

BLOW-DOWN DO MINI ALTO-FORNO A CARVÃO VEGETAL DA ARCELORMITTAL DE JUIZ DE FORA*

*Victor Freire de Oliveira¹
André Mendes Carneiro Lyrio²
Gisele Chaves Garducci³
Julia Cardim Gomes⁴
Yuri Pinheiro Ferreira⁵
Guilherme de Paula Azevedo⁶*

Resumo

A fim de reformar o revestimento refratário da rampa e cadinho de seu alto-forno nº1, bem como implementar novo sistema de refrigeração da rampa com caixas de cobre, a ArcelorMittal Juiz de Fora e Paul Wurth realizaram o abaixamento de carga do reator até o nível das ventaneiras, com subsequente corrida da salamandra. A atividade foi alvo de planejamento criterioso das equipes, instalação de bicos spray de água para controle da temperatura de gás de topo e bocais de inertização com nitrogênio no corpo do reator, bem como o acoplamento de um sistema remoto de análise de gás, específico para a atividade. O abaixamento de carga foi concluído com sucesso, com zero acidentes e os aspectos principais de seu planejamento e execução são apresentados neste artigo.

Palavras-chave: Alto-Forno; Manutenção; Processo; Reforma

BLOW-DOWN OF ARCELORMITTAL JUIZ DE FORA CHARCOAL MINI BLAST FURNACE

Abstract

In order to revamp the refractory lining of its blast furnace 1, as well as to implement a new copper bosh cooling system, ArcelorMittal Juiz de Fora and Paul Wurth conducted the blow-down of the reactor down to the tuyere level, with subsequent salamander tapping. The activity had careful planning by the involved teams, installation of water sprays for top gas temperature control and nitrogen inertizing nozzles in the reactor's shell, as well as remote gas analysis equipment, specific to the activity. The blow-down was successfully conducted, with zero accidents and the main aspects of its planning and execution are presented in this paper.

Keywords: Blast Furnace; Maintenance; Process; Revamp

¹ *Engenheiro Químico, MSc. Coordenador de Engenharia, Engenharia de Processos, Paul Wurth SMS Group, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil*

² *Engenheiro Metalurgista, Coordenador de Engenharia, Metalurgia e Digital, Paul Wurth SMS Group, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil*

³ *Engenheira Química, MSc. Engenheira de Projetos, Engenharia de Processos, Paul Wurth SMS Group, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil*

⁴ *Engenharia Química, Engenheira Trainee, Engenharia de Processos, Paul Wurth SMS Group, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.*

⁵ *Engenheiro Metalurgista, Analista de Redução, Redução, ArcelorMittal Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil*

⁶ *Graduando em Engenharia Metalúrgica, Estagiário, Redução, ArcelorMittal Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil*

1 INTRODUÇÃO

A ArcelorMittal Juiz de Fora (AMJF) é uma usina siderúrgica integrada que opera com dois altos-fornos de projeto similar, cujas especificações técnicas antes da reforma são apresentadas na tabela 1. A matéria-prima redutora usada é o carvão vegetal, e há uma aciaria elétrica para a produção de aços longos.

Tabela 1 – Parâmetros dos altos-fornos da AMJF antes da reforma

Parâmetros	Descrição
Volume Total (m ³)	294
Volume Útil (m ³)	250
Área do Cadinho (m ²)	14.52
Altura do Cadinho* (m)	2.25
Número de Ventaneiras	12
Carregamento	Correia Transportadora / Topo Tipo: Single Bell Pressurized Top (SBPT)

Paradas de altos-fornos para reparos ou por motivos de mercado são comuns na indústria [1]. No caso da AMJF, atingiu-se o fim de campanha dos dois reatores e identificaram-se oportunidades de melhoria em seu revestimento refratário e sistema de refrigeração, especialmente na região do cadinho e rampa.

A metodologia até então aplicada para as operações de *blow-down* dos Altos-Fornos baseava-se no emprego do calcário atribuído de alta umidade como agente refrigerante. O procedimento iniciava-se após o carregamento da última carga de carvão da coluna projetada para o abaixamento de carga, sendo logo em seguida abastecidas cargas contínuas de calcário. Ao término do procedimento com a redução de toda a carga ferrosa e consumo do carbono, o calcário remanescente no interior do reator era retirado manualmente por meio de uma abertura na região inferior do reator. Tal procedimento mostrava-se de baixa eficiência, pois implicava em um alto consumo de calcário, como apresentado na tabela 2, posterior deslocamento de mão-de-obra e acréscimo do tempo de parada para esgotamento completo da carga. Além disso, essa metodologia não proporcionava um controle abrangente da operação durante o procedimento, visto que era baseada somente na manutenção do nível térmico do topo. Sendo assim, não considerava parâmetros como o impacto da carga úmida no percentual relativo ao H₂ no gás de topo, o que, em comparação a outras metodologias, gera um maior risco operacional.

