterização mineralógica é a fase do processo de produção em que o mineral sofre reações que o fazem perder sua composição química original, transformando-se em outra espécie”<sup>50</sup>.

Sem embargo, em outra passagem do Parecer acatado pela Orientação Normativa nº 07/2012, afirma a Procuradoria que a inexistência da conceituação jurídica de “descaracterização mineralógica” possibilitaria a produção de laudos periciais conflitantes, que o direito não teria como dirimir, causando insegurança jurídica:

O entendimento atual mais corriqueiro acerca do tema aponta no sentido de que a resolução do problema fica condicionada à elaboração de um laudo técnico que indique o momento que ocorreu a descaracterização. Contudo, a discussão deve se aprofundar e duas indagações essenciais devem ser dirimidas: o que fazer quando laudos divergentes forem elaborados (apontando no mesmo processo momentos distintos para a descaracterização) e como pode haver conclusão se não há parâmetro legal definidor do critério que balize o momento da descaracterização?

Neste diapasão, Paulo Honório e Tiago Mattos contestam o argumento de que o risco de eventual produção de laudos técnicos conflitantes acerca da ocorrência da descaracterização mineralógica em meio a uma lide judicial ou administrativa tenha o condão de limitar a garantia constitucional do minerador,

---

<sup>50</sup> FERREIRA, Paulo David de Oliveira; SANCHES, Daniel Calvano. CFEM no consumo: o caso da pelotização do minério de ferro. In: AZEVEDO, Marcelo (Coord.). **Direito da Mineração**: questões minerárias, ambientais e tributárias. Belo Horizonte: Editora D'Plácido, 2017, pp. 680-681.

relembrando que os debates técnicos são parte do Direito, em qualquer das suas esferas, citando como exemplo os procedimentos de resolução de conflitos por arbitragem e a possibilidade utilização de perícias técnicas<sup>51</sup>, prevista pelo art. 156 do Código de Processo Civil<sup>52</sup>.

Portanto, refuta-se o argumento esposado pelo DNPM na Orientação Normativa nº 07/2012 de que a descaracterização mineralógica é critério de consumo regulado por uma norma de eficácia limitada, por se acreditar que a normatização dada pelo próprio órgão é já suficiente para a efetivação do direito do minerador de que a CFEM incida “sempre após a última etapa do processo de beneficiamento adotado e antes de sua transformação industrial”<sup>53</sup>, sendo a descaracterização mineralógica uma das formas de constatação desta transformação. Lembra-se, ainda, que o fim do beneficiamento é o momento que simboliza o término da lavra e a transferência de titularidade do bem para o concessionário, possuindo a matéria pertinência constitucional.

Para além do que foi dito anteriormente, condicionar a descaracterização mineralógica ao critério de inclusão no campo de incidência do IPI implica em mais uma violação à Constituição Federal. As operações relativas aos derivados de petróleo, combustíveis e minerais possuem imunidade tributária parcial objetiva, por previsão expressa do art. 155, § 3º, da Constituição Federal, sendo-lhes permitida apenas a incidência de ICMS, Imposto de Importação (II) e Imposto de Exportação (IE). Assim, desde logo já é possível concluir que se a CFEM recai sobre o recurso mineral (e não sobre o produto) não poderá haver alíquota de IPI designada a ele (classificação como “NT”). No mesmo diapasão, se ao produto pertencente ao

---

<sup>51</sup> SILVA, Tiago de Mattos; CASTRO JÚNIOR, Paulo Honório. A eficácia da descaracterização mineralógica enquanto critério temporal da hipótese de incidência da CFEM. In FREIRE, William; SILVA, Tiago de Mattos (Coord.). **Aspectos Controvertidos do Direito Minerário e Ambiental**. Belo Horizonte: Jurídica, 2013, p. 240.

<sup>52</sup> “Art. 156. O juiz será assistido por perito quando a prova do fato depender de conhecimento técnico ou científico”. Fonte: BRASIL. **Lei nº 13.105, de 16 de março de 2015**. Código de Processo Civil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13105.htm). Acesso em: 12 de fevereiro de 2020, n. p.

<sup>53</sup> BRASIL. **Decreto nº 1, de 11 de janeiro de 1991**. Regulamenta o pagamento da compensação financeira instituída pela Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1991/decreto-1-11-janeiro-1991-342346-norma-1991-pe.html>. Acesso em: 04 de junho de 2020, n. p.

concessionário for designada alíquota de IPI é porque sequer substância mineral mais é, tendo indubitavelmente sofrido completa descaracterização.

Destarte, se não há cobrança do IPI sobre as pelotas de ferro, isso se deve primeiramente à imunidade tributária parcial das operações minerais e, em segundo lugar, à política tributária do Governo Federal que mantém a não tributação com o propósito de não onerar mais a cadeia produtiva do ferro e não desestimular a utilização do resíduo mineral.

Nas palavras de Heleno Taveira Torres:

Como produto mineral, este poderá suportar a incidência do ICMS, defeso incidir o IPI (art. 155, § 3º da CF), por expressa exclusão constitucional. Contudo, não pode haver sobreposição da CFEM com o ICMS, pois a primeira atua sobre o “recurso mineral” (art. 20, § 1º da CF), enquanto o ICMS sobre o “produto mineral” (art. 155, § 3º da CF).<sup>54</sup>

Ao ensejo, este artigo filia-se ao entendimento esposado pelo STJ no julgamento do REsp 1.275.910/RS, que também tratava de CFEM, no sentido de que, na omissão legislativa específica, o significado da expressão “transformação industrial” deve ser buscado na legislação do IPI.

Com isso, parte-se à análise do art. 4º do Decreto nº 7.212/2010, que regulamenta a cobrança do IPI, para verificar se o processo de pelotização caracteriza-se uma efetiva transformação industrial (inciso I) – mais do que um beneficiamento (inciso II) – o que faria da pelota de ferro um verdadeiro produto mineral:

Art. 4º. Caracteriza industrialização qualquer operação que modifique a natureza, o funcionamento, o acabamento, a apresentação ou a finalidade do produto, ou o aperfeiçoe para consumo, tal como ( Lei nº 5.172, de 1966, art. 46, parágrafo único , e Lei nº 4.502, de 1964, art. 3º, parágrafo único):  
I - a que, exercida sobre matérias-primas ou produtos intermediários, importe na obtenção de espécie nova (transformação);

---

<sup>54</sup> TORRES, Heleno Taveira. CFEM não pode incidir sobre pelotização ou outra etapa de industrialização mineral. **Revista Consultor Jurídico**, de 16 de outubro de 2019, 9h53. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2019-out-16/consultor-tributario-cfem-nao-incidir-etapa-industrializacao-mineral>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2020, n. p.

II - a que importe em modificar, aperfeiçoar ou, de qualquer forma, alterar o funcionamento, a utilização, o acabamento ou a aparência do produto (beneficiamento);

(...)

Parágrafo único. São irrelevantes, para caracterizar a operação como industrialização, o processo utilizado para obtenção do produto e a localização e condições das instalações ou equipamentos empregados.<sup>55</sup>

De acordo com as informações disponibilizadas pela VALE S/A, após a extração de blocos de rocha contendo minério de ferro, estes blocos passam por diversos processos de beneficiamento, dentre os quais – bem simplificada – a britagem, para redução de seu tamanho, e o peneiramento, em que é feita a separação de *lump ore* (material granulado, entre 0,6 e 5 cm de diâmetro), *sinter-feed* (partículas mais finas, de até 0,6 cm de diâmetro), *pellet-feed* (fração ultrafina de minério de ferro, de diâmetro médio inferior a 0,015 cm) e rejeito. Depois de processado, o minério separado é armazenado em diferentes pilhas, momento em que se encerraria o processo de beneficiamento e é lida a sua destinação final.<sup>56</sup>

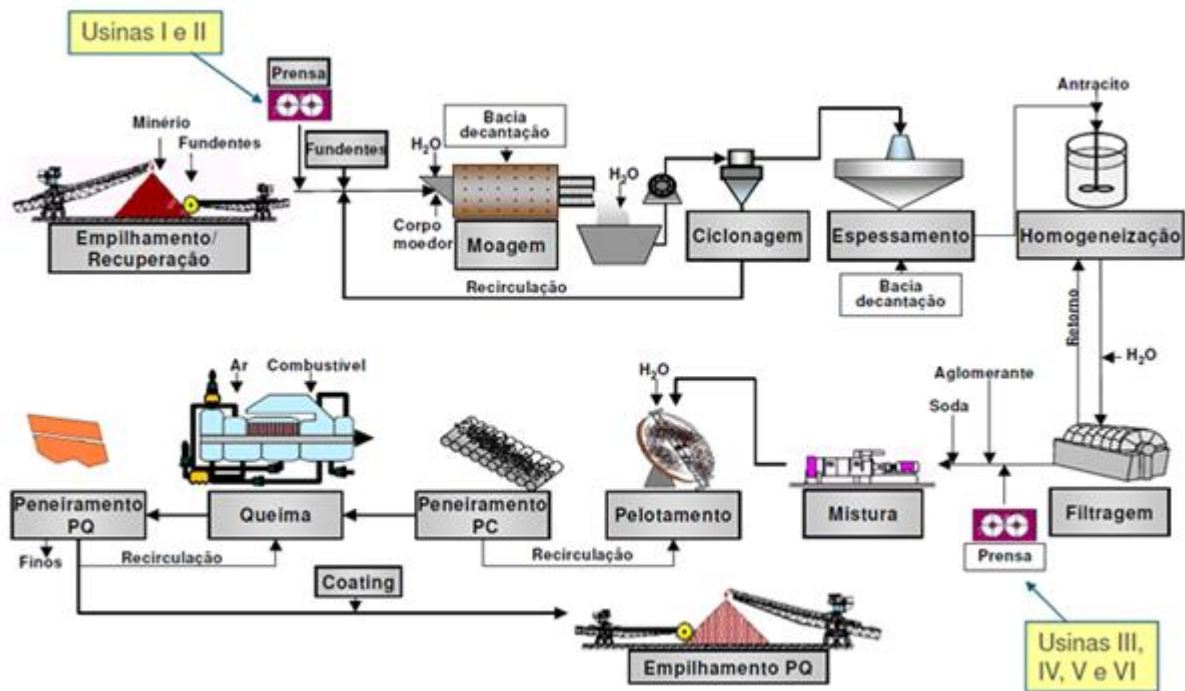
O processo de pelletização do minério de ferro possui como principal matéria-prima as partículas ultrafinas deste minério (*pellet-feed*), antes consideradas resíduos, que não teriam aplicação direta na siderurgia, pois suas pequenas dimensões impedem a adequada entrada e circulação de gases nos maquinários, afetando a permeabilidade de reatores. Após misturados com fundentes, aglomerantes e combustíveis sólidos, passam pelo processo representado pelo fluxograma abaixo, a fim de se obter pelotas esféricas por aglomeração e endurecimento.<sup>57</sup>

<sup>55</sup> BRASIL. **Decreto nº 7.212, de 15 de junho de 2010.** Regulamenta a cobrança, fiscalização, arrecadação e administração do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7212.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7212.htm). Acesso em: 10 de junho de 2020, n. p.

<sup>56</sup> VALE S/A. **Infográfico acerca do processo de extração do minério de ferro de Carajás-PA.** Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/business/mining/iron-ore-pellets/Documents/carajas/index.html>. Acesso em: 08 de maio de 2020, n. p.

<sup>57</sup> VALE S/A. **Você sabe o que é pelletização?** Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/voce-sabe-o-que-e-pelotizacao.aspx>. Acesso em: 08 de maio de 2020, n. p.

Figura 1 – Fluxograma do processo de pelotização

Fonte: Vale S/A<sup>58</sup>

Tendo em vista tratar-se de assunto técnico estranho ao Direito, este artigo limita-se a informar que diversos são os laudos periciais apresentados em ações judiciais que demonstram e concluem que a pelotização do minério de ferro consiste em efetiva transformação industrial, com alteração da composição química original da substância mineral, a exemplo dos laudos periciais elaborados, respectivamente, pela PUC-RJ, pela UFMG e pelo já mencionado Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), juntados ao Agravo de Instrumento nº 0054755-86.2012.4.01.0000 (TRF-1).

Disponibiliza-se, ainda, como anexo ao presente artigo, o laudo pericial produzido nos autos da Ação Anulatória nº 0009906-34.2010.4.01.3901 pelo engenheiro metalúrgico Ronaldo Santos Sampaio<sup>59</sup>, perito designado pela Subseção Judiciária de Marabá-PA. Neste laudo, o perito apresenta a seguinte definição técnica para o processo de pelotização:

<sup>58</sup> Ibidem, n. p.

<sup>59</sup> Ronaldo Santos Sampaio, Doutor em Engenharia Metalúrgica e Ciência dos Elementos pela Carnegie-Mellon University.

Reconhecida como tecnologia de preparação de alto valor agregado na cadeia de produção do aço, a pelletização é um processo de aglomeração que, através de tratamento térmico, transforma a fração fina do minério de ferro em esferas de alta resistência e tamanhos na faixa de 8 a 18 mm: as pelotas.

A matéria prima é o minério de ferro com tamanho de partículas abaixo de 0,150mm, que não tem como ser utilizado diretamente nos reatores de leitos porosos (Altos-fornos e Reatores de Redução Direta). As pelotas se caracterizam como produto cerâmico que atende às exigências de solicitações mecânicas (quedas, impactos) no transporte, manuseio e, também, às solicitações térmicas e químicas a que serão submetidas dentro dos reatores de produção de ferro.<sup>60</sup>

Ainda no mesmo laudo, Sampaio responde aos quesitos postos pelas partes litigantes, afirmando que as microestruturas das pelotas se diferem física e quimicamente das de sua matéria-prima (*pellet-feed*), apresentando a pelletização, do ponto de vista da engenharia metalúrgica, um processo de transformação industrial:

QUESITO 7.

**É correto afirmar que além do beneficiamento físico da substância mineral, há transformação e geração de novos compostos durante a pelletização? Quais as propriedades físico-químicas, mecânicas e metalúrgicas dessas novas espécies minerais?**

RESPOSTA:

Sim. Durante o tratamento térmico das pelotas, ocorrem diversas transformações físicas e químicas. Iniciando-se com a remoção total da umidade (100 °C), seguida da calcinação (400 a 900 °C), tanto das fases ferríferas (Goetita, Limonita, etc.) como carbonáticas (Calcário a CaO, Dolomita a CaO e MgO) seguida da formação de compostos e fases com a matriz ferrífera e seus óxidos presentes na pelota em maior ou menor intensidade dependendo da temperatura final da pelo e do tempo à elevadas temperaturas, conforme detalhado a seguir: (...).

Assim, levando-se em conta as considerações elencadas ao longo de sua elaboração, **CONCLUI ESTE PERITO, que a pelletização, do ponto de vista da engenharia metalúrgica, constitui-se um processo de transformação industrial do minério de ferro fino em partículas com propriedades metalúrgicas aceitáveis para os reatores de alta temperatura.** (grifos originais)

---

<sup>60</sup> SAMPAIO, Ronaldo Santos. **Laudo pericial de engenharia metalúrgica** nos autos do Processo nº 0009906-34.2010.4.01.3901, 2ª Vara Federal da Subseção de Marabá/PA. Belo Horizonte: 07 de janeiro de 2015, p. 15.

QUESITO 8.

**É correto afirmar que esta transformação físico-químico-mineralógica corresponde a uma descaracterização mineralógica do *pellet feed*?**

RESPOSTA:

Sim. As reações químicas, reações de estado sólido, crescimento de grãos, recristalização e migração de moléculas que ocorrem durante a secagem, aquecimento e queima da pelota verde transformam química e fisicamente os constituintes originais da mistura a frio (minério de ferro *pellet feed* e aditivos orgânicos e inorgânicos).

A dissolução e reação dos constituintes escorificantes dos aditivos com as moléculas de óxidos de ferro do minério de ferro *pellet feed* criam novas estruturas minerais, conferindo às pelotas uma microestrutura sensivelmente diferente da estrutura original provinda da gênese (geologia) do *pellet feed*, conforme visto nas figuras 15 e 16, que retratam tanto os minérios de origem magnetítica quanto hematítica, respectivamente.<sup>61</sup> (grifos originais)

Diante do exposto, pressupõe-se que durante o processo de pelotização ocorrem as alterações químicas e físicas criadoras de um novo composto: um produto cerâmico esférico resultante das reações da queima do *pellet-feed* com aditivos orgânicos e inorgânicos.

Assim, verifica-se que a pelotização extrapola a noção de beneficiamento, adequando-se à hipótese de transformação industrial do Decreto nº 7.212/2010 (Regulamento do IPI), que a conceitua como “qualquer operação que modifique a natureza, o funcionamento, o acabamento, a apresentação ou a finalidade do produto, ou o aperfeiçoe para consumo”, tal como “I - a que, exercida sobre matérias-primas ou produtos intermediários, importe na obtenção de espécie nova”.<sup>62</sup>

### **2.1.2. A Viabilidade de se Afastar a Classificação da Pelotização se Constatada a sua Ficção Jurídica**

Restando evidenciado, portanto, o reconhecimento técnico da ocorrência da transformação industrial no processo de pelotização e a sua adequação legal ao conceito de transformação previsto no Regulamento do IPI (obtenção de nova

<sup>61</sup> Ibidem, pp. 41-43.

<sup>62</sup> BRASIL. **Decreto nº 7.212, de 15 de junho de 2010**. Regulamenta a cobrança, fiscalização, arrecadação e administração do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7212.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7212.htm). Acesso em: 10 de junho de 2020, n. p.

espécie), passa-se à análise do segundo entrave posto pelo DNPM na aceitação deste momento como o de efetiva antecipação da incidência da CFEM (da saída por venda para o de consumo do *pellet-feed*), a partir da qual uma nova dúvida surge: há discricionariedade para o Congresso Nacional, por meio de lei, equiparar a pelotização ao processo de beneficiamento, se comprovada a obtenção de uma nova espécie a partir desta operação?

Releva notar, ainda, que esta equiparação, antes feita somente pelo art. 14, III, do Decreto nº 1/1991 agora foi incluída pela Lei nº 13.540/2017 à Lei nº 7.990/1989, em seu art. 6º, § 4º, II, cujo texto será apresentado à frente.

Em resposta à indagação acima posta, Heleno Taveira Torres posiciona-se no sentido de que, sendo possível concluir que o processo de pelotização transforma o minério de ferro resultante da atividade de lavra e do beneficiamento em um novo produto, “não pode de forma alguma ser equiparado ao mero beneficiamento da substância mineral, mantida na condição de ‘recurso mineral’ integrante da ‘lavra’ ”. <sup>63</sup> Nas palavras do jurista:

Como se depreende, tanto na MP nº 789/2017 quanto na sua lei de conversão, a pelotização, dentre outros processos, aparece como típica etapa de beneficiamento, que não deixa de ser etapa de industrialização. A pelotização, porém, é etapa de industrialização, porquanto implica a transformação do minério. Logo, jamais poderá compor a base de cálculo da CFEM.<sup>64</sup>

Ainda não existe pronunciamento definitivo a respeito advindo dos Tribunais Superiores. Todavia, em um caso que tratava exatamente sobre a pelotização, o TRF-1 já se pronunciou no sentido de ser viável a produção de laudo pericial para se demonstrar a incongruência da definição normativa com a realidade:

Não se trata, portanto, da mera aplicação das definições legais descritas na legislação. O que se pretende, na ação originária e a partir da realização das provas indicadas pela autora, é demonstrar a alegada incongruência dessas previsões fixadas pelo legislador, o que indica a necessidade de perícia técnica de engenharia.<sup>65</sup>

<sup>63</sup> TORRES, Heleno Taveira. Op. cit., n. p.

<sup>64</sup> TORRES, Heleno Taveira. Op. cit., n. p.

<sup>65</sup> BRASIL. Tribunal Regional Federal da Primeira Região. **Agravo de Instrumento nº 0042474-98.2012.4.01.0000, Pará**. Recorrente: Vale S/A. Recorrido: Departamento Nacional de Produção



Instado a se manifestar a respeito, o colegiado da referida Corte confirmou este posicionamento, quando, em sede de recurso, decidiu que “a matéria em discussão, embora possua conceitos juridicamente definidos na legislação vigente, não pode prescindir da ampla defesa, notadamente com relação à definição do momento em que se identifica o fato gerador da CFEM”<sup>66</sup>. Segue trecho da referida ementa:

2. A despeito da previsão constante do art. 14, III, do Decreto 1/1991, é viável a produção de prova pericial de engenharia com o escopo de verificar se no processo de pelotização do minério de ferro ocorre modificação físico-química ou se é simples etapa de beneficiamento.<sup>67</sup>

Salta aos olhos, ainda, a pertinência da discussão, uma vez que, no Mandado de Segurança Coletivo nº 0007511-08.2007.4.04.7000, caso análogo transitado em julgado apenas em 2017, o TRF-4 concedeu, em 2008, a segurança para impedir a incidência da CFEM sobre processos de calcinação, um outro processo listado pelo mesmo dispositivo legal como mero beneficiamento, devido ao fato de ter restado comprovada a ocorrência da descaracterização mineralógica:

ADMINISTRATIVO. PRODUÇÃO DE CAL. COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS - CFEM. Não é exigível a cobrança de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM, quando ocorre descaracterização mineralógica no processo de calcinação, implicando na inclusão do produto cal no campo de incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI.<sup>68</sup>

---

Mineral. Relator: Desembargadora Maria do Carmo Cardoso. Brasília-DF, 04 de setembro de 2012. Publicação no Diário de Justiça em 14 de setembro de 2012. Disponível em: <https://arquivo.trf1.jus.br/PesquisaMenuArquivo.asp?p1=00424749820124010000&pA=&pN=424749820124010000>. Acesso em: 18 de maio de 2020, n. p.

