

8 Conclusões e sugestões

Através do processo de elaboração de coque da CST, principalmente por meio de seus especialistas, foi possível construir um modelo para mistura de carvões relativamente diferente do modelo clássico, com a inclusão de duas novas restrições, a de rendimento e a de pressão interna dos fornos, e, também, a consideração de mais um parâmetro de qualidade, o teor de fósforo da mistura.

Mesmo se tratando de um modelo simplificado, no que diz respeito às dimensões do problema e às relações não-lineares entre as propriedades do coque e às dos carvões, o modelo matemático construído e utilizado neste trabalho se mostrou eficiente na determinação de misturas ótimas, neste caso, misturas de custo mínimo. O modelo respeitou todas as restrições impostas e forneceu subsídios para a simulação dos cenários de desvio.

A quantidade relativamente pequena de dados utilizada no desenvolvimento do sistema, referentes a quinze carvões mais seis “spot”, forçou o relaxamento do problema, onde a restrição de rendimento foi substituída por uma de quantidade mínima de mistura, pois a mistura ótima estava sendo formada por uma quantidade muito pequena de carvões, inviabilizando a simulação de desvios e análise dos resultados. Esse procedimento não invalidou os resultados, visto que a restrição de rendimento também define uma quantidade mínima de mistura, em função do limite inferior de quantidade de coque.

Os desvios de especificações simulados foram imprescindíveis para o entendimento do comportamento da mistura em termos estruturais e de variação do custo. Tanto o comportamento da curva de variação do custo total, quanto o da curva de penalidade unitária, a princípio, pareciam se comportar de maneira incoerente, pois ao invés de um desvio excessivo provocar uma grande elevação na taxa de variação no custo total, que é a penalidade unitária, o inverso ocorreu com a mesma tendendo a zero, e a variação do custo total tendendo a se estabilizar num determinado nível. Estes resultados mostram que um desvio excessivo em alguma das propriedades de um carvão o torna indesejável à mistura, ocorrendo sua completa substituição por outro, na maioria dos casos,

um “spot”, proporcionando a correção da qualidade da mistura. Esta ação corretiva implica no custo da não utilização de um carvão que, teoricamente, já foi comprado, recebido e está sendo estocado.

É importante destacar que o comportamento das curvas de variação do custo total e de penalidade unitária é função das condições impostas ao ajustamento da mistura, que está restrito à utilização dos carvões “spot”. Além disso, os carvões contratados, que formam a mistura ótima inicial definida pelo módulo “Esperado” do sistema, têm suas quantidades limitadas superiormente. Isso obriga a utilização dos carvões “spot” durante o ajustamento e permite a utilização em menor quantidade de um carvão já contratado, fato que também deve ser considerado no cálculo da penalidade, pois o carvão que sobra é mantido em estoque, incorrendo em custo.

Para as propriedades químicas dos carvões, além dos custos de aquisição do indesejável (impurezas) e do reajustamento da mistura com a compra de carvões no mercado “spot”, é necessário computar o custo de manter em estoque a sobra de carvão que seria completamente utilizado, mas que não o foi em decorrência do desvio de especificação. Assim, torna-se possível determinar a penalidade para desvios de especificações que se referem a propriedades químicas dos carvões.

De diferente modo, sabe-se que um desvio de especificação em uma propriedade física do carvão não tem influência direta sobre sua massa. A maior consequência de um desvio dessa natureza é a redução do rendimento do coque no alto-forno, com conseqüente aumento do custo de produção do ferro gusa. No entanto, as relações matemáticas entre as propriedades físicas dos carvões e, conseqüentemente, do coque e o custo de produção do gusa são complexas e difíceis de serem determinadas, o que torna difícil determinar uma penalidade que realmente represente os custos gerados por desvios em uma propriedade física do carvão. Mesmo assim, é sugerido que se apliquem os custos decorrentes do ajustamento da mistura somado ao custo de manter em estoque as sobras dos carvões que seriam completamente utilizados, mas que não foram em decorrência do ajustamento da mistura.

É importante salientar que o custo inerente ao ajustamento da mistura, coluna 4 da Tabela 10, calculado em função de uma mistura com 100 toneladas de carvão, pode ser facilmente calculado pela diferença entre o custo de aquisição dos carvões spot e o custo da sobra dos carvões que foram comprados, mas que não foram totalmente utilizados devido ao ajustamento da

mistura. Um exemplo numérico do cálculo da penalidade em função de um dado desvio de especificação é apresentado no Apêndice IV.

Em função dos resultados apresentados, concluí-se que o sistema protótipo proposto para determinação de penalidades se mostra útil e eficiente, uma vez que os resultados estão coerentes com a realidade proposta e com os cenários simulados. Sua definição e lógica estão consistentes, entretanto, observa-se a necessidade de aprimoramento na interface dos módulos “Esperado” e “Ajustamento” no sentido de tornar mais independente, ou automática, a comunicação entre os mesmos, de tal forma que a mistura ótima gerada no “Esperado” seja automaticamente atualizada no “Ajustamento”, o que não ocorreu nesta proposta, visto que as atualizações se deram de forma manual.

Outra sugestão pertinente é o aprimoramento da interface gráfica com o usuário final no módulo “Ajustamento”, permitindo que o operador do sistema tenha a possibilidade de entrar com a composição real dos carvões comprados e, em caso de desvios de especificações, obter instantaneamente a penalidade total a ser aplicada. Tal facilidade não foi implementada em virtude de não ser essencial para a apreciação da metodologia.

Um aspecto importante e que não foi discutido no desenvolvimento desta pesquisa é a possibilidade de se pagar prêmios aos fornecedores por entregar um ou mais carvões em condições melhores do que as especificadas nos contratos de compra. Deve-se, portanto, levar em consideração que tal evento pode provocar a sobra de um ou mais carvões, que deverão ser aproveitados posteriormente em outra mistura, uma vez que as quantidades compradas de cada carvão, em função da qualidade inicialmente estimada, são totalmente recebidas.

Outro aspecto que merece destaque é a influência da restrição de rendimento da mistura sobre a solução ótima do problema. Seria importante estudar com maior profundidade as características dos carvões que definem o rendimento de coque, uma vez que a restrição de rendimento adotada no modelo estudado inviabilizou a simulação dos cenários de desvio.

Do ponto de vista técnico, torna-se interessante estudar a influência dos desvios de especificações nas propriedades físicas dos carvões sobre o custo de produção do ferro gusa, tanto no sentido da aplicação de penalidades quanto no sentido da premiação, visto que a maior contribuição de tais desvios, em termos de custo, se dá no alto-forno, equipamento que utiliza o coque produzido.