Tabela 2 – Consumos de calcário em operações passadas de *blow-down*

Alto Forno	Data	Quantidade de cargas e duração	Quantidade de calcário utilizado total (t)
AF01	19/09/2011	78 cargas - 05h13	191
	30/11/2015	60 cargas – 04h55	149
AF02	08/08/2011	90 cargas – 06h54	138
	15/02/2016	60 cargas – 04h18	101

Visando a aperfeiçoar esse cenário e garantir a segurança da operação, foram avaliadas outras estratégias em substituição ao procedimento utilizado. Dentre as estratégias para desligamento de um alto-forno, uma amplamente usada e que foi mais adequada ao plano de reforma da AMJF é o *blow-down*, que consiste em interromper o carregamento do forno, mantendo seu sopro em patamares controlados e abaixar o nível de carga do forno até o nível das ventaneiras [2]. O *blow-down* bem-sucedido de um alto-forno requer planejamento e preparos cuidadosos dos pontos de vista de operação e equipamentos. Durante o abaixamento da carga, a temperatura dos gases de topo deve ser controlada criteriosamente a fim de evitar danos aos equipamentos de topo, ao mesmo tempo em que a composição química desses gases deve ser analisada continuamente para evitar risco de explosões. O uso de spray de água para controle de temperatura e de gases para inertização é comum e recomendado para tais aplicações [3].

O presente trabalho visa a apresentar o planejamento de realização do *blow-down* do alto-forno 1 da ArcelorMittal Juiz de Fora, as adequações requeridas para o abaixamento da carga dentro dos limites de explosividade dos gases gerados e também adequações para evitar temperaturas acima do limite dos componentes de topo do forno durante o procedimento. Além disso, são apresentados os resultados obtidos durante o procedimento de *blow-down* do alto-forno 1 ocorrido em 01 de outubro de 2020.

2 METODOLOGIA

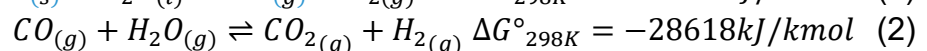
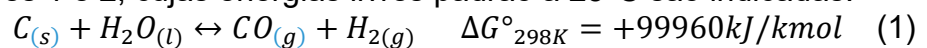
Desdobram-se, na presente seção, os principais aspectos da metodologia aplicada no abaixamento de carga do alto-forno 1 da AMJF.

2.1 Adequação dos equipamentos

Conforme previamente mencionado, o *blow-down* é uma situação operacional extraordinária e, como tal, requer equipamentos e procedimentos operacionais específicos. Esses são detalhados na presente seção.

2.1.1 Sprays Pulverizadores de Água

Durante uma parada programada, imediatamente antes do *blow-down*, 04 (quatro) sprays pulverizadores de água foram instalados igualmente espaçados, com ângulo de 5° com a carcaça no topo do alto-forno 1 e possuindo leque de 120°, evitando-se interferências de montagem com o curso do cone do topo. A instalação dos sprays, que geram uma névoa de pequenas gotículas de água, tem por objetivo controlar a temperatura do gás de topo, uma vez que não há mais, durante o abaixamento, a presença de carga fria para absorver a energia dos gases ascendentes. O controle da nebulização do spray é essencial para minimizar a formação de H₂ [4, 5], uma vez que fluxos concentrados de água podem atingir zonas mais baixas do forno e causar a dissociação da água em contato com o carvão incandescente, conforme indicado nas Equações 1 e 2, cujas energias livres padrão a 25°C são indicadas.