<sup>66</sup> BRASIL. Tribunal Regional Federal da Primeira Região (8ª Turma). **Agravo de Instrumento nº 0042474-98.2012.4.01.0000, Pará**. Recorrente: Vale S/A. Recorrido: Departamento Nacional de Produção Mineral. Relator: Desembargadora Maria do Carmo Cardoso. Brasília-DF, 28 de junho de 2013. Publicação no Diário de Justiça em 26 de julho de 2013. Disponível em: <https://arquivo.trf1.jus.br/PesquisaMenuArquivo.asp?p1=00424749820124010000&pA=&pN=424749820124010000>. Acesso em: 18 de maio de 2020, p. 894.

<sup>67</sup> Ibidem, n. p.

<sup>68</sup> BRASIL. Tribunal Regional Federal da Quarta Região (4ª Turma). **Apelação em Mandado de Segurança Coletivo nº 0007511-08.2007.4.04.7000, Paraná**. Recorrente: Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP). Recorrido: Departamento Nacional de Produção Mineral. Relator: Desembargador Márcio Antonio Rocha. Porto Alegre-RS, 10 de abril de 2008. Publicação no Diário de Justiça em 06 de maio de 2008. Disponível em: [https://www2.trf4.jus.br/trf4/controlador.php?acao=consulta\\_processual\\_resultado\\_pesquisa&txtValor](https://www2.trf4.jus.br/trf4/controlador.php?acao=consulta_processual_resultado_pesquisa&txtValor)

Esclarece-se que, assim como no caso das pelotas<sup>69</sup> (o produto da pelotização), a cal<sup>70</sup> (um produto da calcinação) é classificada como não tributada (“NT”) na Tabela de Incidência do IPI, haja vista possuir imunidade tributária parcial – não obstante tenha o Juízo entendido que este produto se incluía no campo de incidência do imposto.

Compreendendo, portanto, (i) a existência de precedentes e a viabilidade de se discutir o provável desacerto da norma em classificar a pelotização como processo de beneficiamento, para o qual é imprescindível o estudo técnico-científico especializado, (ii) bem como ante a demonstração da capacidade de a descaracterização mineralógica configurar a transformação industrial, que reflete o consumo do minério bruto (*pellet-feed*), e, ainda, (iii) sendo desnecessária a atribuição de alíquota de IPI para as pelotas queimadas, seja por conta da imunidade tributária que as operações minerais possuem para este imposto, seja, quando menos, da política tributária de não oneração da cadeia produtiva do ferro e da utilização dos resíduos minerais, verifica-se a fragilidade dos argumentos do DNPM (atual ANM) de negar vigência à antecipação do critério temporal da hipótese de incidência da CFEM para casos de pelotização do minério de ferro.

Destarte, superada a análise da legislação infraconstitucional anterior à reforma de 2017, comprova-se que a pelotização, enquanto descaracterização mineralógica, prestava-se já como exceção à hipótese de mero beneficiamento do minério, não se tratando de um favor fiscal do legislador, mas sendo medida para se efetivar a garantia constitucional do minerador de a base de cálculo da CFEM limitar-se ao final do processo de beneficiamento do recurso mineral.

## 2.2.A REFORMA LEGISLATIVA DE 2017 E A CAPACIDADE DE O PROCESSO DE PELOTIZAÇÃO ANTECIPAR O CRITÉRIO TEMPORAL DA HIPÓTESE DE INCIDÊNCIA DA CFEM SOB O NOVO REGRAMENTO.

Conforme antecipado, diversas foram as alterações advindas da nova sistemática de cobrança da CFEM que impactaram diretamente os valores

---

=200770000075112&selOrigem=TRF&chkMostrarBaixados=&todasfases=S&selForma=NU&todaspartes=&hdnRefId=&txtPalavraGerada=&txtChave=. Acesso em: 18 de maio de 2020, n. p.

<sup>69</sup> Aglomerados por processo de pelotização: NCM nº 2601.12.10 na Tabela de incidência do IPI.

<sup>70</sup> Cal viva, apagada e hidráulica: NCMs nºs 2522.10.00, 2522.20.00 e 2522.30.00 na Tabela de incidência do IPI.

despendidos com a exação pelos mineradores, após a conversão da MP nº 789 na Lei nº 13.540/2017. Dentre elas podem ser citados o aumento da alíquota para o minério de ferro (de 2% para 3,5%), a vedação à dedução das despesas com transporte e seguro, bem como a modificação do núcleo da base de cálculo para casos de saída por venda (de faturamento líquido para receita bruta) e para casos de consumo do minério (passa-se a ser necessário considerar o preço corrente de mercado da substância mineral ou um valor de referência, a critério da ANM<sup>71</sup>).

Outra alteração de grande relevância – e de especial pertinência para este estudo – é a referente ao critério temporal da hipótese de incidência da CFEM, que se passa a analisar.

O critério temporal, antes previsto pelo art. 6º da Lei nº 7.990/1989 (saída por venda) e complementado pelo art. 15, parágrafo único, do Decreto nº 1/1991 (equiparação do consumo e da utilização em processo de industrialização), agora passa a ser totalmente regulado pela nova redação deste art. 6º (incluindo-se formalmente à Lei o consumo). Veja-se:

Quadro 1 – Alteração do art. 6º da Lei nº 7.990/1989 pela Lei nº 13.540/2017

	REDAÇÃO ORIGINAL	REDAÇÃO DADA PELA LEI Nº 13.540/2017
<b>Art. 6º da Lei 7.990/89</b>	Art. 6º. A compensação financeira pela exploração de recursos minerais, para fins de aproveitamento econômico, será de até 3% (três por cento) sobre o valor do faturamento líquido resultante da <b>venda</b> do produto mineral, <u>obtido após a última etapa do processo de beneficiamento adotado e antes de sua transformação industrial.</u>	Art. 6º. A exploração de recursos minerais ensejará o recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), nos termos do § 1º art. 20 da Constituição Federal, por ocasião: <ul style="list-style-type: none"> <li>I - da <b>primeira saída por venda</b> de bem mineral;</li> <li>II - do ato de <b>arrematação</b>, nos casos de bem mineral adquirido em hasta pública;</li> <li>III - do ato da <b>primeira aquisição</b> de bem mineral extraído sob o regime de permissão de lavra garimpeira; e</li> <li>IV - do <b>consumo</b> de bem mineral.</li> </ul>

Fonte: Quadro elaborado pela autora a partir das Leis nº 7.990/1989 e 13.540/2017.

<sup>71</sup> A matéria foi regulamentada ainda pelo DNPM, por meio de sua Portaria nº 239, de 23 de março de 2018.

Foi, ainda, acrescentado o § 4º a este art. 6º, para fins de apresentação dos conceitos relevantes para a interpretação da Lei nº 7.990/1989. Note-se que a nova redação quebra a lógica seguida por toda sistemática normativa anterior, salientada pelo já mencionado REsp nº 756.530/DF, pois não fala mais em “recurso” e “produto mineral”, utilizando apenas o termo “bem mineral”, o qual passa a ser interpretado como a “substância mineral já lavrada após a conclusão de seu beneficiamento, quando for o caso”. Em outras palavras, troca-se o termo “produto” por “bem” mineral para se referir ao bem pertencente ao concessionário.

Embora a reforma tenha acrescentado às Leis nº 7.990/1989 e 8.001/1990 muitas das regulamentações antes previstas apenas pelo Decreto nº 01/1991, releva notar, ainda, que foram excluídas todas as previsões que explicitavam a impossibilidade de o processo de beneficiamento incluir fase de transformação industrial, seja pelo critério de descaracterização mineralógica ou pelo da inclusão no campo de incidência do IPI. É o que se depreende da redação sublinhada do quadro acima e, também, da análise do inciso II deste § 4º, que apresenta nova noção de beneficiamento, conforme transcrição abaixo:

Quadro 2 – Alteração normativa para o conceito de processo de beneficiamento

	<b>Art. 14º, III, do Decreto nº 1/1991</b>	<b>Art. 6º, § 4º, II, da Lei nº 7.990/1989 (Incluído pela Lei nº 13.540/2017)</b>
<b>PROCESSO DE BENEFICIAMENTO</b>	III - processo de beneficiamento, aquele realizado por fragmentação, pulverização, classificação, concentração, separação magnética, flotação, homogeneização, aglomeração ou aglutinação, briquetagem, nodulação, sinterização, <b>pelotização</b> , ativação, coqueificação, <b>calcinação</b> , desaguamento, inclusive secagem, desidratação, filtragem, levigação, bem como qualquer outro processo de beneficiamento, ainda que exija adição ou retirada de outras substâncias, <u>desde que não resulte na descaracterização mineralógica das substâncias minerais processadas ou que não impliquem na sua inclusão no campo de incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI.</u>	II - beneficiamento - as operações que objetivem o tratamento do minério, tais como processos realizados por fragmentação, pulverização, classificação, concentração, separação magnética, flotação, homogeneização, aglomeração, aglutinação, briquetagem, nodulação, <b>pelotização</b> , ativação e desaguamento, além de secagem, desidratação, filtragem e levigação, <u>ainda que exijam adição ou retirada de outras substâncias.</u>

Fonte: Quadro elaborado pela autora a partir do Decreto nº 1/1990 e da Lei nº 13.540/2017.

Percebe-se que nesta nova redação o rol de operações classificadas como beneficiamento manteve a pelotização e as demais operações previstas pelo Decreto nº 1/1991, com poucas alterações (dentre as quais a exclusão da já mencionada calcinação). Ademais, não sendo suficiente a retirada dos critérios de consumo, que excepcionavam as hipóteses de beneficiamento ali listadas, verifica-se que a norma alarga a compreensão de beneficiamento ao permitir a adição ou retirada de outras substâncias ao minério.

Por outro lado, o conceito de consumo foi acrescentado ao ordenamento jurídico pelo inciso III do supracitado § 4º, passando a ser “a utilização de bem mineral, a qualquer título, pelo detentor ou arrendatário do direito minerário, assim como pela empresa controladora, controlada ou coligada, em processo que importe na obtenção de nova espécie”.<sup>72</sup>

Destarte, a omissão da Lei acerca da possibilidade de a transformação industrial, em especial pelo critério “descaracterização mineralógica”, encerrar a fase de beneficiamento – a qual agora poderá incluir a adição ou retirada de outras substâncias ao minério – veio acompanhada apenas do conceito aberto de “obtenção de nova espécie”.

Oportunamente, surge a seguinte indagação: se a Orientação Normativa nº 07/2012 do DNPM já questionava a eficácia do termo “descaracterização mineralógica” – o que foi repudiado por este artigo – a nova redação limita-se um termo aberto fadado à mesma crítica. O que caracteriza a obtenção de uma nova espécie, sem que lhe sejam dados parâmetros de apuração?

Indaga-se, ainda: a omissão da nova lei quanto aos critérios de consumo e a inovação quanto à possibilidade de adicionar ou retirar substâncias teriam capacidade de revogar materialmente os referidos critérios previstos no Decreto nº 01/1991, ante a possível incompatibilidade destes últimos com a nova redação?

---

<sup>72</sup> BRASIL. **Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências (Art. 21, XIX da CF). Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7990.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7990.htm). Acesso em: 15 de abril de 2020, n. p.

A fim de responder a estas perguntas, parte-se do mesmo entendimento esposado previamente, formalizado pelo antigo DNPM na Orientação Normativa nº 06/2012 – ou seja, antes da reforma de 2017 –, de que a equiparação do processo de industrialização à saída por venda, trazida à época somente pelo Decreto nº 01/1991, não colidia nem excedia o disposto na Lei nº 7.990/1989. Aliás, pelo contrário, “pretendeu apenas aclarar os preceitos da Lei, determinando o verdadeiro sentido do art. 6º da Lei nº 7.990/1989, sem, entretanto, introduzir-lhe disposições novas”.<sup>73</sup>

Assim, tendo em vista o silêncio da nova norma sobre os parâmetros de apuração do momento da obtenção de nova espécie em caso de consumo, o Decreto nº 01/1991 permaneceria sendo meio válido para regular a cobrança, pois, de acordo com o respectivo Parecer da Procuradoria Federal aprovado pelo DNPM “a função do regulamento não é apenas reproduzir o texto legal, devendo, sim, evidenciar e tornar explícito tudo aquilo que a lei encerra”, haja vista possuir “a missão de explicá-lo e de prover sobre minúcias não abrangidas pela norma geral editada pelo Legislativo”.<sup>74</sup>

Noutro giro, apesar de não ser laudável a imprecisão aguçada pela nova redação – que poderá alimentar novas discussões ao invés de pacificar o debate –, não se acredita que a aplicação prática da sistemática normativa da CFEM poderá ensejar incompatibilidade entre a nova permissão (de adição ou retirada de substâncias durante o processo de beneficiamento) e os critérios de consumo previstos no Decreto nº 01/1991 (omitidos pelo legislador por meio da Lei nº 13.540/2017).

Isto porque a todas estas normas deverá ser dada a interpretação conforme a Constituição, que delimita o critério material da exação, representada por aquela linha tênue, que demarca o momento de transferência da titularidade da substância mineral, uma garantia do concessionário pagador da CFEM.

---

<sup>73</sup> BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Orientação Normativa nº 06/PF-DNPM, de 12 de junho de 2012**. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/acesso-a-informacao/legislacao/orientacoes-normativas-do-diretor-geral-do-dnpm/orientacoes-normativas-do-diretor-geral-do-dnpm-2/orientacao-normativa-no-06-pf-dnpm-de-12062012/view>. Acesso em: 22 de maio de 2020, p. 2.

<sup>74</sup> Ibidem, p. 2.

Por isso, acaso reste comprovado tecnicamente que se trata de uma hipótese de consumo propriamente dita, a referida previsão é nula de pleno direito, malgrado a pelotização esteja novamente prevista como uma operação de beneficiamento e não mais haja previsão expressa no mesmo dispositivo que condicione a manutenção desta classificação à não ocorrência da descaracterização mineralógica.

É nula a classificação da pelotização como beneficiamento, porque resta evidenciada a incongruência das novas previsões fixadas pelo legislador com o ordenamento jurídico, pelo fato de haver demonstrações técnico-científicas de que aquele produto cerâmico esférico, resultante das reações da queima do *pellet-feed* com aditivos orgânicos e inorgânicos, caracteriza-se uma espécie nova, nos termos do art. 4º, I, do Regulamento do IPI e – não diferentemente – do art. 6º, § 4º, da Lei nº 7.990/1989.

É nula, ainda, porque a incongruência da classificação também se dá com a delimitação dos critérios material e temporal feitos pela própria Constituição, que impede a incidência desta receita patrimonial sobre despesas posteriores à fase da lavra, a qual não engloba os processos de industrialização do produto (*pellet-feed*), que o transformam em “outra espécie”.

Em conclusão, tem-se que, mesmo após a reforma de 2017, a pelotização é operação capaz de antecipar o critério temporal da hipótese de incidência da CFEM, ainda que o novo regramento preveja expressamente a pelotização como um processo de mero beneficiamento e que a Lei nº 13.540/2017 tenha se omitido acerca do que caracteriza a obtenção de uma nova espécie, pois, pela análise do ordenamento jurídico, incluindo o Regulamento do IPI e a Constituição Federal, constata-se que esta classificação é incongruente com a realidade.

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir do estudo jurisprudencial e doutrinário acerca da legislação da CFEM, constata-se a viabilidade do debate jurídico acerca do provável desacerto normativo ao classificar o processo de pelotização do minério de ferro como operação de mero beneficiamento do recurso mineral, mesmo após a reforma da

sistemática de cobrança da CFEM advinda da conversão da MP nº 789/2017 na Lei nº 13.540/2017 (com alterações).

Conquanto tenham sido constatadas a omissão da Lei nº 13.540/2017 quanto aos critérios de consumo do minério e sua inovação quanto à possibilidade de adicionar ou retirar substâncias durante o processo de beneficiamento, laudo pericial é meio idôneo para se demonstrar a incongruência entre a previsão normativa e a realidade, tendo em vista a capacidade da descaracterização mineralógica configurar transformação industrial do produto mineral (*pellet-feed*) em outra espécie.

Tal argumento encontra-se subsidiado pela existência de precedente do TRF-4<sup>75</sup>, que, em sede de apelação em Mandado de Segurança Coletivo, reconheceu que a descaracterização mineralógica havida durante o processo de calcinação impediria sua inclusão no rol de processos de beneficiamento, igualmente prevista pelo art. 14, III, do Decreto nº 01/1991. Já sob o novo regramento, publicado no ano do trânsito em julgado da referida ação, a calcinação foi excluída deste rol, em sinal de reconhecimento do equívoco da previsão pretérita.

A referida decisão considerou que o produto cal encontra-se incluso no campo de incidência do IPI, o qual recebe a mesma classificação (“NT”) na Tabela de incidência do IPI que as pelotas de ferro, em razão da imunidade tributária parcial nas operações sobre minerais (art. 155, § 3º, da CF/1988) e da política de não oneração da cadeia produtiva de minérios e da utilização dos resíduos minerais.

Analisando diversos laudos periciais produzidos em juízo, não restam dúvidas de que o produto cerâmico resultante da pelotização adequa-se ao conceito de “obtenção de nova espécie”, seja em conformidade com o conceito de transformação previsto pelo Regulamento do IPI, seja em conformidade com o dispositivo inserido como § 4º, III, à Lei nº 7.990/1989, art. 6º.

---

<sup>75</sup> Neste sentido, veja o Mandado de Segurança Coletivo nº 0007511-08.2007.4.04.7000 (TRF-4).



Demonstrou-se, ainda, que as deduções de despesas havidas sobre o “produto mineral” (agora denominado “bem mineral”) são garantias constitucionais do minerador, e não um favor fiscal, e sua inobservância descaracteriza a natureza jurídica patrimonial da CFEM, pois prevista como uma participação no resultado da exploração do “recurso mineral”, um bem da União.

Por isso, sabendo que o beneficiamento representa a fase final da lavra, deve o legislador respeitar as limitações materiais e temporais impostas pela Constituição Federal, verificadas do paralelo feito entre o art. 20, § 1º, e o art. 176, *caput* e § 2º, da Carta Maior. Portanto, a classificação da operação não é uma faculdade sua e deve decorrer de análise técnico-científica.

Superado o debate acerca da pelotização e sua adequação como hipótese de consumo, não foi possível esgotar o estudo a respeito dos impactos econômicos finais que a reforma de 2017 teve sobre a cadeia de produção das pelotas, em razão do necessário recorte temático realizado por este artigo.

Finalmente, sugere-se a realização de pesquisa acadêmica destinada a identificar eventual inconstitucionalidade e os efeitos práticos para a competitividade internacional das exportadoras brasileiras de pelotas decorrentes da proibição de dedução das despesas de transporte e seguro e a alteração da base de cálculo na hipótese de consumo, que passa a ser calculada sobre a receita bruta, “considerado o preço corrente do bem mineral no mercado local, regional, nacional ou internacional, conforme o caso, ou o valor de referência”<sup>76</sup>, a critério da ANM.

---

<sup>76</sup> Redação do artigo 2º, II, da Lei nº 8.001/1990 dada pela Lei nº 13.540/2017.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Alexandre. A Compensação Financeira sobre a Exploração de Recursos Minerais: novo tributo? **Boletim BMJ**. Ano 02, nº 12, pp. 10-13, novembro de 2017. Disponível em: [https://www.academia.edu/35231126/O\\_Brasil\\_Diante\\_da\\_Crise\\_Global\\_de\\_Refugiados.pdf](https://www.academia.edu/35231126/O_Brasil_Diante_da_Crise_Global_de_Refugiados.pdf). Acesso em: 20 de fevereiro de 2020.

ATAÍDE, Pedro. **Direito Minerário**. 2ª ed. Salvador: JusPodivm, 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Arrecadação da CFEM por substância**: ano 2019. Disponível em: [https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/relatorios/arrecadacao\\_cfem\\_substancia.aspx](https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/relatorios/arrecadacao_cfem_substancia.aspx). Acesso em: 02 de junho de 2020.

BRASIL. **Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 12 de março de 2020.

BRASIL. **Decreto nº 1, de 11 de janeiro de 1991**. Regulamenta o pagamento da compensação financeira instituída pela Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1991/decreto-1-11-janeiro-1991-342346-normaatualizada-pe.html>. Acesso em: 04 de junho de 2020.

BRASIL. **Decreto nº 7.212, de 15 de junho de 2010**. Regulamenta a cobrança, fiscalização, arrecadação e administração do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7212.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7212.htm). Acesso em: 10 de junho de 2020.

BRASIL. **Decreto nº 8.950, de 29 de dezembro de 2016**. Aprova a Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados (TIPI). Disponível em <http://receita.economia.gov.br/aceso-rapido/legislacao/legislacao-por-assunto/tipi-tabela-de-incidencia-do-imposto-sobre-produtos-industrializados>. Acesso em: 10 de junho de 2020.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940 (Código de Minas). Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/Del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0227.htm). Acesso em: 12 de março de 2020.

BRASIL. **Exposição de Motivos da Medida Provisória nº 789, de 26 de julho de 2017.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Exm/Exm-MP-789-17.pdf](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Exm/Exm-MP-789-17.pdf). Acesso em: 28 maio de 2020.

BRASIL. **Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências (Art. 21, XIX da CF). Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7990.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7990.htm). Acesso em: 15 de abril de 2020.

BRASIL. **Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990.** Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8001.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8001.htm). Acesso em: 12 de fevereiro de 2020.

BRASIL. **Lei nº 13.105, de 16 de março de 2015.** Código de Processo Civil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13105.htm). Acesso em: 12 de fevereiro de 2020.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria Especial de Fazenda; Secretaria de Orçamento Federal. **Manual Técnico de Orçamento de 2020 (MTO 2020).** 11ª ed. Brasília: 12 de maio de 2020. Disponível em: <https://www1.siop.planejamento.gov.br/mto/lib/exe/fetch.php/mto2020:mto2020-versao11.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2020.

BRASIL. Ministério da Economia. Tesouro Nacional. **Manual de Contabilidade Aplicada ao Setor Público (MCASP).** 8ª ed. Brasília: 2019. Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br/mcasp>. Acesso em: 06 de junho de 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Orientação Normativa nº 06/PF-DNPM, de 12 de junho de 2012.** Disponível em: <http://www.anm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/orientacoes-normativas-do-diretor-geral-do-dnmp/orientacoes-normativas-do-diretor-geral-do-dnmp-2/orientacao-normativa-no-06-pf-dnmp-de-12062012/view>. Acesso em: 22 de maio de 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Orientação Normativa nº 07/PF-DNPM, de 12 de junho de 2012.** Disponível em: <http://www.anm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/orientacoes-normativas-do-diretor-geral-do-dnmp/orientacoes-normativas-do-diretor-geral-do-dnmp-2/orientacao-normativa-no-07-pf-dnmp-de-12062012/view>. Acesso em: 22 de maio de 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Portaria DNPM nº 237, de 18 de outubro de 2001.** Aprova as Normas Reguladoras de Mineração - NRM, de que trata o art. 97 do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnmp/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-237-em-18-10-2001-do-diretor-geral-do-dnmp/view>. Acesso em: 28 de maio de 2020.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (1ª Turma). **Recurso Especial nº 756.530, Distrito Federal.** Recorrente: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Recorrido: Sindicato Nacional da Indústria da Extração de Ferro e Metais Básicos (SINFERBASE). Relator: Ministro Teori Albino Zavascki. Brasília-DF, 13 de março de 2007. Publicação no Diário de Justiça em 21 de junho de 2007. Disponível em: <https://ww2.stj.jus.br/processo/pesquisa/?tipoPesquisa=tipoPesquisaNumeroRegistro&termo=200500925962&totalRegistrosPorPagina=40&aplicacao=processos.ea>. Acesso em: 25 de março de 2020.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (Tribunal Pleno). **Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 3.273, Distrito Federal.** Requerente: Governador do Estado do Paraná. Interessado: Congresso Nacional e Presidente da República. Relator originário: Ministro Carlos Britto. Relator para o acórdão: Eros Grau. Brasília-

DF, 16 de março de 2005. Publicação no Diário de Justiça em: 28 de março de 2005. Disponível em: <http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=408864>. Acesso em: 10 de março de 2020.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (Tribunal Pleno). **Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 4.846, Espírito Santo**. Requerente: Governador do Estado do Espírito Santo. Interessado: Congresso Nacional e Presidente da República. Relator: Ministro Edson Fachin. Brasília-DF, 09 de outubro de 2019. Publicação no Diário de Justiça Eletrônico em: 18 de fevereiro de 2020. Disponível em: <https://jurisprudencia.stf.jus.br/pages/search/sjur419131/false>. Acesso em: 25 de maio de 2020.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (1ª Turma). **Recurso Extraordinário nº 228.800, Distrito Federal**. Recorrente: Mineração Taboca LTDA. Recorridos: União, Estado do Amazonas e Município de Presidente Figueiredo. Relator: Ministro Sepúlveda Pertence. Brasília-DF, 25 de setembro de 2001. Publicação no Diário de Justiça em 16 de novembro de 2001. Disponível em: <https://jurisprudencia.stf.jus.br/pages/search/sjur101401/false>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

BRASIL. Tribunal Regional Federal da Primeira Região. **Agravo de Instrumento nº 0042474-98.2012.4.01.0000, Pará**. Recorrente: Vale S/A. Recorrido: Departamento Nacional de Produção Mineral. Relator: Desembargadora Maria do Carmo Cardoso. Brasília-DF, 04 de setembro de 2012. Publicação no Diário de Justiça em 14 de setembro de 2012. Disponível em: <https://arquivo.trf1.jus.br/PesquisaMenuArquivo.asp?p1=00424749820124010000&pA=&pN=424749820124010000>. Acesso em: 18 de maio de 2020.

BRASIL. Tribunal Regional Federal da Primeira Região (8ª Turma). **Agravo de Instrumento nº 0042474-98.2012.4.01.0000, Pará**. Recorrente: Vale S/A. Recorrido: Departamento Nacional de Produção Mineral. Relator: Desembargadora Maria do Carmo Cardoso. Brasília-DF, 28 de junho de 2013. Publicação no Diário de Justiça em 26 de julho de 2013. Disponível em:

<https://arquivo.trf1.jus.br/PesquisaMenuArquivo.asp?p1=00424749820124010000&pA=&pN=424749820124010000>. Acesso em: 18 de maio de 2020.

BRASIL. Tribunal Regional Federal da Quarta Região (4ª Turma). **Apelação em Mandado de Segurança Coletivo nº 0007511-08.2007.4.04.7000, Paraná**. Recorrente: Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP). Recorrido: Departamento Nacional de Produção Mineral. Relator: Desembargador Márcio Antonio Rocha. Porto Alegre-RS, 10 de abril de 2008. Publicação no Diário de Justiça em 06 de maio de 2008. Disponível em: [https://www2.trf4.jus.br/trf4/controlador.php?acao=consulta\\_processual\\_resultado\\_pesquisa&txtValor=200770000075112&selOrigem=TRF&chkMostrarBaixados=&todasfases=S&selForma=NU&todaspartes=&hdnRefId=&txtPalavraGerada=&txtChave=](https://www2.trf4.jus.br/trf4/controlador.php?acao=consulta_processual_resultado_pesquisa&txtValor=200770000075112&selOrigem=TRF&chkMostrarBaixados=&todasfases=S&selForma=NU&todaspartes=&hdnRefId=&txtPalavraGerada=&txtChave=). Acesso em: 18 de maio de 2020.

CARVALHO, Paulo de Barros. **Curso de Direito Tributário**. 30ª ed. São Paulo: Saraiva, 2019.

CASTRO JÚNIOR, Paulo Honório de; SILVA, Tiago de Mattos. **CFEM: Compensação Financeira por Exploração de Recursos Minerais**. Belo Horizonte: D'Plácido, 2018.

ECO, Humberto. **Kant e o Ornitorrinco**. Rio de Janeiro: Record, 1998.

FERREIRA, Paulo David de Oliveira; SANCHES, Daniel Calvano. CFEM no consumo: o caso da pelletização do minério de ferro. *In*: AZEVEDO, Marcelo (Coord.). **Direito da Mineração: questões minerárias, ambientais e tributárias**. Belo Horizonte: Editora D'Plácido, 2017.

LEÃO, Jardel Meireles. A CFEM como Indenização Administrativa. *In* SILVA, Paulo Roberto Coimbra. **Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais: natureza jurídica e questões correlatas**. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

LEITE, Camila Moraes; MARLUCI, Roberta Borella. A CFEM como Indenização Ambiental. *In* SILVA, Paulo Roberto Coimbra. **Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais: natureza jurídica e questões correlatas**. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

PIOVESANA, Matheus *et al.* Cotação internacional do minério de ferro sobe após paralização de complexo da Vale em Minas. **Jornal O Estado de São Paulo**. São Paulo, 08 de junho de 2020, às 13h09. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,cotacao-internacional-do-minerio-de-ferro-sobe-apos-paralisacao-de-complexo-da-vale-em-minas,70003328327>. Acesso em: 29 de junho de 2020.

SAMPAIO, Ronaldo Santos. **Laudo pericial de engenharia metalúrgica** nos autos do Processo nº 0009906-34.2010.4.01.3901, 2ª Vara Federal da Subseção de Marabá/PA. Belo Horizonte: 07 de janeiro de 2015.

SCAFF, Fernando Facury. Atual prazo de decadência para cobrança da CFEM e dos royalties do petróleo é de 5 anos. **Revista Consultor Jurídico**, 09 de março de 2020, 8h00. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2020-mar-09/justica-tributaria-atual-prazo-decadencia-cobranca-cfeme-royalties-petroleo-anos>. Acesso em: 09 de junho de 2020.

SCAFF, Fernando Facury. **Royalties do petróleo, minério e energia**. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2014.

SILVA, Paulo Roberto Coimbra. A CFEM à Luz da Teoria da Norma. In SILVA, Paulo Roberto Coimbra. **Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais**: natureza jurídica e questões correlatas. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

SILVA, Tiago de Mattos; CASTRO JÚNIOR, Paulo Honório. A eficácia da descaracterização mineralógica enquanto critério temporal da hipótese de incidência da CFEM. In FREIRE, William; SILVA, Tiago de Mattos (Coord.). **Aspectos Controvertidos do Direito Minerário e Ambiental**. Belo Horizonte: Jurídica, 2013.

SOUZA, Marcelo Mendo Gomes de. Marco Legal do Setor Mineral: mudar ou aperfeiçoar? In: MARTINS, JAIME; LIMA, Paulo César Ribeiro (Coord.). **Setor Mineral: rumo a um novo marco legal**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2011.

TORRES, Heleno Taveira. CFEM não pode incidir sobre pelotização ou outra etapa de industrialização mineral. **Revista Consultor Jurídico**, de 16 de outubro de 2019,

9h53. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2019-out-16/consultor-tributario-cfem-nao-incidir-etapa-industrializacao-mineral>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2020.

TORRES, Ricardo Lobo. **Curso de Direito Financeiro e Tributário**. 18ª ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2011.

VALE S/A. **Formulário 20-F**: para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2019. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/investors/services-investor/investors-kit/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 09 de junho de 2020.

VALE S/A. **Infográfico acerca do processo de extração do minério de ferro de Carajás-PA**. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/business/mining/iron-ore-pellets/Documents/carajas/index.html>. Acesso em: 08 de maio de 2020.

VALE S/A. **Você sabe o que é pelotização?** Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/voce-sabe-o-que-e-pelotizacao.aspx>. Acesso em: 08 de maio de 2020.



**ANEXO**

10035  
G

# LAUDO PERICIAL

**OBJETO:**

**PERÍCIA DE ENGENHARIA METALÚRGICA**

**IDENTIFICAÇÃO DOS AUTOS:**

**2ª Vara Federal da Subseção de Marabá - Estado do Pará**

**Processo nº 9906-34.2010.4.01.3901**

**Requerente: VALE S/A**

**Requerido: DNPM**

**PERITO DO JUÍZO**

**ENGENHEIRO METALÚRGICO RONALDO SANTOS SAMPAIO**

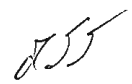
1008  
6

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

## **LAUDO PERICIAL**

Que faz **RONALDO SANTOS SAMPAIO**, brasileiro, divorciado, Engenheiro Metalúrgico, especialização em Engenharia Econômica pelo Instituto de Engenharia Econômica e Administração da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Mestre em Metalurgia Extrativa pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, “Master of Science in Metallurgical Engineering and Materials Science pela Carnegie-Mellon University” e “Doctor of Philosophy in Metallurgical Engineering and Materials Science pela Carnegie-Mellon University”, inscrito no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG) sob o nº 17447/D, no CPF/MF sob o nº 230.276.496-04, no RG sob o nº M-98.402/SSP/MG, com escritório profissional à Rua Ribeiro Junqueira nº 161-A, Bairro Comiteco, em Belo Horizonte, Minas Gerais, Cep 30315-320, Cel. +55 31 91298724, E-mail: ronaldo.issbrazil@gmail.com), habilitado nos termos do artigo 145 e seguintes do Código de Processo Civil – CPC, por nomeação do Juízo, nos autos do **processo nº 9906-34.2010.4.01.3901, que tramita na na 2ª Vara Federal da Subseção de Marabá – Estado do Pará e que tem como requerente VALE S/A e como requerido o DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral.**

Novembro de 2014 a Janeiro de 2015



**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

**2 – SUMÁRIO**

1-APRESENTAÇÃO.....	01
2-SUMÁRIO.....	02
3-INDICAÇÃO DOS ANEXOS.....	03
4-INDICAÇÃO DOS DOCUMENTOS PRINCIPAIS NOS AUTOS.....	04
5-INTRODUÇÃO.....	05
6-OBJETIVO DA PERÍCIA.....	05
7-METODOLOGIA.....	05
8-SÍNTESE DA CONTROVÉRSIA INSTALADA NOS AUTOS.....	06
8.1-Argumentação da Requerente Vale S/A.....	07
8.2-Argumentação do Requerido DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral.....	07
9-COLETA DE INFORMAÇÕES E SUBSÍDIOS.....	08
9.1-Registro referente ao início da perícia.....	08
9.2-Registro da reunião com os peritos assistentes para coleta de dados e sugestões.....	10
10-DOS QUESITOS.....	13
10.1- Quesitos da Requerente Vale S/A.....	14
10.2-Quesitos do Requerido DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral.....	48
11- CONCLUSÃO.....	59
12-BIBLIOGRAFIA/REFERÊNCIAS.....	60



1008

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
 Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

**3 – INDICAÇÃO DOS ANEXOS**

**DIPLOMAS, TÍTULOS E CERTIFICADOS DO PERITO:**

<b>A-CARTEIRA DE IDENTIDADE PROFISSIONAL - CREA.....</b>	<b>65</b>
<b>B- DIPLOMA DE GRADUAÇÃO (UFMG).....</b>	<b>66</b>
<b>C-ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA ECONÔMICA (UFMG).....</b>	<b>67</b>
<b>D-MESTRADO EM METALURGIA EXTRATIVA (UFMG).....</b>	<b>68</b>
<b>E-MASTER OF SCIENCE IN METALLURGICAL ENGINEERING AND MATERIALS SCIENCE (Carnegie-Mellon University).....</b>	<b>69</b>
<b>F-DOCTOR OF PHILOSOFHY IN METALLURGICAL ENGINEERING AND MATERIALS SCIENCE (Carnegie-Mellon University).....</b>	<b>70</b>
<b>G-CURRICULUM LATTE (atualizado até dezembro/2014).....</b>	<b>71</b>
<b>G.1-CURSOS SEMINARIOS E ATIVIDADES</b>	
<b>G.2-ARTIGOS PUBLICADOS E PALESTRAS PROFERIDAS</b>	
<b>G.3-COORDENAÇÃO DE BANCAS DE PÓS, MESTRADO E DOUTORADO</b>	
<b>G.4-OUTRAS INFORMAÇÕES</b>	
<b>H-CÓPIA DA ATA REFERENTE AO INÍCIO DA PERÍCIA.....</b>	<b>72</b>
<b>I-CÓPIA DA ATA DA REUNIÃO REALIZADA COM OS PERITOS DAS PARTES.....</b>	<b>73</b>
<b>J-REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA REUNIÃO COM OS PERITOS (02).....</b>	<b>74</b>

1755

10028  
0

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

**4 = INDICAÇÃO DOS DOCUMENTOS PRINCIPAIS NOS AUTOS**

- INICIAL.....Fls. 03/45
- CONTESTAÇÃO..... Fls. 693/630
- IMPUGNAÇÃO À CONTESTAÇÃO..... Fls. 632/663
- PETIÇÃO DA REQUERENTE COM A FORMULAÇÃO DOS QUESITOS..... Fls. 717/720
- PETIÇÃO DA REQUERIDA COM A FORMULAÇÃO DOS QUESITOS..... s/indicação

*RS*

1010  
f

## 5 – INTRODUÇÃO

Por definição, na linguagem jurídica, perícia designa especialmente, em sentido lato, a diligência realizada ou executada a fim de que se esclareça ou evidencie certo fato. Significa, portanto, a pesquisa, o exame, a verificação, acerca da verdade ou da realidade do mesmo, por pessoas que tenham reconhecida habilidade ou experiência na matéria de que se trata.

A perícia, segundo princípio da lei processual, é medida que visa mostrar o fato, quando se quer esclarecer circunstâncias a respeito do mesmo, que não se acham perfeitamente definidas, impondo-se seu exame por pessoa capaz de proceder a tal mister.

## 6 – OBJETIVO DA PERÍCIA

O laudo desta perícia, como requerido pelas partes e determinado pelo r. Juízo, se restringe ao campo de verificação afeto à Engenharia Metalúrgica e, tem por objetivo, responder aos quesitos formulados pelas partes integrantes do litígio, a saber VALE S/A (Requerente) e DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral (Requerido), que divergem quanto a ser a PELOTIZAÇÃO um processo industrial (argumentação da Requerente VALE S/A) ou uma etapa de beneficiamento do minério de ferro (argumentação do Requerido DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral).

## 7 – METODOLOGIA

Este Laudo Pericial baseou sua análise nos dados apurados no processo, sendo utilizados os seguintes procedimentos de verificação e metodologia:

RS

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

- a. Em 19 e 21/11/2014, comparecimento à Secretaria da 2ª Vara Federal da Subseção de Marabá – Pará, para retirada do processo nº 9906-34.2010.4.01.3901, bem como, para reunião com os representantes das partes em litígio (inclusive peritos assistentes);
- b. De 24/11/2014 a 1º/12/2014, verificação, leitura e análise dos documentos que integram os autos do processo nº 9906-34.2010.4.01.3901, bem como reunião com os peritos assistentes das partes em litígio, promovendo a coleta de dados e informações apresentados por estes;
- c. Confeção do laudo e elaboração das respostas aos quesitos formulados pelas partes em litígio, considerando a formação e a experiência do subscritor deste laudo, bem como o acervo técnico-científico na área de engenharia metalúrgica existente e adotado mundialmente.

## **8 – SÍNTESE DA CONTROVÉRSIA INSTALADA NOS AUTOS**

Conforme anotado na petição inicial (fls. 03/45 dos autos), trata-se de **Ação Anulatória de Débitos - cumulada com pedido de antecipação de tutela**, impetrada por “VALE S/A, com sede na Cidade e Estado do Rio Janeiro, à Avenida Graça Aranha, n.º 26, Centro, inscrita no CNPJ sob o n.º 33.592.510/0001-54”, em face do “DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (“DNPM”), autarquia federal cujo 5º Distrito encontra-se sediado na Av. Almirante Barroso, n.º 1839, Belém-PA, CEP 66.630-505, e inscrito no CNPJ/MF sob o n.º 00.381.056/0006-48”, distribuída em 17/12/2010 (conforme protocolo de fls. 03 dos autos).

O processo foi autuado sob o nº 9906-34.2010.4.01.3901 e tramita na 2ª Vara Federal da Subseção Judiciária de Marabá-Pará, distribuídos em 05 volumes, os autos foram examinados na totalidade de suas 999 páginas, sendo destacados e anexados por cópia neste laudo, os seguintes documentos: A. INICIAL (fls. 03/45); B. CONTESTAÇÃO (fls. 693/630);



**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

C. IMPUGNAÇÃO À CONTESTAÇÃO (fls. 632/663); D. PETIÇÕES DA REQUERENTE REFERENTES À PRODUÇÃO DE PROVAS E APRESENTAÇÃO DOS QUESITOS (fls. 717/720 E 847/850) e E. PETIÇÃO DA REQUERIDA COM A APRESENTAÇÃO DOS QUESITOS (fls. não indicadas c/ intimação e recebimento por e-mail).

**Importante destacar que o alcance desta perícia em face da controvérsia instalada nos autos, bem como o decote a seguir apresentado nos itens 4.1 e 4.2, se limita à questão de engenharia metalúrgica a qual esta perícia deve se ater, sem avançar sobre outras matérias debatidas no presente processo, em relação às quais não cabe a este perito manifestar-se.**

### **8.1 – Argumentação da Requerente Vale S/A.**

A Requerente VALE S/A sustenta que a pelotização é um processo de transformação industrial que altera as características físicas e químicas do minério de ferro, não se constituindo, portanto, em mera etapa de beneficiamento.

Para tanto, invoca que na pelotização outros elementos são adicionados ao minério de ferro, modificando-o e transformando suas características originais, existentes quando de sua retirada na mina.

### **8.2 – Argumentação do Requerido DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral**

Por sua vez, o Requerido DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral sustenta que a pelotização é unicamente uma etapa do processo de beneficiamento do minério de ferro, sem que ocorra a alteração das características físicas e químicas do minério de ferro, não podendo, assim, ser considerado um processo industrial.

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1013

Neste sentido, defende que na pelotização, apesar de ocorrer a adição de outros elementos químicos ao minério de ferro, este não tem alteradas suas características originais.

Acrescenta, ainda, que há disciplina normativa que define a pelotização como uma etapa do processo de beneficiamento e, que, na esteira desse entendimento, já existem decisões judiciais, argumento que refoge ao exame objeto da presente perícia.

## **9 – COLETA DE INFORMAÇÕES E SUBSÍDIOS**

De modo a oportunizar que as partes esgotassem a apresentação dos fundamentos apresentados, respectivamente, com a inicial e a contestação, foram ajustadas duas reuniões entre o perito do Juízo e os peritos que assistem as partes, a primeira, em 21/11/2014 na sede da 2ª Vara Federal da Subseção Judiciária de Marabá-Pará, na qual não foi possível o comparecimento dos peritos das partes, o que ocorreu na segunda, realizada em 1º/12/2014, em escritório de atuação do perito do Juízo, sediado em Belo Horizonte, Minas Gerais, registrando-se, em cada uma delas os atos como a seguir formalizados em “Atas de Reunião”:

### **9.1 – Registro referente ao início da perícia**

#### **ATA DE REUNIÃO**

##### **DADOS DO PROCESSO EM PAUTA:**

Justiça Federal de Primeira Instância - Seção Judiciária do Pará

Subseção de Marabá - 2ª Vara Federal de Marabá

Processo nº 9906-34.2010.4.01.3901

Autor: VALE S/A

Réu: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL

155

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

Aos vinte e um dias de novembro de dois mil e quatorze, na sede da 2ª Vara Federal da Subseção Judiciária de Marabá-Pará, localizada na Travessa Ubá, s/n, Bairro Amapá, em Marabá, Estado do Pará, Cep 68502-008, foi realizada a REUNIÃO PARA COLETA DE DADOS E SUBSÍDIOS, EXPOSIÇÃO DAS TESES DEFENDIDAS PELAS PARTES QUE LITIGAM NO PROCESSO EM REFERÊNCIA E SUA DISCUSSÃO, com a presença do Perito do Juízo, Dr. Ronaldo Santos Sampaio, brasileiro, Engenheiro Metalúrgico, com Especialização em Engenharia Econômica pelo Instituto de Engenharia Econômica e Administração da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Mestre em Metalurgia Extrativa pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, “Master of Science in Metallurgical Engineering and Materials Science pela Carnegie-Mellon University” e “Doctor of Philosophy in Metallurgical Engineering and Materials Science pela Carnegie-Mellon University”, inscrito no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG) sob o nº 17447/D, no CPF/MF sob o nº 230.276.496-04, no RG sob o nº M-98.402/SSP/MG, com endereço profissional à Rua Ribeiro Junqueira nº 161-A, Bairro Comiteco, em Belo Horizonte, Minas Gerais, Cep 30315-320, Cel. +55 31 91298724, E-mail: [ronaldo.issbrazil@gmail.com](mailto:ronaldo.issbrazil@gmail.com). Não foi possível o comparecimento do Perito Assistente da Requerente VALE S/A, Dr. Kioshi Kaneko, brasileiro, engenheiro geólogo, inscrito no CPF/MF sob o nº 098.127.908-20, no RG sob o nº 12.710.523/SSP-SP, com endereço profissional na Avenida Dante Michelini, 5500, Ponta de Tubarão, Vitória, Espírito Santo, Cep. 29090-900, Tel. +55 27 33336649, nem do Perito Assistente do Requerido DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, Dr. Ambrózio Hajime Ichihara, brasileiro, geólogo, servidor público, inscrito no CPF/MF sob o nº 081.199.532-15, no RG sob o número 935535/SSP-PA, com endereço na Travessa Barão do Triunfo, 3380, apto. 1402, Belém, Pará, Cep.66093-050, Tel. +55 91988867986, tendo sido indicado como secretário para a lavratura desta ata o Sr. Haylson de Souza Pinel, brasileiro, advogado, inscrito na OAB-MG sob o nº 52510B e no CPF/MF sob o nº 579.423.827-53, com endereço profissional na Rua Hidra, 510, Bairro Santa Lúcia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Cep. 30360-300, Tel. +55 31 93257440, E-mail: [hpinel@hotmail.com](mailto:hpinel@hotmail.com).

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

10/15

## DO OBJETIVO DA REUNIÃO

A reunião visa oportunizar aos senhores peritos indicados pelas partes o oferecimento de subsídios técnicos e científicos relacionados ao objeto da perícia, de modo a que se evidenciem, isonomicamente, as bases de sustentação das teses apresentadas ao Juízo pela Requerente e pelo Requerido, garantindo-se, o alcance pleno da produção da prova.

## DOS FATOS

O senhor perito do Juízo abriu a reunião e permaneceu à disposição dos senhores peritos assistentes das partes pelo tempo designado na comunicação feita, por petição, ao Juízo. No transcorrer desse prazo, todavia, o senhor perito do Juízo foi informado por meio de telefonemas, da impossibilidade do comparecimento dos senhores peritos assistentes a reunião, ficando de se ajustar a designação de nova data para este fim, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Por fim, iniciada as 09:00 horas, encerrou-se pelas razões relatadas as 17:00 horas, sendo lavrada a presente ata, que lida e achada conforme vai por todos assinada.

Marabá, Pará, 21 de novembro de 2014.

02 (duas) assinaturas

## 9.2 – Registro referente à reunião com os peritos assistentes para coleta de dados e sugestões

### ATA DE REUNIÃO

#### DADOS DO PROCESSO EM PAUTA:

Justiça Federal de Primeira Instância - Seção Judiciária do Pará

Subseção de Marabá - 2ª Vara Federal de Marabá

Processo nº 9906-34.2010.4.01.3901

Autor: VALE S/A

Réu: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL

JSS

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**

Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

No dia primeiro de dezembro de dois mil e quatorze, no escritório localizado na Rua Hidra, 510, bairro Santa Lúcia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Cep 30360-300, local escolhido mediante ajuste entre os participantes, foi realizada a REUNIÃO PARA COLETA DE DADOS E SUBSÍDIOS, EXPOSIÇÃO DAS TESES DEFENDIDAS PELAS PARTES QUE LITIGAM NO PROCESSO EM REFERÊNCIA E SUA DISCUSSÃO, com a presença do Perito do Juízo, Dr. **Ronaldo Santos Sampaio**, brasileiro, Engenheiro Metalúrgico, com Especialização em Engenharia Econômica pelo Instituto de Engenharia Econômica e Administração da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Mestre em Metalurgia Extrativa pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, “Master of Science in Metallurgical Engineering and Materials Science pela Carnegie-Mellon University” e “Doctor of Philosophy in Metallurgical Engineering and Materials Science pela Carnegie-Mellon University”, inscrito no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG) sob o nº 17447/D, no CPF/MF sob o nº 230.276.496-04, no RG sob o nº M-98.402/SSP/MG, com endereço profissional à Rua Ribeiro Junqueira nº 161-A, Bairro Comiteco, em Belo Horizonte, Minas Gerais, Cep 30315-320, Cel. +55 31 91298724, E-mail: [ronaldo.issbrazil@gmail.com](mailto:ronaldo.issbrazil@gmail.com), do Perito Assistente da Requerente VALE S/A, Dr. **Kioshi Kaneko**, brasileiro, engenheiro geólogo, inscrito no CPF/MF sob o nº 098.127.908-20, no RG sob o nº 12.710.523/SSP-SP, com endereço profissional na Avenida Dante Michelini, 5500, Ponta de Tubarão, Vitória, Espírito Santo, Cep. 29090-900, Tel. +55 27 33336649, do Dr. **Tiago Chaves de Paula**, brasileiro, administrador de empresas, inscrito no CPF/MF sob o nº 037.318.736-05, no RG sob o nº 8244428/SSP-MG, com endereço profissional na Avenida de Ligação, 3580, prédio 2, Térreo, Mina de Aguas Claras, Nova Lima, Minas Gerais, Cep. 34000-000, Tel. +55 3132154770 e do Perito Assistente do Requerido DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, Dr. **Ambrózio Hajime Ichihara**, brasileiro, geólogo, servidor público, inscrito no CPF/MF sob o nº 081.199.532-15, no RG sob o número 935535/SSP-PA, com endereço na Travessa Barão do Triunfo, 3380, apto. 1402, Belém, Pará, Cep.66093-050, Tel. +55 91988867986, sendo indicado como secretário o Sr. Haylson de Souza Pinel, brasileiro, advogado, inscrito na OAB-MG sob o nº 52510B e no CPF/MF sob o nº 579.423.827-53, com endereço profissional no local em que se realizou a reunião.

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1017  
8

### DO OBJETIVO DA REUNIÃO

A reunião visa oportunizar aos senhores peritos indicados pelas partes o oferecimento de subsídios técnicos e científicos relacionados ao objeto da perícia, de modo a que se evidenciem, isonomicamente, as bases de sustentação das teses apresentadas ao Juízo pela Requerente e pelo Requerido, garantindo-se, o alcance pleno da produção da prova. Conforme expedientes trocados entre os senhores peritos assistentes e o perito do Juízo (via e-mail), foram entregues documentos e trabalhos para servirem de subsídios para os trabalhos periciais.

### DA EXPOSIÇÃO DAS TESES PELOS PERITOS ASSISTENTES

A reunião teve início com o perito do Juízo fazendo uma breve exposição da finalidade pretendida pelas partes, pontuando o centro da divergência instalada na ação judicial.

A reunião teve seguimento com a apresentação do perito da Requerente (VALE S/A) que, utilizando de meios audiovisuais, defendeu o ponto de vista da Requerente.

Em seguida, tendo o perito do Juízo disponibilizado meios audiovisuais e quadro branco a pedido do perito do Requerido DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, este deu início a sua apresentação consistente na defesa dos pontos de vista do Requerido.

### DA PROPOSTA DE ATUAÇÃO

Após a exposição dos peritos assistentes, promoveu-se um debate visando a fixação dos pontos controversos para que o perito do Juízo possa concluir o seu trabalho pericial com as respostas ao quesitos.

Não tendo sido localizada nos autos a petição contendo os quesitos do Requerido DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, o senhor perito assistente, comprometeu-se em enviá-los, por e-mail, ao Perito do Juízo, afim de que possam ser oportunamente respondidos.

1755

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

Por fim, iniciada as 14:30 horas, encerrou-se a reunião as 18:30 horas, sendo lavrada a presente ata, que lida e achada conforme vai por todos assinada.

Belo Horizonte, Minas Gerais, 1º de dezembro de 2014.

05 (cinco) assinaturas.

## **10 – DOS QUESITOS**

As partes apresentaram quesitos ao perito do Juízo, os quais seguem com as respectivas respostas, na ordem como foram apresentados nos autos, primeiro os da requerente VALE S/A e, em seguida, os do requerido DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral.

Conforme requerida e deferida, a presente perícia se dá para dirimir questão de natureza técnica afeta à engenharia metalúrgica, razão pela qual seu alcance está, portanto, delimitado a esta área do conhecimento científico. Na reunião já informada no item 9.2, às fls. 10 deste relatório, foi explicitado ao perito assistente do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, que a petição formalizando a sua indicação, bem como apresentando os quesitos a serem respondidos por este perito do Juízo, não se encontrava anexada aos autos (retirados, em 19/11/2014, da Secretaria da 2ª Vara Federal da Subseção Judiciária de Marabá-PA, para a realização da perícia), com o que, o perito assistente do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, se comprometeu a encaminhá-la, proporcionando, dessa forma, o necessário enfrentamento das indagações da parte/requerida.

Por e-mail, no dia 03/11/2014, o perito assistente do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral encaminhou uma relação contendo 21 (vinte e um quesitos), mas, não, a cópia de petição que constasse o protocolo correspondente, formalizando a apresentação do

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

documento ao Juízo. Diligenciou-se, então, junto à Secretaria da 2ª Vara Federal da Subseção Judiciária de Marabá-PA, no sentido de ser localizado o protocolo da referida petição, sendo este perito do Juízo, informado, que após a data em que retirou os autos visando a realização dos trabalhos periciais é que ocorreu o protocolo de petição do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral (Petição Eletrônica nº 13230987, com protocolo judicial da Subseção de Marabá-PA em 21/12/2014, sob o nº 031676), contendo a indicação do perito assistente e a apresentação de quesitos, petição que foi despachada pelo i. Magistrado, Dr. Heitor Moura Gomes em 02/12/2014, deferindo o assistente técnico e os quesitos apresentados pelo DNPM na referida petição, bem como, determinando a intimação deste perito sobre os referidos quesitos e o assistente técnico apresentado.

Assim sendo, sem embargo deste perito vir a responder a qualquer quesito suplementar que venha a ser apresentado pelo requerido DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, fazê-lo, nesta oportunidade, importaria avançar sobre questões não submetidas à apreciação e a autorização judicial necessárias, caracterizando indevida invasão de competência cometida ao Magistrado.

Todavia, importante destacar, que as questões excedentes apresentadas, no que diz respeito a análise técnica própria da perícia de engenharia metalúrgica, estão satisfatoriamente esclarecidas no enfrentamento dispensado a totalidade os quesitos apresentados, não se operando perda de substância quanto ao esclarecimento das mesmas.

**10.1 – QUESITOS FORMULADOS PELA REQUERENTE VALE S/A:**

QUESITO 1.

**Descreva o Sr. Perito, de maneira sintética, no que consiste o processo de pelotização de minério de ferro:**



**RESPOSTA:**

Reconhecida como tecnologia de preparação de alto valor agregado na cadeia de produção do aço<sup>(1)</sup>, a pelletização é um processo de aglomeração que, através de tratamento térmico, transforma a fração fina do minério de ferro em esferas de alta resistência<sup>(3)</sup> e tamanhos na faixa de 8 a 18 mm<sup>(2)(5)</sup>; as pelotas.

A matéria prima é o minério de ferro com tamanho de partículas abaixo de 0,150mm, que não tem como ser utilizado diretamente nos reatores de leitos porosos (Altos-fornos e Reatores de Redução Direta<sup>(4)</sup>). As pelotas se caracterizam como produto cerâmico<sup>(6)</sup> que atende às exigências de solicitações mecânicas (quedas, impactos) no transporte, manuseio e também às solicitações térmicas e químicas a que serão submetidas dentro dos reatores de produção de ferro.

**QUESITO 2.**

**Descreva o Sr. Perito, de que maneira igualmente sintética, as etapas do processo completo de pelletização:**

**RESPOSTA:**

O processo de pelletização envolve, para a produção de pelotas, três etapas principais<sup>(7)(8)</sup>:

- Preparação da matéria-prima (finos de minério de ferro e aditivos)
- Formação das pelotas por aglomeração
- Tratamento térmico de queima

**A Erro! Fonte de referência não encontrada.,** ilustra esquematicamente um processo industrial típico para a produção de pelotas a partir de minérios de ferro.



Figura 1—Figura ilustrativa das etapas de um processo de pelotização tipo *grate-kiln*.

A etapa principal é a aglomeração, a formação de pelotas verdes. Os minérios de ferro finos, que após moagem serão ultrafinos, são rolados com a adição de água, em máquinas como tambores ou discos. Desta forma, são formadas pelotas com cerca de 10% de umidade, denominadas pelotas verdes <sup>(7)</sup>.

Na etapa final, as pelotas verdes são secas e endurecidas por aquecimento em atmosfera oxidante até temperaturas entre 1300°C a 1350 °C (graus Celsius). Durante este aquecimento, não só a estrutura cristalina é alterada, mas também outras ligações aparecem, tais como as reações entre constituintes minerais - tanto entre si e com os óxidos de ferro. As pelotas quentes, chamadas de queimadas, são cuidadosamente resfriadas, a fim de manter tanto quanto possível as estruturas cristalinas formadas e outras ligações, bem como para evitar fissuras de tensão <sup>(7)</sup>.

QUESITO 3.

**Descreva o Sr. Perito, de maneira completa, o que ocorre em cada etapa do referido processo:**

RESPOSTA:

Os processos de pelotização são tecnologias consagradas na indústria siderúrgica e alguns livros textos são referencias globais, descrevendo em detalhes as etapas; Meyer, K. – 1980 e Ball, D. F. – 1973<sup>(7)(8)</sup>.

As três principais etapas se subdividem em diversas operações unitárias descritas a seguir:

**Preparação da matéria-prima (minério de ferro e aditivos)**

Recebimento e homogeneização

Historicamente, plantas de pelotização têm sido instaladas junto às jazidas de minério ou em portos <sup>(10)</sup> e também em usinas siderúrgicas integradas

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1022  
6

(siderúrgicas Tata Corus na Holanda e Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil são dois exemplos no ocidente). O minério de ferro, bem como aditivos minerais provenientes das operações de lavra podem apresentar variações nas suas características, devido às heterogeneidades dos materiais que os compõem, bem como o processo de formação do depósito mineral, os métodos de carregamento e transporte e os tipos de procedimentos empregados, na manipulação e preparação dos minérios <sup>(9)</sup>.

Combinações de minério provenientes de diferentes frentes de lavra e pilhas de homogeneização são, comumente, empregadas para reduzir a variabilidade dos teores no beneficiamento e também na alimentação de plantas de pelotização <sup>(9)</sup>.

#### Alimentação e estocagem

Os minérios, já homogeneizados na etapa anterior, são estocados em pilhas e silos permitindo escolha do material ou combinações destes usados na alimentação das operações seguintes através das propriedades destes minérios, melhorando a estabilidade operacional e objetivando a menor variabilidade das propriedades do conjunto de matérias primas utilizado para se chegar ao produto final pelota também bem homogênea.

#### Moagem

Alguns minérios já têm tamanho de partículas adequado para a pelotização, enquanto em outros este tamanho deve ser alcançado por moagem. Os equipamentos utilizados são moinhos de tambor com uma carga moedora de bolas de aço, barras de aço ou fragmentos de minério <sup>(7)</sup>.

Normalmente, o minério é alimentado nos moinhos como polpa (moagem a úmido). A moagem a seco é usada em 15 – 20% das plantas em operação, sendo aplicada se o minério moído apresenta dificuldade para retirada do excesso de água ou em casos de restrição de uso de água <sup>(7)</sup>.

A moagem pode ser em circuito aberto (única passagem no moinho) ou em circuito fechado. Neste, classificadores são usados para separar retorno e material já moído. A escolha entre circuitos é baseada em testes de

1022

laboratório. A figura 2 ilustra as diferenças. Em muitos casos, a energia necessária para moagem é menor para a moagem a úmido em circuito fechado e maior para a moagem a seco em circuito aberto, diferindo para cada tipo de minério <sup>(15)</sup>.

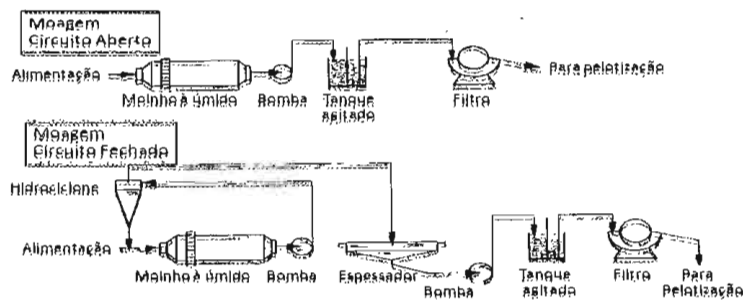


Figura 2 - Moagem a úmido em circuito aberto e fechado <sup>(15)</sup>

### Desaguamento, filtragem (Retirada do excesso de água)

O minério moído a úmido deve ser desaguado antes de ser pelotizado de modo que a umidade seja idêntica, ou ligeiramente abaixo, do valor ótimo para a formação das pelotas verdes. A faixa comum é de 8,5 a 10% de umidade, de acordo com o tipo de minério ou finura dos grãos <sup>(7)</sup>.

Minérios moídos a úmido em circuitos fechados produzem polpa com 15 – 20% de sólidos. A percentagem é aumentada em espessadores circulares (figura 3) para 60 – 65% de sólido <sup>(15)</sup>.

Predominantemente são usados filtros rotativos (figura 4), pois garantem capacidade máxima ocupando espaço mínimo. Antes da alimentação nos filtros, ajusta-se a densidade da polpa <sup>(16)</sup>.

*1024*  
*1024*

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

A mineralogia de alguns minérios dificulta a filtragem. Por isso, em algumas plantas antigas a polpa é sujeita à secagem em tambores, mas formam-se micropelotas que dificultam a etapa seguinte de pelotamento.

Por esta razão, em algumas plantas modernas a polpa é aquecida, causando decréscimo da viscosidade da água e melhorando satisfatoriamente a filtragem <sup>(7)</sup>.

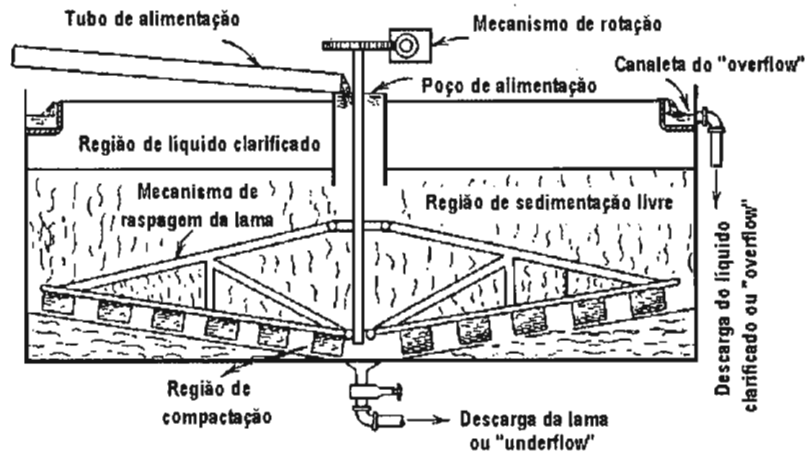


Figura 3—Esquema operacional de um espessador contínuo convencional<sup>(17)</sup>

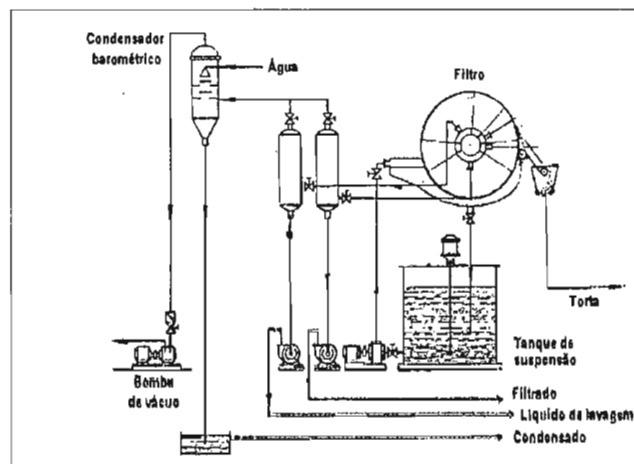


Figura 4 – Instalação com filtro rotativo a vácuo <sup>(17)</sup>

*0755*

1025

## Aglomeração, formação das pelotas verdes

### Adições e mistura

No desenvolvimento do processo de pelotização, têm sido empregados aditivos que melhoram tanto o custo quanto à operação do processo. O aditivo de maior sucesso e uso é a bentonita <sup>(8)</sup>. O uso dos aditivos normalmente é feito em quantidades de kg ou gramas por tonelada de minério, sendo necessária mistura intensiva para garantir boa distribuição dos efeitos dos aditivos <sup>(18)</sup>.

O uso de misturadores intensivos não somente melhorou a homogeneidade, mas também resulta em redução no consumo de bentonita e outros aditivos. Estão disponíveis misturadores para até 1000 t/h, em bateladas ou contínuos, com tempos de processamento (mistura) de 40 a 60 s. Os mecanismos internos e ferramentas de mistura promovem intensa movimentação no material a ser misturado (figura 5), reduzindo gradientes de concentração na alimentação com eficiência <sup>(18)</sup>.



Figura 5 – Visão interna de misturador intensivo <sup>(18)</sup>

### Pelotamento

A etapa de pelotamento ou formação das pelotas verdes é vital para o processo de pelotização, pois permite corrigir problemas das matérias primas, produzindo pelotas boas para o tratamento térmico. Mas se o

1025

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

10/26/08

pelotamento produzir pelotas com má formação, o tratamento térmico não poderá melhorá-las. Assim, o pelotamento demonstra sua importância e caracteriza-se como o cerne do processo.

Como parte principal ao processo, o pelotamento é tratado de forma bastante detalhada nas principais referências em pelotização Meyer, K. – 1980 e Ball, D. F. – 1973<sup>(7)(8)</sup>, das quais, o descritivo a seguir traz os pontos mais notáveis.

As plantas de pelotização possuem uma série de equipamentos de pelotamento (discos ou tambores) onde o concentrado de minério de ferro é conformado em pelotas ainda com pouca resistência, de maneira semelhante ao rolar de uma bola de neve<sup>(8)</sup>.

No disco de pelotização ou tambor a mistura de minério e aditivos recebe água para manter o controle de umidade entre 9 - 10% e por rolamento cria as formas esféricas denominadas pelotas verdes com tamanhos entre 8-16 mm de diâmetro. As pelotas verdes descarregadas dos discos/tambores são transportadas para mesa de rolos (figura 6) ante ao forno para ser feita a segregação granulométrica. As pelotas com tamanho inferior (-8mm) ou superior (+16 mm) são recirculadas e as de tamanho adequado (-16 + 8 mm) alimentarão o forno de endurecimento. Uma peneira vibratória comum danificaria as pelotas verdes, por isso, utilizam-se as mesas de rolos, que além de segregar o tamanho, também transportam<sup>(20)</sup>.

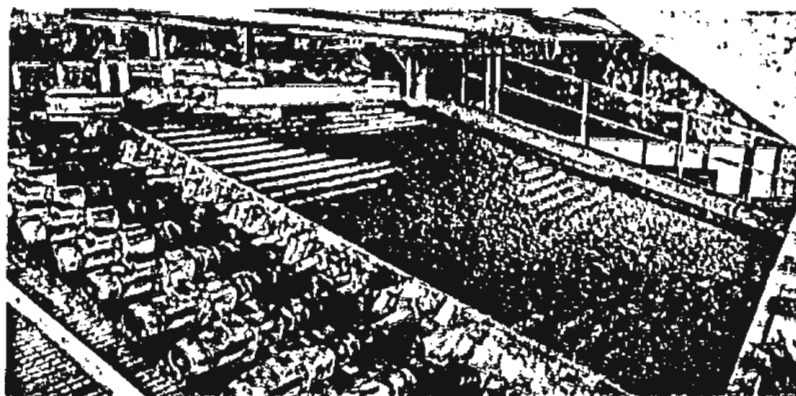


Figura 6 – Mesa de rolos industrial<sup>(7)</sup>

0755

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1003  
1004  
C

Os fatores decisivos para a formação podem ser divididos dentro dos seguintes grupos <sup>(7)</sup>:

- **Forças físicas** tais como a de Van Der Waals (soma de forças de repulsão/atração induzidas por polarização das moléculas), forças magnéticas ou forças eletrostáticas.
- **Fatores dependentes da superfície**, tais como tamanho, distribuição granulométrica, forma e estrutura cristalina das partículas.
- **Fatores dependentes do material**, tais como molhabilidade, capacidade de absorção devido à estrutura porosa, eficácia dos componentes de inchamento, propriedades químicas dos minérios primários ou dos produtos depois de tratamento prévios.
- **Forças capilares e de tensão superficial** durante adição de líquidos ligantes, como água.

Fatores, forças, variáveis e invariáveis influenciam a formação das pelotas. Através destas, as matérias primas podem ser ajustadas para as exigências pertinentes <sup>(7)</sup>.

São variáveis, por exemplo, a quantidade de água adicionada, a finura e a forma das partículas, os equipamentos utilizados para a formação das pelotas verdes, as forças surgidas em tais equipamentos assim como o movimento das matérias primas nestas unidades.

Estudos têm demonstrado que as forças de ligação mais significativas são as devidas à tensão superficial da água e o travamento mecânico das partículas durante a rolagem <sup>(8)</sup>.

As pelotas verdes podem ser formadas por diferentes maneiras. Em cada caso em particular os vários mecanismos de ligação atuam com intensidades diferentes <sup>(7)</sup>.

O material alimentado no pelotamento pode consistir, em grãos secos ou polpa úmida. A maior parte dos concentrados é polpa úmida. Se partículas sólidas entram em contato com água, a superfície fica molhada. A partícula

RS



é coberta com um filme de água como mostrado na figura 7, fase A. Em muitos pontos as partículas molhadas se tocam. Devido à tensão superficial do filme de água, são formadas pontes líquidas, fase B. Como resultado do movimento das partículas dentro da unidade de pelletamento e da combinação individual das gotículas de água, cada uma contendo um ou vários grãos de minério, os primeiros aglomerados são formados, fase C, no interior do aglomerado fofo as primeiras pontes líquidas aparecem entre um grande número de vazios ainda existentes. Estas pontes líquidas seguram as partículas juntas como uma rede. Pelotas fofas (de baixa resistência) são formadas. Com um adicional suprimento de água os aglomerados concentram-se. Mais água é acamada no interior e os aglomerados tornam-se mais densos, fase D. Neste estágio as forças capilares das pontes líquidas individuais estão essencialmente ativas. O ponto ideal desta fase é atingido quando todos os poros dentro das pelotas estão ocupados com líquidos, mas ainda não se cobriu uniformemente todo o aglomerado, fase E. O efeito das forças capilares é claramente mostrado na figura 8. Superfícies côncavas formadas na saída dos poros e sucções capilares juntam as partículas de minério.

O estágio final é atingido quando as partículas sólidas estão totalmente cobertas com um filme de água. Agora, a tensão superficial das gotículas de água contendo partículas sólidas torna-se totalmente ativa (figura 7, fase F), e o efeito das forças capilares diminui.

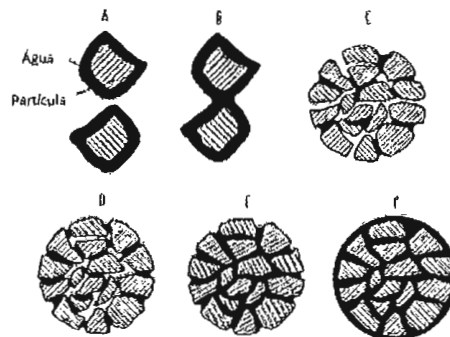


Figura 7 - Influência da adição de água na formação das pelotas verdes<sup>(7)</sup>

10/05  
10/20

Além deste efeito, o movimento de rolagem dos grãos e o movimento ou instabilidade relativa das partículas entre si também desempenham um importante papel. Eles aumentam a adesão através de um grande número de pontos de contatos e, simultaneamente, a resistência à compressão devido à pressão do material.

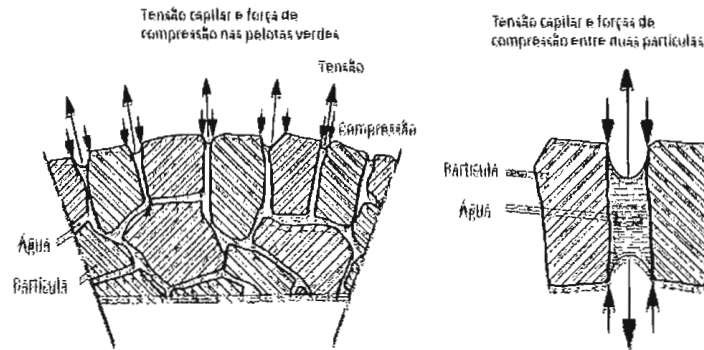


Figura 8 - Influência das forças capilares nos mecanismos de ligação<sup>(7)</sup>

À parte a compactação dos aglomerados devido à pressão e movimento, estes fatores podem ter uma influência negativa, danificando mecanicamente os grãos que ainda não tenham atingido a resistência suficiente.

O dano é que as pelotas fracas podem se quebrar em fragmentos menores ou desintegrar-se. Durante a formação das pelotas, estas frações podem ser molhadas e estabilizar-se como pelotas boas e ser incorporadas a produção.

Além da formação de pelotas ideais por partículas sólidas individuais, várias outras possibilidades de formação ocorrem mais ou menos simultaneamente em operação prática.

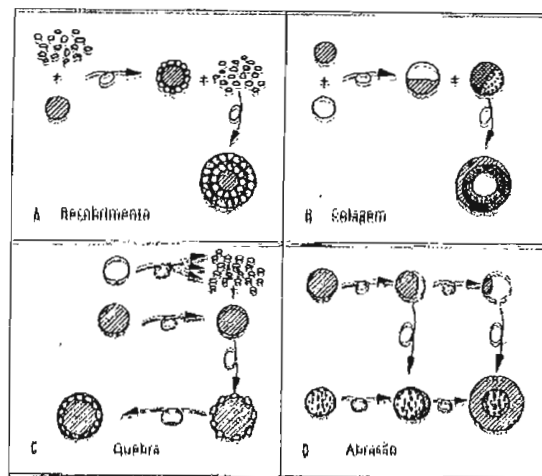
Isto também se aplica para aglomerados como o caso da polpa úmida. Na figura 9, se apresentam os quatro métodos típicos de formação:

- Acamar umas sobre as outras, partículas muito finas para formar um aglomerado.

1/55

1030  
 1030

- Conglomerar pelotas resultantes de movimentos relativos à certa pressão.
- Acamar e incorporar os fragmentos resultantes de danos nas pelotas existentes.
- Incorporar os grãos finos desgarrados das pelotas fracas nas pelotas fortes.



Figuras 9 - Alternativas para a formação das pelotas verdes<sup>(7)</sup>

Durante a produção das pelotas, sua formação procede-se paralela à desintegração de certo número destas. Somente as pelotas que resistem à divisão ou as forças destrutivas durante a rolagem subsistem. A seleção das melhores pelotas toma lugar. O concurso das forças construtivas e destrutivas favorece a formação uniforme, densa estável das pelotas verdes.

### Tratamento térmico para endurecimento das pelotas verdes (“queima”)

As pelotas verdes, após a segregação de tamanho, são transportadas do pelletamento para os fornos de tratamento térmico, onde estas serão sujeitas

1035

à secagem, pré-aquecimento, queima e resfriamento. A determinação do ciclo ótimo para cada uma destas operações é um problema complexo, e os aspectos teóricos não conduzem à solução já prontas. Estes ciclos devem ser adaptados para o tipo de material sendo processado em cada tipo particular de planta em consideração. As decisões finais são feitas geralmente com base em trabalho de testes, combinados com a experiência prática no projeto de plantas de pelotização<sup>(8)</sup>.

Basicamente, estão disponíveis quatro tipos de projetos, tecnologias, de tratamento térmico para endurecimento das pelotas verdes<sup>(20)</sup>:

**Forno de cuba vertical:** A tecnologia mais antiga e mais simples de endurecimento de pelotas verdes é o forno de cuba vertical, adequado para magnetita e nem tanto para hematita, mas para mistura de minérios de ferro ricos em magnetita. O forno de cuba vertical é revestido internamente por refratários e não possui partes móveis. Neste as pelotas verdes descendentes são endurecidas por calor através de intensa troca térmica com o fluxo de gás em contracorrente. A desvantagem deste processo é que existe pouca ou nenhuma flexibilidade. A figura 10 retrata esquemático do processo<sup>(20)</sup>.

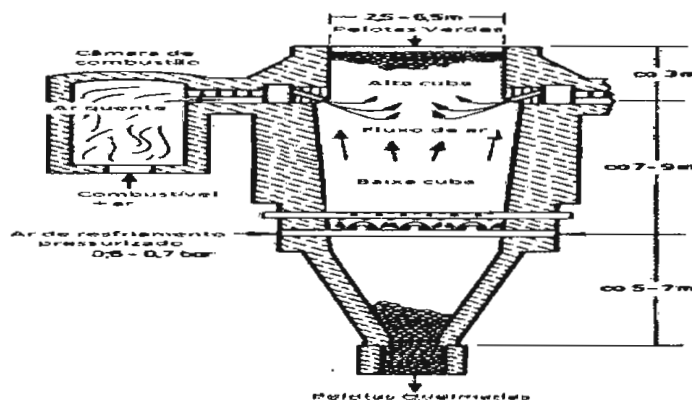


Figura 10 – Desenho esquemático do forno de cuba<sup>(10)</sup>

**Forno Grelha móvel:** Este processo foi desenvolvido pela Dravo-Lurgi, e pode tratar todos os tipos de *pellet feed*, ou seja, com 100% de hematita, 100% magnetita ou uma mistura de ambos. O processo consiste na

10327  
 6

secagem, pré-aquecimento, queima, pós-queima e resfriamento, que são realizadas em uma única grelha móvel em linha reta. Os parâmetros do processo podem ser ajustados para um ciclo de endurecimento ótimo para um determinado tipo de minério, tal como determinado após ensaio em instalações laboratoriais / piloto <sup>(20)</sup>.

No processo Dravo-Lurgi (forno Grelha móvel) o forno de endurecimento é alimentado continuamente a partir da mesa de rolos com duas camadas, que espalha as pelotas verdes em toda a largura da máquina em cima de uma camada de pelota queimada protetora para a grelha. O endurecimento das pelotas verdes ocorre no leito sobre a grelha por troca térmica com fluxos ascendentes e / ou descendentes de ar quente passando pelas caixas de vento. A altura total da camada de pelotas e leito de proteção é controlada para cerca de 500 mm. A grelha tem velocidade variável e é controlada para manter uma altura de leito constante. A figura abaixo ilustra esquematicamente o processo grelha móvel <sup>(20)</sup>.

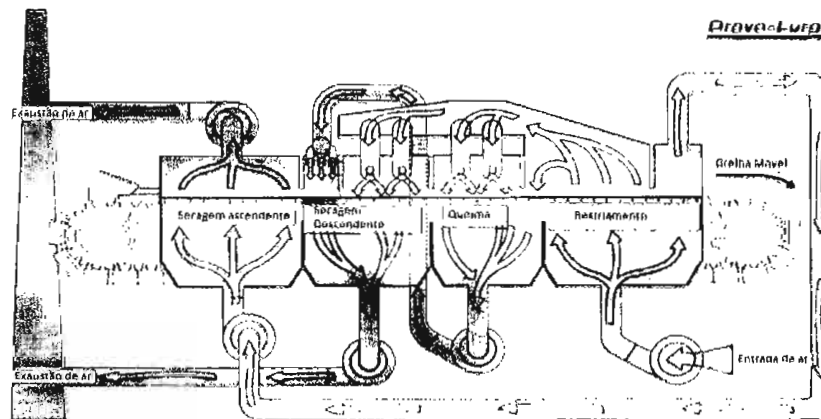


Figura 11 – Desenho esquemático forno grelha móvel <sup>(10)</sup>

Inicialmente, durante a secagem ascendente o fluxo de gases remove a água da parte inferior do leito de pelotas ao mesmo tempo aquece esta camada à temperatura onde a condensação não se forma nas camadas inferiores, então, o fluxo de ar é revertido para secagem descendente. Durante a secagem a temperatura alcança entre 200 e 350°C. Após a secagem as pelotas são aquecidas à temperatura de 600 a 800°C e finalmente a temperatura alcança entre 1300 e 1350°C. Ao final da zona de queima, a

155

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1033  
6

maior parte do leito já terá atingido a temperatura mais alta. O calor para a grelha é fornecido por queimadores a óleo combustível, gás natural ou carvão mineral pulverizado. O resfriamento é ascendente para remover rapidamente a temperatura dos componentes da grelha e recuperar o calor das pelotas na maior temperatura possível <sup>(20)</sup>.

As pelotas verdes são endurecidas pelo tratamento térmico a temperaturas entre 1300 a 1350°C. Com tempo de residência suficiente nesta temperatura para a consolidação das “pontes minerais” e ligações cerâmicas (escória) formadas, que melhoram as propriedades para empilhamento, transporte marítimo, e subsequente processamento com o mínimo de geração de finos <sup>(20)</sup>.

Este tratamento térmico (endurecimento) resulta na ocorrência de reações químicas que modificam as propriedades metalúrgicas das pelotas. Estas reações podem incluir a oxidação da magnetita e desidratação de hematitas terrosas; em muitos casos pelotas são produzidas com adição de calcário calcítico, dolomita, sílica, etc. e outros compostos. Os aditivos colocados na mistura de pelotamento reagem com a ganga no minério de ferro e parcialmente com os óxidos de ferro de forma a melhorar o desempenho metalúrgico das pelotas nos processos seguintes da cadeia de produção do aço <sup>(20)</sup>.

**Processo Grate-Kiln:** Este processo foi desenvolvido pela Allis-Chalmers, inicialmente para magnetita ou mistura de magnetita e hematita. As pelotas verdes são alimentadas em uma grelha móvel, sendo secas e pré-aquecidas até certa temperatura, sendo então descarregadas em um forno rotativo para queima e finalmente resfriadas em uma grelha circular. Assim, o processo de tratamento térmico envolve três etapas: pré-aquecimento, queima e endurecimento. Um fluxograma esquemático mostrando o processo Grate-Kiln é apresentado na figura seguinte:

1755

1034

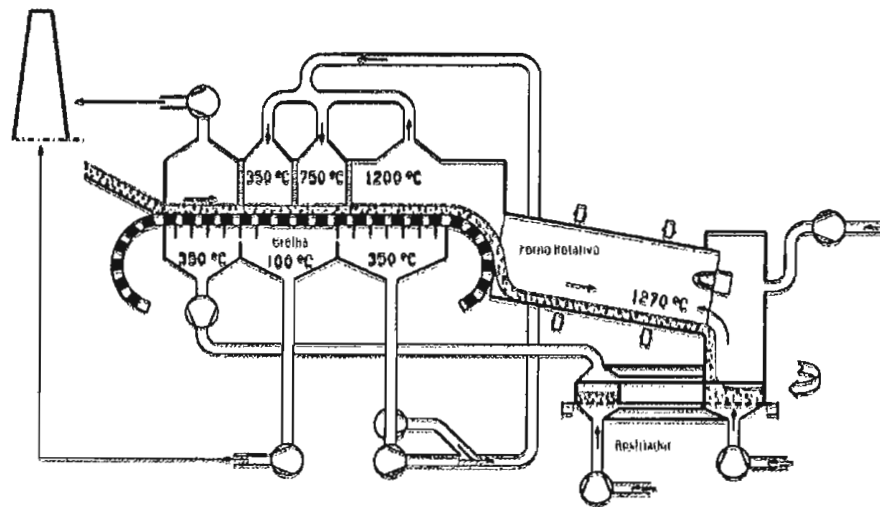


Figura 12 – Desenho esquemático do grate-kill <sup>(10)</sup>

Consistindo de três equipamentos em série: grelha móvel, forno rotativo e resfriador circular, o processo Grate-Kiln configura-se como um trocador de calor gás/sólido contracorrente.

**Forno Grelha:** é utilizado para secar e pré-aquecer as pelotas verdes para alimentação do forno rotativo, onde serão endurecidas. A grelha provê os meios para uma eficiente troca térmica com gases em baixas, médias e altas temperaturas. Estes gases transferem calor por convecção, requerendo íntimo contato entre gases e sólidos para garantir a transferência de calor e um endurecimento parcial que permitirá a transferência para o forno rotativo <sup>(20)</sup>.

**Forno rotativo:** um cilindro de descarregamento descendente no qual as pelotas pré-aquecidas na grelha são recebidas para completar o ciclo de endurecimento. A velocidade de rotação controla o fluxo dos sólidos através do forno e incorpora também a ação de mistura do leito de pelotas. A ação de mistura auxilia a produção de pelotas mais homogêneas, que são igualmente expostas à chama pelo tempo de residência do forno, endurecendo-as de modo uniforme e minimizando diferenças de pelota para pelota inerente aos outros processos de pelletização. Na descarga do forno rotativo há um único queimador, que utiliza na combustão ar secundário recuperado do resfriador circular <sup>(20)</sup>.

855

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D1091  
1035

**Resfriador circular:** similar à grelha móvel, com exceção da configuração circular. As pelotas queimadas descarregadas do forno rotativo são distribuídas no resfriador circular em leito nivelado. Ar à temperatura ambiente é forçado em ascendente através da grelha e leito de pelotas. O giro da grelha circular transporta as pelotas através de 3 ou 4 câmaras de resfriamento. Em cada câmara uma quantidade de ar é soprada para produzir massa de ar quente em temperaturas e quantidades requeridas pelo forno rotativo e forno grelha. As câmaras de resfriamento são projetadas de forma a recuperarem o máximo de calor das pelotas quentes; e vários dutos transportam o ar quente para o forno rotativo e câmaras do forno grelha. As pelotas resfriadas são descarregadas através de uma calha para o sistema de peneiramento e estocagem<sup>(20)</sup>.

Peneiramento e estocagem

Visa o ajuste final de granulometria das pelotas, retirando ou reduzindo a quantidade fragmentos menores que 6,3 mm, deletérios aos altos fornos consumidores de pelotas, bem como retirada de cachos (aglomerados de pelotas coladas umas nas outras) e crostas (pó fino sinterizado nos fornos rotativos). A partir dessas operações a pelota é denominada pelota produto.

As pelotas produto são estocadas em lotes individualizados a serem caracterizados por suas propriedades químicas e físicas que são registradas em Certificados de Qualidade de pelotas destinados aos clientes (altos fornos e fornos de redução direta).

É comum o uso de empilhadeiras / retomadoras que permitem ainda uma última homogeneização antes da expedição para os clientes.

Usinas de pelotização instaladas em portos normalmente incluem conjunto de correias transportadoras e equipamento de carregamento de pelotas em navios (*ship loaders*).

As pelotizadoras instaladas próximo às jazidas de minério e em siderurgias integradas normalmente realizam a expedição de pelotas por caminhões / carretas e vagões ferroviários.

855



**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

10320  
10320  
10320

**QUESITO 4.**

**Descreva o Sr. Perito, as diferenças existentes entre *pellet feed* e o minério de ferro granulado:**

**RESPOSTA:**

O minério de ferro granulado é um produto mineral com tamanhos de partículas entre 6,3 a 31,7 mm, proveniente de britagem e peneiramento primário do ROM (minério de ferro em estado bruto, produzido pela lavra), geralmente beneficiado por lavagem (jigagem), aumentando ligeiramente o teor de ferro, mineral de interesse, e reduzindo o teor de ganga (outros minerais agregados). Já o *pellet feed*, também denominado de fino ou ultrafino, com tamanhos de partículas menores que 0,150 mm, sendo gerado por longo processo de separação por vários estágios de peneiramento e concentração <sup>(16)</sup>. A utilização destes diferentes produtos minerais na siderurgia é retratada pela figura a seguir <sup>(21)</sup>:

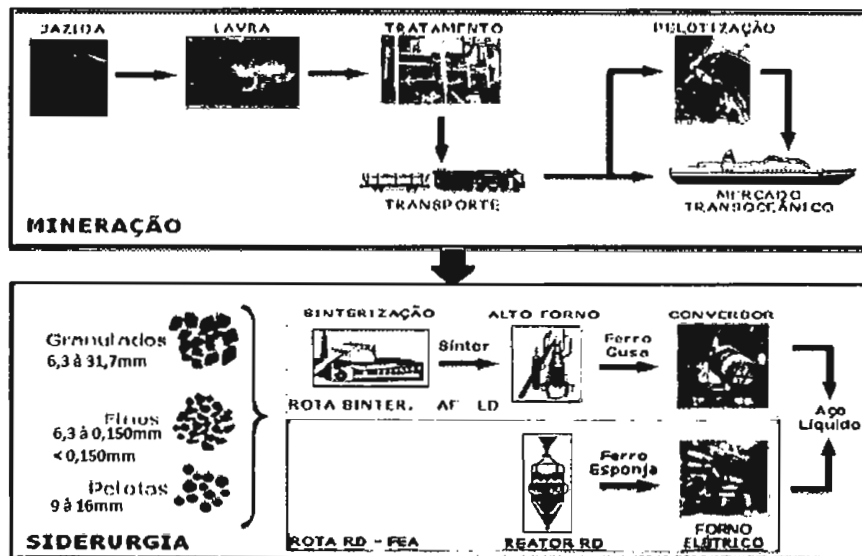


Figura 13 – Ilustrando da mineração de ferro à siderurgia <sup>(21)</sup>.

O *pellet feed* apresenta, normalmente, os maiores teores de ferro e menores teores de ganga dentre as frações do minério de ferro <sup>(21)</sup>. No início da

255

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**

Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D



exploração mineral do quadrilátero ferrífero em Minas Gerais estavam disponíveis granulados com predominância de hematita compacta que apresentavam altos teores de ferro como 65 a 66%. Nas duas últimas décadas, os granulados têm sido produzidos com menor percentual de hematita compacta, e maior percentual de itabiritos (minério de ferro naturalmente com maior quantidade de ganga rica em sílica), resultando em menores teores de ferro, como 60 a 62%<sup>(21)</sup>.

Os maiores teores de ferro observados no *pellet feed* são possíveis, pois é maior o grau de liberação (separação entre partículas contendo ferro e partículas de ganga), por causa do menor tamanho de partícula, possibilitando etapas de beneficiamento mineral (que pode envolver: peneiramento, separação magnética, espirais concentradoras, flotação, espessamento e outras operações) que geram *pellet feed* concentrado com alto teor de ferro e pouca ganga e rejeito com baixo teor de ferro e maior quantidade de ganga<sup>(16)</sup>.

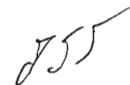
**QUESITO 5.**

**Aproveitando a resposta ao 3º quesito, informe o Sr. Perito se novas substancias são adicionadas durante o processo de pelotização e quais são elas:**

**RESPOSTA:**

No processo de aglomeração de minério de ferro, a mais importante substância adicionada é a água, que propicia a adesão entre as partículas de minério por meio da tensão superficial da água. Para que o efeito de adesão entre as partículas seja ainda mais efetivo a temperaturas elevadas se adicionam minerais que formam gel como os argilosos e, desses, o mais utilizado atualmente são a bentonita e a Cal hidratada. Existem compostos de origem orgânica (celulósica) que conseguem substituir a os aglomerantes minerais, mas costuma ter restrições econômicas e de processo.

Podem-se classificar as substâncias comumente adicionadas ao processo de pelotização em algumas classes, de acordo com o objetivo da adição:



**RONALDO SANTOS SAMPAIO**

Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

- Aglomerantes: bentonita, hidróxido de cálcio<sup>(14)</sup>, serpentinito<sup>(11)</sup>, peridur<sup>(12)</sup>, CMC<sup>(13)</sup>
- Correção de basicidade: calcário calcítico<sup>(14)</sup>
- Combustíveis: coque verde de petróleo, finos de coque metalúrgico<sup>(7)</sup>, finos de carvão vegetal, carvão mineral<sup>(7)</sup> (antracito)<sup>(7)</sup>.
- Adição de MgO: calcário dolomítico<sup>(14)</sup>, olivina, serpentinito<sup>(11)</sup>, Magnesita<sup>(14)</sup>
- Coprodutos de outros processos<sup>(7)(18)</sup>: finos de despoejamento, lamas, escórias, e outros coprodutos que contenham carbono, ferro, CaO, MgO, com baixos teores de compostos deletérios como P, Cd, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Pb, Zn, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Algumas destas substâncias são retratadas na composição de imagens na figura a seguir:

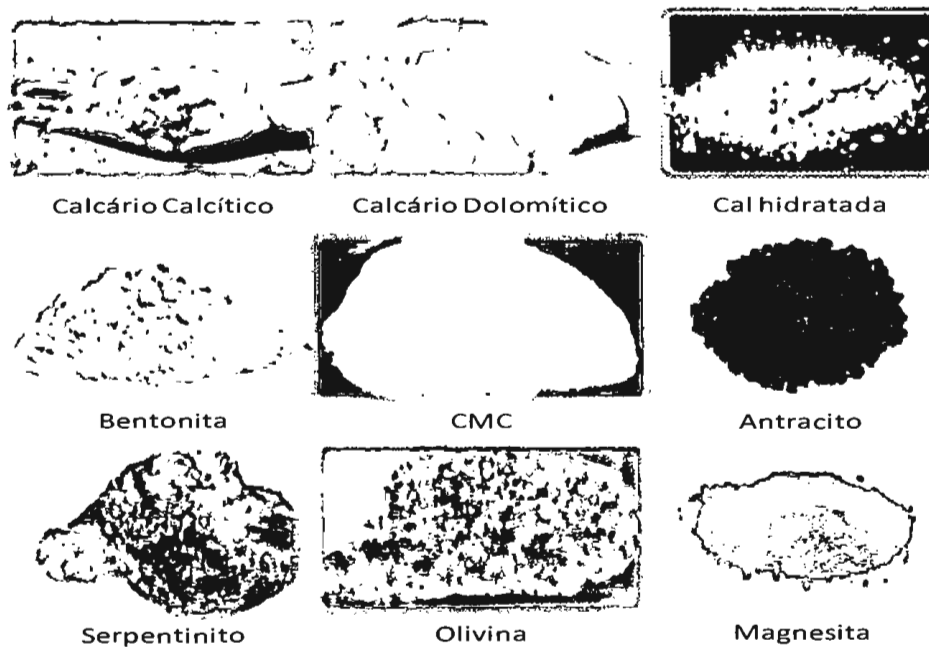


Figura 14 – Alguns dos aditivos comuns no processo de pelotização

## QUESITO 6.

**Com qual finalidade são incorporados esses aditivos? A adição dessas substâncias, em fornos de altas temperaturas, geram transformações físicas, químicas, mineralógicas e micro estruturais (morfologia) do pellet feed?**

## RESPOSTA:

No desenvolvimento do processo de pelotização, têm sido empregados aditivos que melhoram tanto o custo quanto a operação do processo. O aditivo de maior sucesso é a bentonita, entretanto considerável esforço tem sido realizado para encontrar aditivos mais baratos e efetivos <sup>(8)</sup>. As pesquisas têm se direcionado para:

- Promover e facilitar o pelotamento dos minérios de ferro.
- O aumento da resistência física de pelotas verdes e pelotas secas.
- Resolver problemas associados com a sensibilidade das pelotas ao calor durante a secagem.
- Permitir produção de pelotas de boa qualidade com temperaturas de queima mais baixas.
- Melhoria geral das propriedades das pelotas queimadas.

Além da propriedade aglomerante, alguns aditivos são utilizados com objetivo de modificar a composição química das pelotas, especialmente os que contêm constituintes formadores de escória <sup>(7)</sup>.

Podem ser ainda adicionados combustíveis sólidos, como coque de petróleo ou antracito que irão auxiliar o processo de queima das pelotas <sup>(22)</sup>.

Durante o processo de queima das pelotas, as altas temperaturas presentes nos fornos de tratamento térmico induzem ao desenvolvimento de maior resistência física através de formação de pontes cristalinas de óxidos, recristalização da hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), bem como a formação de pequena quantidade de escória <sup>(8)(23)</sup>.

Na condição de altas temperaturas, a presença dos aditivos com constituintes formadores de escória – mesmo em porções mínimas –

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

promove a reação com as partículas de óxido de ferro levando à formação de fases cristalinas intergranulares. Como meio de transferência de massa, estas fases podem representar contribuição importante para o crescimento dos cristais do óxido de ferro e modificação da microestrutura do *pellet feed*<sup>(7)</sup>.

Surgem, durante a formação das pelotas verdes, pequenos grupos de grãos de minério de ferro unidos, e estes são estabilizados através do tratamento térmico. A consolidação é atingida pela absorção de energia durante a pré-queima. Os sólidos reagem entre si. As reações ocorrem abaixo da temperatura de fusão enquanto novas fases sólidas são formadas. Tais reações entre os finos cristais de minério de ferro e os aditivos pulverizados se desenvolvem em dependência da energia fornecida durante o aumento de temperatura em vários estágios <sup>(7)</sup>:

- Primeiro, ocorre uma reorganização das moléculas. As partículas se unem e a resistência aumenta.
- Com mais temperatura, a mobilidade aumenta; vazios são ocupados e inclusões são eliminadas.
- Os deslocamentos de intensificam e envolvem os cristais mais próximos.
- Pontes cristalinas são formadas entre os grãos de minério, consolidando os novos cristais.
- Ocorre uma rearrumação das pontes cristalinas e recristalização, que se intensifica.
- Um suprimento adicional de energia causa o arredondamento dos grãos. Os poros entre os grãos de minério tornam-se menores.

A última fase seria a fusão, entretanto esta deve ser evitada porque, neste caso, as pelotas se uniriam em cachos ou blocos, deixando de existirem individualmente.

As reações no estado sólido são bem conhecidas física e quimicamente. Elas dependem de muitos fatores, com a gênese (geologia) e microestrutura original do minério tendo grande importância. Minérios de origem

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1034  
1041

sedimentar têm cristais bastante finos que são mais reativos que minérios de cristais grossos. Cristais mais grossos requerem altas temperaturas ou mais tempo para o crescimento dos grãos<sup>(23)</sup>.

O estímulo ao crescimento dos grãos e às reações em estado sólido consiste da energia livre de um sistema. Considerando a tendência para o equilíbrio, as partículas muito finas com maior energia na interface se juntam em grandes partículas enquanto a energia potencial diminui. Com tempo de reação suficiente e temperatura adequada, as partículas se aproximam da forma esférica, reduzindo a energia de interface.

### Exemplo de alterações Cristalinas durante tratamento térmico de pelotas de Magnetita

A oxidação da magnetita durante o aquecimento é um caso especial, pois esta reação libera energia adicional vantajosa sobre o ponto de vista da cristalografia. A transformação de um cristal cúbico de magnetita para a rede hexagonal de hematita ocorre primeiro. Estes cristais muito finos de hematita recém-formados começam a crescer intensamente de acordo com o aumento da temperatura.

A estrutura da pelota verde é determinada pela sua forma, tamanho e localização entre os grãos de magnetita, como é mostrado na figura 15, fase A.

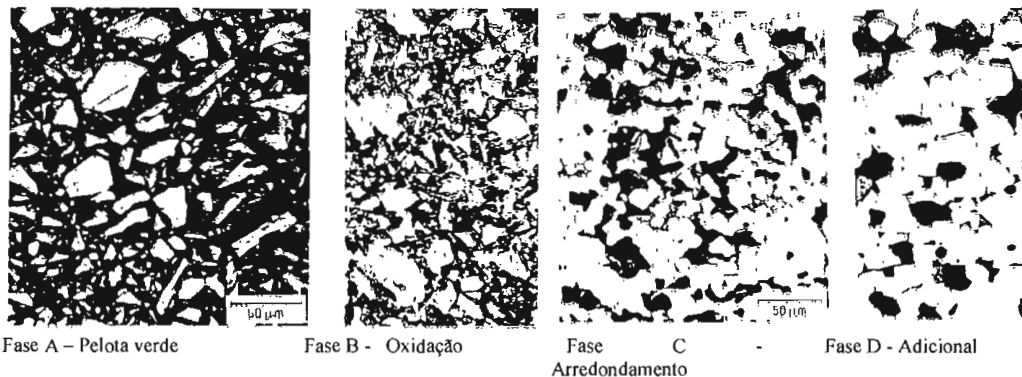


Figura 15 – Estrutura de grãos de pelota verde de minério magnetítico e, crescimento de cristais, pontes e arredondamento de grãos com o aumento de temperatura<sup>(7)</sup>.

1035

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**

Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1038  
1042

Durante o aquecimento sob atmosfera oxidante, a magnetita oxida-se em hematita, modificando a rede cúbica para uma rede hexagonal. De acordo com a gênese da magnetita, a oxidação começa a cerca de 300 – 600 °C e termina em 1100 °C. Ela inicia nos cristais e superfície dos grãos, como representado na figura 15, fase B. Primeiro os cristais muito pequenos formam simultaneamente as primeiras pontes entre os grãos. À 1150 °C, a oxidação está terminada e toda a magnetita deve estar convertida em hematita. Nas bordas dos grãos, numerosos pequenos cristais são formados, os quais intensificam simultaneamente a formação de pontes entre os grãos. À 1250 °C, (figura 15, fase C), as pontes são intensificadas e a recristalização provoca crescimento e arredondamento dos cristais. É atingida a resistência ótima. Calor adicional resultaria em crescimento e arredondamento adicional à cerca de 1320 °C (figura 15, fase D), porém começa a dissociação da hematita.

**Alterações Cristalinas durante tratamento térmico de pelotas de Hematita**

Os minérios de ferro hematíticos estão sendo usados em quantidade sempre crescente para a produção de pelotas. A hematita está presente, de acordo com a sua gênese, na forma de muitas variantes cristalinas. Durante a queima, o aumento da resistência só é atingido, através do crescimento dos cristais e da recristalização, à temperatura acima de 1200 °C. Nesta temperatura, os grãos de minério e a estrutura das pelotas mantêm sua forma original como mostrado na figura 16, fase A. Os vários grãos repousam lado a lado sem nenhuma ligação. Somente à alta temperatura de 1300 °C as pequenas partículas de minério formam as primeiras pontes cristalinas; fig.16, fase B. E a recristalização pode ser observada a 1350 °C como mostrado na fig.16, fase C. A Fig.16, fase B, também mostra como é importante a presença de partículas de minério suficientemente finas para o crescimento dos cristais e logo para a criação da resistência nas pelotas. Existe um relacionamento direto entre o tamanho do grão e a resistência a compressão das pelotas. Para garantir que uma formação suficiente de pontes ocorra na hematita, é necessário um tempo grande de queima à temperatura ideal. Isto reflete na capacidade das plantas industriais da pelletização. Normalmente plantas com minérios magnetíticos apresentam

1035

1039  
1043  
6

maiores produtividade por m<sup>2</sup> de área de sucção/dia que plantas com minérios hematíticos<sup>(7)</sup>.

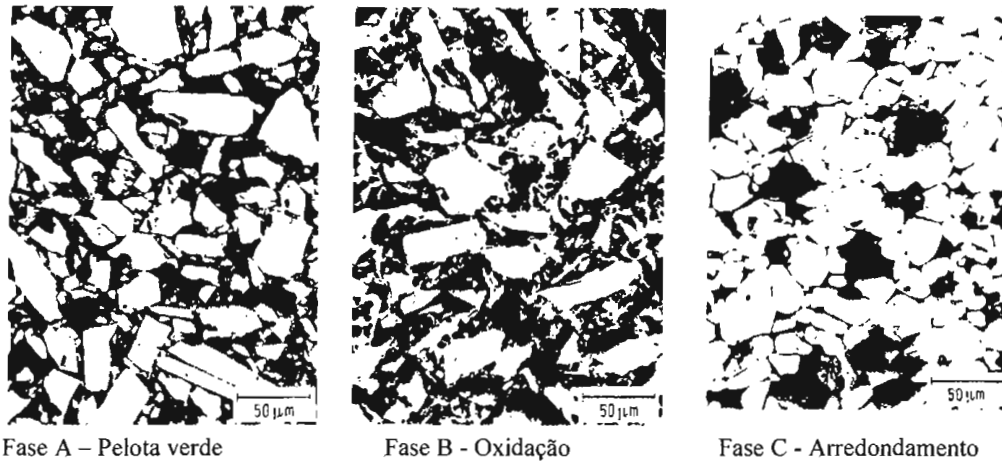


Figura 16 – Estrutura dos cristais da pelota hematítica à 200 °C, primeiras pontes via finos moídos à 1300 °C e forte recristalização a 1350 °C.

A possível aceleração, teórica, do crescimento dos cristais via altas temperaturas de queima não pode ser realizada. Às temperaturas acima de 1350 °C a hematita começa a dissociar em magnetita e oxigênio, resultando em um enfraquecimento da resistência das pelotas<sup>(7)</sup>.

### As reações que levam à formação da Escória

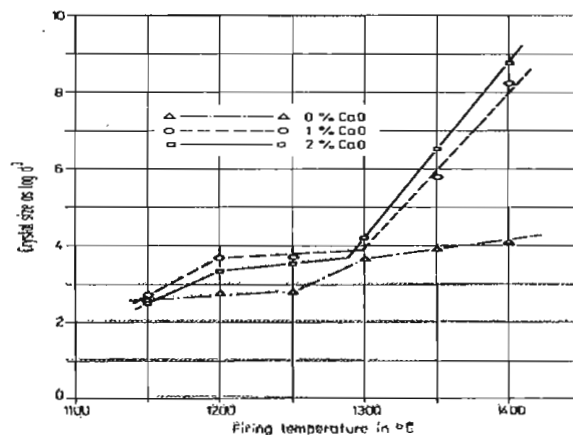
Apesar da variedade de tipos de minérios, as pelotas devem ter condições mecânicas e metalúrgicas uniformes. Já foram investigados quais métodos devem ser adotados para equalizar algumas propriedades dos diferentes minérios. Um método muito eficiente é a adição de certas substâncias tais como compostos terrosos básicos, silicatos, quartzos, bentonitas e outros (aditivos inorgânicos), ou aqueles que não volatizam durante a queima, participando da reação. Eles podem reagir com a ganga constituinte ou com óxido de ferro. Quando eles reagem com a ganga, podem formar parte da fase intergranular de fusão que, além da fase cristalina, contribuindo para a solidificação das pelotas embora esta fase seja qualitativamente insignificante comparada com a fase cristalina<sup>(7)</sup>.

07.55



**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

A fase óxido de ferro é a dominante nas pelotas. Embora a fase intergranular seja qualitativamente insignificante, ela representa parte importante no crescimento dos cristais principalmente da hematita. Por exemplo, o CaO reage com  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  em uma formação simultânea de diferentes cálcio ferritas que aceleram substancialmente o crescimento dos cristais particularmente à temperaturas acima de  $1250\text{ }^\circ\text{C}$ ; configurando-se então mudança da estrutura mineralógica do *pellet feed* original das pelotas verdes. Isto se deve ao fato que estas ferritas, fundindo às baixas temperaturas, aceleram a difusão dos íons dos cristais, de tal modo que o crescimento dos mesmos se processa mais rapidamente que em estruturas de cristais que não contenham estas fases em fusão. Baixas adições de CaO são suficientes para produzirem esse efeito, como mostrado na Fig. 17 <sup>(7)</sup>. Depois da adição de 1 ou 2% de CaO, um concentrado com 99,1% de magnetita é pelotizado e queimado a diferentes temperaturas. Uma adição de 1% de CaO é suficiente para fazer os cristais de hematita crescerem mais intensamente, a partir da temperatura de  $1300\text{ }^\circ\text{C}$ , do que na amostra sem adição de CaO. O  $\text{SiO}_2$ , na forma de quartzo, não reage com a hematita durante a queima. Já o  $\text{SiO}_2$  na forma de silicatos reativos, a qual é parcial ou completamente convertida em vidro ou compostos cristalinos, podem combinar com os grãos de minérios para formar pontes de silicato <sup>(7)</sup>.



**Fig. 17.** Influência de CaO e da temperatura de queima na formação dos cristais de hematita <sup>(7)</sup>.

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1045

Certos aditivos são de grande importância para produção de pelotas. Já há algumas décadas, em muitas plantas de pelotização, aditivos são cada vez mais usados não somente com o propósito original de melhorar a resistência das pelotas, mas ir além. De uma forma similar, como na produção de sinter, os aditivos são selecionados de tal modo que os componentes ácidos da ganga sejam neutralizados para melhorar em grande parte a formação da escória nas unidades de siderúrgicas de redução (altos-fornos). O tipo e a quantidade destes aditivos dependem das análises dos minérios a serem tratados <sup>(7)</sup>.

### A importância do resfriamento para a micro estrutura das pelotas

É importante que e os compostos cristalinos e/ou vítreos surgidos durante a queima não sejam danificados por um resfriamento muito rápido <sup>(7)</sup>.

Testes relevantes têm demonstrado que as pelotas resfriadas cuidadosamente por ar até 300 °C não são danificadas mesmo que seu resfriamento final seja com água. Entretanto, se elas forem resfriadas à água ainda na temperatura de 600 °C, quase 50% se quebrarão em pequenos fragmentos. Outros testes produziram resultados similares. Nestes testes foi verificado que a resistência à compressão das pelotas que foram resfriadas à água à temperatura de cerca de 700 °C diminuiu para menos da metade de sua resistência inicial.

O resfriamento cuidadoso das pelotas, para a manutenção da sua resistência, é exigência que deve ser considerada para o dimensionamento das unidades do processo de pelotização <sup>(7)</sup>.

Revisando, finalmente, após as várias fases do processo, a partir da matéria prima até a pelota queimada, verifica-se que diversos mecanismos de ligação, modificação de micro estrutura e mineralogia são responsáveis pela formação de pelotas de boa qualidade <sup>(7)</sup>:

RS

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1046

- ⇒ **Pontes líquidas** entre as partículas do minério a ser pelletizado são responsáveis pela resistência das **pelotas verdes**.
- ⇒ **Pontes sólidas** na forma de cimento, de géis e forças interfaciais responsáveis pela resistência das **pelotas secas**.
- ⇒ A resistência final das pelotas queimadas é devida as pontes sólidas surgidas pelas mudanças dos cristais, crescimento dos cristais e sinterização da fase fundida intergranular.

#### QUESITO 7.

**É correto afirmar que além do beneficiamento físico da substancia mineral, há transformação e geração de novos compostos durante a pelletização? Quais as propriedades físico-químicas, mecânicas e metalúrgicas dessas novas espécies minerais?**

#### RESPOSTA:

Sim. Durante o tratamento térmico das pelotas, ocorrem diversas transformações físicas e químicas. Iniciando-se com a remoção total da umidade (100 °C), seguida da calcinação (400 a 900 °C), tanto das fases ferríferas (Goetita, Limonita, etc.) como carbonáticas (Calcário a CaO, Dolomita a CaO e MgO) seguida da formação de compostos e fases com a matriz ferrífera e seus óxidos presentes na pelota em maior ou menor intensidade dependendo da temperatura final da pelota e do tempo à elevadas temperaturas, conforme detalhado à seguir:

Nas pelotas as partículas de calcário ou cal hidratada e quartzo(SiO<sub>2</sub>) estão cercadas por partículas de hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Assim sendo, as reações mais prováveis de ocorrem são entre Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO, ou seja, a formação de silicatos de cálcio a partir do contato direto entre CaO e SiO<sub>2</sub> é pouco provável. <sup>(2)</sup>

1046

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**

Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

O  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  não reage com o quartzo nas temperaturas normais de queima das pelotas, 1200 a 1300 °C, mas reage com o CaO para formar uma fase líquida que após o resfriamento gera dicálcioferrita ( $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ou cálcio ferrita ( $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). A cálcio diferrita ( $\text{CaO}\cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) durante o resfriamento decompõem-se em cálcio ferrita e hematita (hematita secundária). Em pelotas submetidas a resfriamento muito rápido pode-se observar a presença de cálcio diferrita à temperatura ambiente, que também é uma fase indesejável na estrutura da pelota. A redução dessas fases, cálcio diferrita e hematita secundária, geram tensão na fase escória que pode causar a sua ruptura e o enfraquecimento da estrutura da pelota aumentando a degradação sob redução<sup>(2)</sup>.

A formação de silicatos de cálcio se dá através de uma reação secundária entre a fase líquida composta de CaO e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e a  $\text{SiO}_2$ . A fase líquida flui através dos poros devidos a forças de tensão interfacial e entra em contato com a  $\text{SiO}_2$ . Nesse contato a  $\text{SiO}_2$  é dissolvida e há a formação de silicato de cálcio com precipitação de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (hematita secundária). A extensão dessa substituição, do  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  por  $\text{SiO}_2$ , depende da quantidade de fase líquida presente e do tempo de reação, ou seja, quanto maior for a temperatura e tempo de queima maior será essa substituição<sup>(2)</sup>.

QUESITO 8.

**É correto afirmar que esta transformação físico-químico-mineralógica corresponde a uma descaracterização mineralógica do pellet feed?**

RESPOSTA:

Sim. As reações químicas, reações de estado sólido, crescimento de grãos, recristalização e migração de moléculas que ocorrem durante a secagem, aquecimento e queima da pelota verde transformam química e fisicamente os constituintes originais da mistura a frio (minério de ferro *pellet feed* e aditivos orgânicos e inorgânicos)<sup>(2)(7)</sup>.

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

A dissolução e reação dos constituintes escorificantes dos aditivos com as moléculas de óxidos de ferro do minério de ferro *pellet feed* criam novas estruturas minerais, conferindo às pelotas uma microestrutura sensivelmente diferente da estrutura original provinda da gênese (geologia) do *pellet feed*<sup>(23)</sup>, conforme visto nas figuras 15 e 16, que retratam tanto os minérios de origem magnetítica quanto hematítica, respectivamente.

QUESITO 9.

**Descreva o Sr. Perito, o motivo a gerar pelotas queimadas de minério de ferro.**

RESPOSTA:

O minério *pellet feed*, fração fina do minério de ferro, com faixa granulométrica < 0,150 mm não pode ser utilizado diretamente nos reatores metalúrgicos de leito poroso como altos fornos e fornos de redução direta<sup>(4)</sup>. O princípio de funcionamento destes reatores é a troca de calor em contracorrente das matérias primas com gás quente ascendente. Desta forma, uma das condições mais importantes para o processo é a obtenção de um leito poroso com permeabilidade suficiente para manter as zonas térmicas em locais bem definidos e com pouca variação ao longo do tempo. A alimentação de minérios contendo mesmo que pequenas frações de material com tamanhos abaixo de 6,3 mm provocam redução da fração de vazios entre os grãos da carga, reduzindo o volume disponível para a passagem do gás quente. O resultado dessa contaminação com finos é maléfica ao processo ocasionando vários problemas operacionais tais como: a formação de caminhos preferenciais na carga, podendo ocasionar engaiolamentos (agarramento e retenção) de cargas, que podem ser catastróficos para o reator a ponto de provocar vazamento de ferro gusa líquido para dentro do conjunto de sopro, bem como grande risco de segurança à integridades dos operadores dos fornos junto aos pontos de vazamento do metal líquido para fora do reator (casa de corrida)<sup>(24)(25)</sup>.

Por isso os minérios de fração granulométrica fina eram segregados e **muitas vezes descartados como estéril ou estocados em barragens de rejeitos**, até o desenvolvimento dos processos de aglomeração: Sinterização

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1049  
6

e Pelotização; que permitiram aumentar o tamanho das partículas para tamanhos compatíveis com o minério natural alimentado aos fornos de redução. O ferro assim produzido nesses reatores é denominado de ferro primário. Ele ainda não é aço por ter teores elevados de carbono (alto-forno) ou e outros metais não ferrosos, parte dos constituintes originais do minério como o silício vindo da sílica e seus aglomerantes. Nessa etapa o ferro produzido é denominado de ferro primário <sup>(5)</sup>.

Os processos de aglomeração não só possibilitaram recuperar a fração fina do minério de ferro como também vieram agregar valor a estes como carga metálica mais homogênea e de melhores propriedades metalúrgicas que o minério de ferro natural (granulado). O sinter e as pelotas permitem a incorporação de fundentes já calcinados e dispersos na matriz do minério como escória primária, aumentando a produtividade e reduzindo o consumo de redutores (coque metalúrgico, carvão vegetal) e consumo de combustível total do reator de redução <sup>(26)</sup>.

#### QUESITO 10.

**Podemos afirmar que o processo de pelotização, com seu produto pelotas queimadas, pode ser considerado uma das etapas principais da transformação industrial do *pellet feed* em aço?**

#### RESPOSTA:

Sim. Na produção do aço a pelotização se insere como processo de transformação físico-química do *pellet feed* através de operações que modificam as propriedades intrínsecas do minério transformando-o em carga ferrífera, pelotas queimadas, de boas propriedades metalúrgicas e alta resistência física para a produção do ferro primário nos altos fornos (ferro gusa) e fornos de redução direta (pré-reduzidos) <sup>(3)</sup>. O ferro primário é a fonte primária de ferro para a fabricação dos aços.

A fabricação do aço ocorre geralmente em duas etapas principais: primeiramente a obtenção do ferro gusa ou pré-reduzido (denominados ferro primário), material metálico composto majoritariamente por ferro,

755

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

10/16  
10/50  
G

que é produzido a partir do minério de ferro aglomerado sob a forma de sinter ou pelotas, a qual é sucedida pela conversão do ferro gusa em aço na aciaria, onde ocorre o refino do ferro primário a aço, basicamente a oxidação do excesso de carbono e a incorporação das impurezas (ganga) na fase escória. Essas duas fases são colocadas na forma líquida a altas temperaturas (1600 oC) para uma boa separação por densidade, resultando numa liga com elevados teores de ferro com teor de carbono bem mais baixo (em geral inferior a 1 %) recomendado para determinadas propriedades mecânicas e, portanto, já considerada como aço <sup>(27)</sup>.

Uma rota alternativa prevê a alimentação das pelotas numa usina de redução direta de minério de ferro, constituída por fornos de redução direta, que são retortas verticais com gás reformado. Por esta rota, ao invés do ferro gusa, é obtido o chamado ferro esponja ou pré-reduzido (no estado sólido), que junto com sucata é utilizado como matéria-prima nos fornos elétricos, onde é obtido o aço líquido <sup>(27)</sup>.

QUESITO 11.

**Informe o Sr. Perito qual a utilidade comercial do *pellet feed* para a indústria siderúrgica. Essas indústrias, necessariamente, realizam a pelletização ou outro processo de transformação do *pellet feed* para a obtenção de novos produtos?**

RESPOSTA:

O *pellet feed* é fonte de óxidos de ferro para os processos industriais de aglomeração de minérios de ferro denominados de pelletização. Não há como se utilizar diretamente o *pellet feed* nos altos fornos e fornos de redução direta convencionais. Assim, as siderúrgicas necessitam que essa fonte de ferro seja transformada em formato granular e com a necessária resistência mecânica, térmica e com propriedades metalúrgicas que viabilize o seu uso nos tradicionais reatores de redução (alto-forno – 95 % do ferro primário do mundo e reatores de redução direta os 5 % restantes do ferro primário produzido no mundo). Logo ou as siderúrgicas aglomeram os finos em suas instalações (sinterização predomina) ou

RS

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1051  
8

compram o fino já aglomerado (pelotizadoras independentes ou até mesmo de sinterizações, também independentes).

O *pellet feed* está se tornando nas últimas décadas a fonte de ferro mais disponível e de teor mais elevado para a siderurgia <sup>(21)</sup>. Porém, os processos de redução dos óxidos de ferro mais comercialmente em uso (Alto-forno e Reatores de Redução Direta) exigem tamanhos de partículas em faixa estreita e maiores que 6,3 mm<sup>(4)</sup>, fazendo-se necessário que este *pellet feed* seja processado, transformado, por uma das tecnologias de aglomeração mais dominada e economicamente viável: a pelotização <sup>(5)</sup>. Assim, o *pellet feed* configura-se como matéria prima para a produção de aglomerados que permitam uso econômico nos reatores de redução de óxidos de ferro.

Mas a pelotização não é o único processo capaz de aumentar a utilidade comercial do *pellet feed*. Este pode ser aglomerado no tradicional processo de sinterização com uso de tecnologias mais recentes, auxiliares, de micro aglomeração (*Hybrid-Pelleted-Sinter*, com uso de misturador Intensivo), gerando um sinter à base de micropelotas; mais estável que o sinter tradicional e com menor geração de finos de retorno, ou seja, mais com mais produtividade <sup>(28)</sup>.

Existe ainda a aglomeração a frio de *pellet feed* com uso de cimento e outros ligantes, mas é aplicada em pequena escala, sendo direcionada principalmente para a reciclagem de resíduos siderúrgicos <sup>(29)</sup>.

QUESITO 12.

**Após a produção das pelotas, é possível reverter o processo, por cominuição, transformando-a novamente no minério de ferro com as mesmas características física, química, mineralógicas e morfológicas do *pellet feed*?**

RESPOSTA:

255



**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1948  
1052

Não. O processo de pelotização, por realizar adição de fluxantes e aglomerantes, realizar moagem, aglomeração, tratamento térmico, crescimento de grãos, escorificação, formação e crescimento de cristais, recristalização e resfriamento controlado, caracteriza-se como processo de geração de produto cerâmico <sup>(6)</sup>.

Uma vez dotada de características de produto cerâmico, a mineralogia e microestrutura das pelotas difere das do *pellet feed que a originou*, como visto nas figuras 15 e 16 <sup>(7)</sup>.

Já foram feitos estudos para reutilizar os finos de peneiramento de pelota gerados ao final do processo de pelotização, este material possui a mesma composição química e mineralógica das pelotas, porém trata-se de fragmentos de pelotas, normalmente na faixa de tamanhos < 6,3 mm. Este material tem sido utilizado historicamente como material para sinterização <sup>(30)</sup>, mas neste processo também se apresenta com comportamento diverso do *pellet feed*.

Comparando com o *sinter feed* e *pellet feed* naturais, os finos de pelota apresentam vantagens de possuir baixíssima perda ao fogo (pois foi calcinado durante o processo de pelotização) e alto conteúdo de elementos fluxantes (aditivos e aglomerantes). A alta porosidade dos finos de pelotas em comparação com os minérios naturais provoca ligeira redução de densidade quando reciclado na mistura para sinterização. Mas, por outro lado, melhora a permeabilidade do leito de sinterização, contribuindo para reduzir o tempo de queima e aumentar a produtividade <sup>(30)</sup>.

Outra evidência das diferenças intrínsecas de mineralogia e microestrutura de *pellet feed* e pelotas se visualiza quando da realização de análise química das pelotas ao final da produção destas. As pelotas são moídas como preparação para análise química. Macroscopicamente após a cominuição o aspecto dos dois diferentes materiais, pelota e *pellet feed* é semelhante, mas não se pode dizer o mesmo quanto à avaliação microscópica. Para análise química via raio-X utilizam-se diferentes curvas

0755

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1053  
1053

de calibração para pelota e *pellet feed*, pois esta análise depende da microestrutura e mineralogia do material analisado. Ao se tentar analisar um material com a curva de calibração do outro, os resultados divergem muito dos valores reais, comprovando a diferença de microestrutura.

## 10.2-QUESITOS FORMULADOS PELO REQUERIDO DNPM:

QUESITO 1.

**Conforme especifica a Lei nº 7.990/89, o que vem a ser um produto mineral? Esse produto mineral é distinto do minério de onde provém?**

RESPOSTA:

Produto mineral, ou simplesmente mineral, são corpos inorgânicos de propriedades físicas e composição química definidas, encontrados na crosta terrestre comumente em jazidas, isto é, depósitos naturais ou minas<sup>(1)</sup>.



Figura 2 – Mina de ferro Carajás, no Pará. Foto: T photography / Shutterstock.com

1053

1050  
1054  
6

Porém, deve conter substância ou substâncias de interesse econômico, isto é, que possuem viabilidade econômica para sua extração<sup>(1)</sup>. Normalmente após a extração do mineral, este precisa ser beneficiado, isto é, passar por uma série de etapas como redução de tamanho (britagem, moagem), peneiramento e outras, visando ao aumento da concentração da substância de interesse, e separação de rejeitos.

Portanto, o minério, na maioria das vezes, não se encontra na natureza em condições de comercialização, sendo necessário que o mesmo atinja tamanhos e concentrações do mineral desejado para sua comercialização, podendo o produto mineral ser ou não distinto do minério *in natura*.

## QUESITO 2.

**Qual (is) substância (s) tem (têm) aproveitamento econômico no minério de ferro granulado e no pellet feed?**

### RESPOSTA:

A substância de aproveitamento econômico no minério granulado e no *pellet feed* é o ferro metálico<sup>(2)</sup>. Os minérios são geralmente ricos em óxidos de ferro e variam em cores de cinza escuro, amarelo claro, violeta escuro até avermelhado, conforme se observa na figura 2. O ferro, em si, é normalmente encontrado na forma de magnetita ( $Fe_3O_4$ , contendo até 72,4% de Ferro), hematita ( $Fe_2O_3$ , contendo até 69,9% de Ferro), goetita [ $FeO(OH)$ ], contendo até 62,9% de Ferro), limonita [ $FeO(OH).n(H_2O)$ ] ou siderita ( $FeCO_3$ , contendo até 48,2% de Ferro).



Figura 2 – Variação de cores dos diferentes tipos de minérios de ferro

755

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

Minérios contendo alta proporção de hematita ou magnetita (com mais de 60% de Fe) são conhecidos como “minérios naturais” ou “minério pronto para embarque”, significando que eles podem ser diretamente alimentados em fornos de altas temperaturas (altos fornos) produtores de ferro gusa se já se encontrarem em tamanhos adequados ( $> 6,3$  mm e  $< 32$  mm por exemplo). O minério de ferro é a matéria prima utilizada na produção do ferro gusa, que é uma das principais matérias primas para fabricação do aço. 98% do minério de ferro minerado é utilizado na fabricação de aço<sup>(3)</sup>. Propõe-se que o minério de ferro é “mais integrado à economia global que qualquer outra *commodity*, exceto talvez pelo petróleo”<sup>(4)</sup>.

**QUESITO 3.**

**Qual o produto obtido nos fornos de altas temperaturas quando utilizado o minério de ferro granulado e quando utilizado o pellet feed? Existe diferença entre esses produtos?**

**RESPOSTA:**

Existem dois produtos dos reatores de alta temperatura. O produto dos altos fornos (temperaturas acima de  $1.300^{\circ}$  C), e que representam, aproximadamente, 95% de todo o ferro primário produzido no mundo e, os pré-reduzidos que representam menos de 5% do ferro primário produzido no mundo e são obtidos pelos processos de redução direta, ainda na forma sólida, sob redução à temperaturas próximas de  $900^{\circ}$  C.

O Ferro Gusa é o produto intermediário no qual é convertido praticamente todo o ferro utilizado na produção do aço. É um produto de primeira fusão obtido a partir da redução do minério em alto-forno.

Contendo cerca de 4 % de carbono sob forma de cementita ( $Fe_3C$ ), o ferro gusa possui como principais impurezas o silício (0,3 a 2%), o enxofre (0,01 a 1%), o fósforo (0,05 a 2%) e o manganês (0,5 a 2%).

O ferro gusa solidificado, também chamado de ferro bruto é duro e quebradiço, com baixa resistência mecânica, devido ao excesso de carbono.

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

Pode ser empregado em diferentes confecções de peças que são submetidas a pequenos esforços<sup>(5)</sup>.

O ferro gusa é obtido a partir da fusão de minério de ferro em altos fornos, sendo descarregado em forma líquida às altas temperaturas (figura 3).

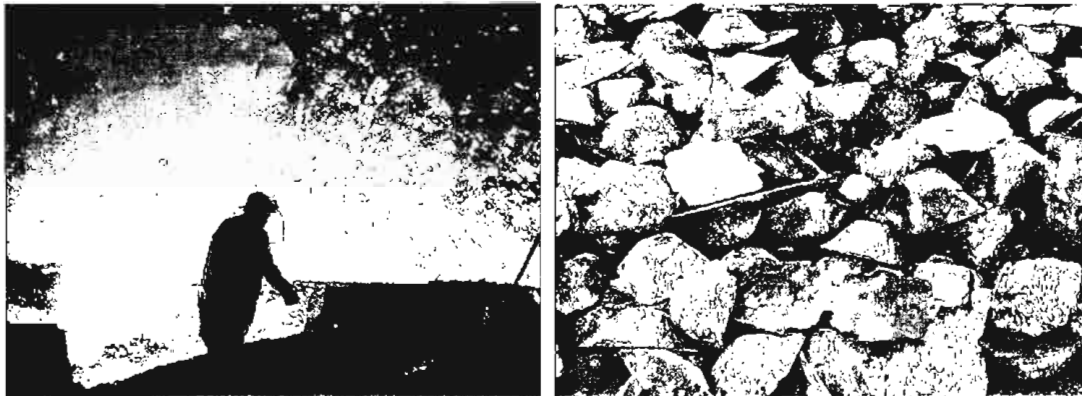


Figura 3 – Ferro gusa líquido sendo descarregado de alto forno e após solidificação

O minério de ferro granulado, com distribuição de tamanhos de partículas entre 6,3 e 32 mm, permite uso direto nos fornos de fusão enquanto o *pellet feed*, com distribuição de tamanho de partículas abaixo de 0,150 mm não pode ser diretamente aplicado, sendo necessários processos de aglomeração (pelotização ou sinterização), para aumentar o tamanho das partículas e conferir as propriedades metalúrgicas desejáveis. Isto se deve ao fato de que os fornos de fusão operam como reatores de leito contra corrente gás/sólido, sendo necessária passagem de gás redutor aquecido em sentido inverso ao fluxo de óxidos de ferros, onde predomina a hematita ( $Fe_2O_3$ ) na forma granulada (minério granulado, pelotas de minério de ferro, partículas de sinter de minério de ferro), todas com tamanho maiores que 6,25 mm., com restrições de tamanhos maiores dependendo do reator utilizado, para que seja mantido certo grau de permeabilidade, isto é, deve haver espaços entre as partículas de Minério que permitam a passagem do gás redutor a altas temperaturas que aquecerá as partículas dos minérios, removerá o oxigênio das mesmas, até o derretimento<sup>(6)</sup>.

1057  
6

#### QUESITO 4.

#### Qual a origem do pellet feeds?

#### RESPOSTA:

O processamento de minérios de ferro em estado bruto consiste de britagem e moagem para libertar as partículas que contêm ferro, concentrando-se o minério, separando as partículas do material residual (ganga) e por fim realizando a pelotização do pellet feed<sup>(7)</sup>.

Um diagrama de fluxo simplificado destes passos de processamento é mostrado na Figura 4.

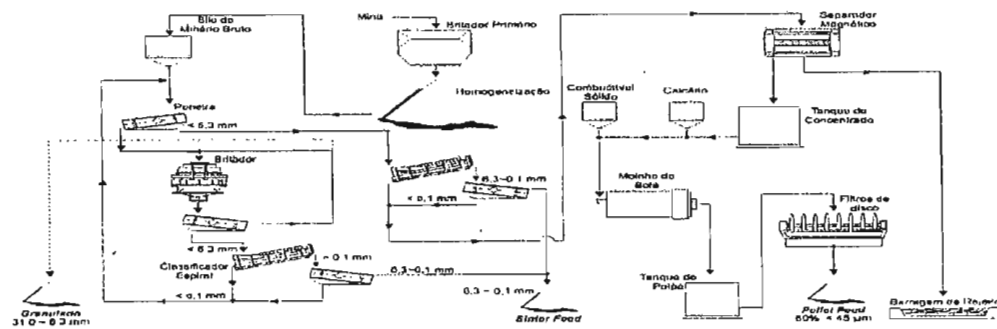


Figura 4 – Fluxo de processo de produção de pellet feed como matéria prima para pelotização (8)

A liberação é o primeiro passo no processamento de minério bruto e consiste principalmente de britagem e moagem. O minério tem de ser moído para um tamanho de partícula suficientemente próximo do tamanho do grão do mineral contendo ferro para permitir um elevado grau de libertação de minerais<sup>(7)</sup>.

Grande parte do minério de ferro usado hoje requer moagem fina. Antes da moagem, o minério é britado à seco em vários estágios, dependendo da dureza do minério. Peneiras vibratórias intermediárias removem o material de menor tamanho a partir da alimentação para o próximo britador e permitem a operação em circuito fechado nos britadores. Após a britagem, o tamanho do material é, por vezes, ainda mais reduzido por moagem a

1055

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

úmido. Idealmente, as partículas liberadas de minerais de ganga e de ferro devem ser removidas dos circuitos de moagem, logo que são formadas, com partículas maiores recirculando para continuar a moagem<sup>(7)</sup>.

A concentração é a segunda etapa do processamento de minério. Como os minerais de minério de ferro são liberados pelas etapas de britagem, as partículas que contêm ferro, devem ser concentradas. A separação magnética e flotação são os métodos mais utilizados para a concentração de minério de ferro. Os minérios brutos, em que a maior parte do ferro recuperável apresenta comportamento ferromagnético, são normalmente concentrados por separação magnética. O ferro restante é descartado com a ganga. Já os minérios não magnéticos e fracamente magnéticos são concentrados por flotação ou métodos gravíticos, isto é, por gravidade (diferença de densidades). A separação quase completa é muitas vezes difícil. Várias combinações de separação magnética e flotação podem ser utilizadas para concentrar os minerais que contenham vários minerais de ferro e ampla gama de tamanhos de grãos minerais<sup>(7)</sup>.

A Pelotização é o terceiro grande passo no processamento de minério, disponibilizando o *pellet feed* como pelotas que então podem alimentar os altos fornos e fornos de redução direta.

#### **QUESITO 5.**

#### **Existe descaracterização da substancia Fe (ferro) na pelotização?**

#### **RESPOSTA:**

Durante a etapa de tratamento térmico no processo de pelotização ocorre a recristalização dos óxidos e reações químicas entre óxidos e ganga e óxidos e fundentes. Estas transformações podem, sim, descaracterizar as substâncias contendo ferro, os óxidos de ferro<sup>(13)</sup>.

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**

Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

A definição de substância considera aquelas formadas por um único tipo de átomo, por exemplo, ferro metálico (Fe) e as formadas por mais de um tipo de átomo, por exemplo, os óxidos de ferro.<sup>(11)</sup>

O ferro é um elemento químico de símbolo Fe (do latim: *ferrum*) e número atômico 26. É um metal na primeira série de transição<sup>(9)</sup> É, em massa, o elemento mais comum na Terra, formando grande parte das partes exterior e interior do núcleo da Terra<sup>(10)</sup>.

Porém, o ferro metálico é praticamente desconhecido na superfície da Terra, exceto como ligas de ferro-níquel de meteoritos. Embora o ferro seja o quarto elemento mais abundante na crosta terrestre, que compreende cerca de 5%, a grande maioria está ligada a minerais de silicato ou mais raramente carbonatos. As barreiras energéticas (termodinâmicas) para extrair ferro puro a partir desses minerais são imensas e requerem uso intensivo de energia, portanto, todas as fontes de ferro utilizados pela indústria humana provêm dos minerais de óxido de ferro, principalmente hematita<sup>(10)</sup>.

Assim, o ferro metálico não existe como substância nos minérios *pellet feed* utilizados na pelotização. Temos de considerar então os óxidos de ferro como substâncias portadoras de ferro. A tabela 1 lista os 17 diferentes tipos de óxidos de ferro existentes, sublinhados os mais presentes no pellet feed:

Tabela 1 - Representação dos dezessete óxidos de ferro.

Oxido de Fe	Fórmula Química	Oxido de Fe	Fórmula Química	Oxido de Fe	Fórmula Química
<u>Hematita</u>	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	Wustita	FeO	$\Delta$ Alta Pressão	FeOOH
<u>Magnetita</u>	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	Lepidocrocita	$\gamma\text{-FeOOH}$	Ferrihydrita	$\text{Fe}_5\text{HO}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
<u>Maghemita</u>	$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$	Akaganéita	$\beta\text{-FeOOH}$	Bernalita	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
Maghemita	$\beta\text{-Fe}_2\text{O}_3$	Schwertmannita	$\text{Fe}_{16}\text{O}_{16}(\text{OH})\gamma(\text{SO}_4)_z \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Bernalita	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
Maghemita	$\varepsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$	Schwertmannita	$\delta\text{-FeOOH}$	Fougerita	$\text{Fe}_x^{3+}\text{Fe}_y^{2+}(\text{OH})_{3x+2y} \cdot (\text{A}^-)_z$ $\text{A}^- = \text{Cl}^- ; \frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$
<u>Goethita</u>	$\alpha\text{-FeOOH}$	Feroxyhita	$\delta\text{-FeOOH}$		

Fonte: CORNELL, SCHWERTMANN, 1996<sup>(12)</sup>.



**RONALDO SANTOS SAMPAIO**

Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

12/03/2017

A oxidação da magnetita durante o aquecimento é um caso de descaracterização, pois promove a transformação de um cristal cúbico de magnetita para a rede hexagonal de hematita, consideradas substâncias diferentes<sup>(11)(13)</sup>.

A estrutura da pelota verde é mostrada por micrografia na figura 5. Nesta série se observa a formação de finos cristais de hematita e posterior arredondamento dos grãos com o provimento de energia adicional<sup>(13)</sup>.

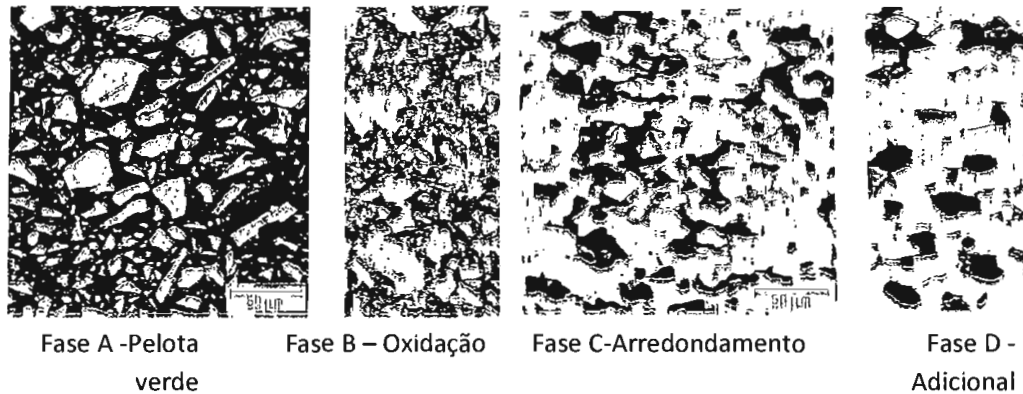


Figura 5 – Estrutura de grãos de pelota verde de minério magnetítico e, crescimento de cristais, pontes e arredondamento de grãos com o aumento de temperatura.

Já nos minérios hematíticos o aquecimento provoca descaracterização mais do ponto de vista das propriedades físicas, pois as hematitas se mantêm, mas ocorre migração nos contornos de grão que apresentam aspecto arredondado após o aquecimento, como visto na figura 6<sup>(13)</sup>.

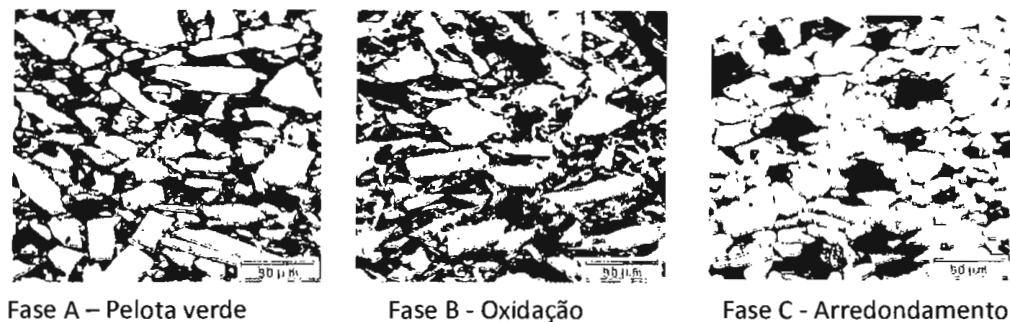


Figura 6 – Estrutura dos cristais da pelota hematítica à 200 °C, primeiras pontes via finos moídos à 1300°C e forte recristalização a 1350 °C.

12/03/2017

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**

Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

Outro fato que promove descaracterização dos óxidos de ferro é a dissolução e reação dos constituintes escorificantes dos fundentes adicionados na pelotização com as moléculas de óxidos de ferro do minério de ferro pellet feed criando novas estruturas minerais, conferindo às pelotas uma microestrutura sensivelmente diferente da estrutura original provinda da gênese (geologia) do pellet feed <sup>(14)</sup>, conforme visto nas figuras 5 e 6, que retratam tanto os minérios de origem magnetítica quanto hematítica, respectivamente <sup>(13)</sup>.

A fase óxido de ferro é a dominante nas pelotas. Mas na fase intergranular, o CaO reage com Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em uma formação simultânea de diferentes cálcio ferritas; configurando-se mudança da estrutura mineralógica do pellet feed, descaracterizando-o. Já o SiO<sub>2</sub> usualmente não reage com a hematita durante a queima <sup>(13)</sup>.

**QUESITO 6.**

**O entendimento aplicado pelo DNPM quanto ao fato gerador da CEFEM está em desacordo com a legislação vigente?**

**RESPOSTA:**

Quesito prejudicado. O questionamento contido no presente quesito versa sobre matéria de natureza tributária, disciplina diversa daquela da formação deste perito, com atuação circunscrita à engenharia metalúrgica, com ênfase técnica na área de siderurgia. Seu enfrentamento impõe que se promova a interpretação de normas legislativas aplicáveis à espécie, cuja competência é própria das carreiras jurídicas, fazendo com que a emissão de um juízo de valor sobre a matéria, por engenheiro metalúrgico, escape ao objetivo determinado para esta perícia e das atribuições cometidas à engenharia metalúrgica, conforme Resolução do CONFEA.

**QUESITO 7.**

**Para fins da aplicação da alíquota do IPI, quando um produto é considerado industrializado?**

0755

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1062  
7

RESPOSTA:

Quesito prejudicado. Vide resposta quesito 6.

**QUESITO 8.**

**Para os produtos comercializados pela empresa, qual o campo de incidência do IPI?**

RESPOSTA:

Quesito prejudicado. Vide resposta quesito 6.

**QUESITO 9.**

**O IPI incide em etapas do processo produtivo?**

RESPOSTA:

Quesito prejudicado. Vide resposta quesito 6.

**QUESITO 10.**

**No processo produtivo da empresa, quando ocorre a última etapa do processo de beneficiamento e quando ocorre a transformação industrial?**

RESPOSTA:

Quando se chega aos produtos comercializáveis por uma mineradora de minério de ferro, que são, minério granulado (tamanhos normalmente acima de 6,25 mm e abaixo de 38,5 mm), finos de minério da categoria denominada *sinter feed* (tamanhos normalmente acima de 1,0 mm e abaixo de 6,25 mm) e *pellet feed* (tamanhos normalmente abaixo de 0,15 mm). A partir daí ocorrerá a transformação industrial, ou seja, o minério granulado pode ser utilizado diretamente nos reatores de altas temperaturas e os finos *pellet feed* e precisam passar por uma etapa intermediária de transformação industrial, aglomeração de minérios de ferro, para que

1062

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

1063

possam ter características metalúrgicas aceitáveis para os reatores de altas temperaturas.

////////////////////////////////ENCERRAMENTO DAS RESPOSTAS AOS QUESITOS APRESENTADOS PELAS PARTES////////////////////////////////

0755

**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
Metallurgical Engineer, M.Sc., Ph.D. CREA/MG 17447/D

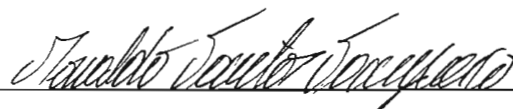
1060  
1064

## 11 – CONCLUSÃO

Este trabalho pericial de engenharia metalúrgica foi desenvolvido nos moldes estabelecidos no Código de Processo Civil – CPC, observando a legislação aplicável à profissão de engenheiro metalúrgico, sendo executado na forma recomendada pelo CONFEA e na NORMA BÁSICA PARA PERÍCIAS DE ENGENHARIA DO IBAPE/SP, atendo-se, rigorosamente, à determinação emanada do MM. Juiz Federal da 2ª Vara Federal da Subseção de Marabá-PA, que o determinou em face de pedido apresentado pela requerente VALE S/A.

Assim, levando-se em conta todas as considerações elencadas ao longo de sua elaboração, **CONCLUI ESTE PERITO, que a pelotização, do ponto de vista da engenharia metalúrgica, constitui-se um processo de transformação industrial do minério de ferro fino em partículas com propriedades metalúrgicas aceitáveis para os reatores de alta temperatura.**

De Belo Horizonte para Marabá-PA, 07 de janeiro de 2015.



**RONALDO SANTOS SAMPAIO**  
**ENGENHEIRO METALÚRGICO CREA 17447/D-MG**