Em fases mais avançadas do *blow-down*, é possível a presença de oxigênio nos gases produzidos o que, em contato com hidrogênio, forma misturas potencialmente explosivas. Assim, pressão suficiente de água deve ser garantida nos anéis de alimentação dos bicos pulverizadores de modo a assegurar a formação de névoa e não gotas. Ademais, o fluxo de gotas sobre a carga pode levar à formação de cascão pela mistura água/minério de ferro [5]. Nesse sentido, o sistema de controle foi programado para emitir alarmes em caso de pressão insuficiente nos anéis de alimentação e, conforme será detalhado mais à frente, elaborou-se um ábaco de controle com instruções no caso do disparo do hidrogênio do gás de topo e da temperatura. Trabalhou-se com hidrogênio abaixo de 12%.

Cada spray utilizado no procedimento possuía capacidade de 15m³/h de água, o que representa 18925Nm³/h de vapor gerados. De modo a adequar a vazão total de gás de topo e vapor à capacidade do sistema de limpeza de gases, os patamares de sopro foram progressivamente reduzidos à medida em que o controle da temperatura de gás de topo exigiam maiores aberturas dos bicos spray. A abertura dos sprays era realizada de forma remota, desde a sala de controle do forno.

2.1.2 Inertização com Nitrogênio

O abaixamento da carga do forno é acompanhado por uma variação característica da composição de gás de topo. Inicialmente, é esperado um aumento da concentração de monóxido de carbono, devido à progressiva redução da razão minério/carvão (excesso de carbono) que leva a uma menor formação de dióxido de carbono. A redução do nível de carga também oferece menor oportunidade de troca térmica aos gases quentes gerados na zona de combustão, o que se reflete em temperaturas de gás de topo progressivamente mais altas e necessidade do acionamento dos sprays apresentados na seção 2.1.1. Conforme mencionado, a água pode levar a um aumento do conteúdo de hidrogênio do gás de topo. O processo de abaixamento do nível de carga leva a uma progressiva redução da quantidade de carbono frente ao ar soprado, bem como a alterações da temperatura de queima e, eventualmente, ao aparecimento do oxigênio no gás de topo. Isso também pode ocorrer em anormalidades como arriamentos de carga. A combinação entre monóxido de carbono, hidrogênio e oxigênio pode ocasionar uma explosão caso o limite de explosividade da mistura seja atingido e uma centelha seja gerada ou em temperaturas adequadas, aumentando o risco de acidentes [5]. Nesse sentido, trabalhou-se com oxigênio abaixo de 2%, sendo que o limite de explosividade para gás de alto-forno é reportado como 5.25% [6]. Com 0.4%, o procedimento já previa isolamento do sistema de lavagem de gás. Para manter a inertização durante todo o abaixamento de carga e evitar riscos de explosão, o forno foi equipado com anéis de inertização de nitrogênio em três níveis distintos: topo, cuba média e ventre.

2.1.3 Sondas de Nível de Carga

A medição de nível de carga foi realizada com a sonda mecânica convencional já instalada no forno até o nível de -5.5m e com sonda manual instalada em parada prévia exclusivamente para o *blow-down*. Esta possuía capacidade de medir até o nível das ventaneiras.

2.1.4 Sistema de Análise de Gases

O monitoramento da composição química do gás é imprescindível para evitar condições adversas durante o *blow-down*. É fundamental um rápido tempo de resposta, uma vez que a composição e temperatura do gás de topo são os principais parâmetros de controle da descida da carga [5]. Para o monitoramento da composição do gás foi contratada uma análise remota de gás de topo do forno, serviço do Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) de São Paulo. O equipamento instalado é provido de bomba *booster* para captação do gás de topo a partir dos *uptakes* do forno, eliminador de umidade e filtro de particulado. Assim, esse afere continuamente o conteúdo de CO, CO₂, H₂ e O₂ no gás.

2.2 Operação do alto-forno antes da parada de pré-*blow-down*

O objetivo do abaixamento de carga é deixar o mínimo possível de materiais no cadinho para remoção após a parada do forno e criar condições propícias para o esgotamento da salamandra. Assim sendo, a permeabilidade do cadinho é de central importância. Durante o abaixamento, é importante também promover uma descida de carga estável e evitar ao máximo engaiolamentos e arriamentos, inclusive por representarem um risco de criação de misturas explosivas na fase gasosa. Nesse sentido, alguns procedimentos foram adotados nas semanas que antecederam ao *blow-down*, como segue:

- Utilização de carvão peneirado de maior granulometria possível para melhorar a permeabilidade da cuba e do cadinho, aumentou-se a malha de 9.5 para 12.5mm;
- Trabalho com taxas menores de ICP para melhorar a permeabilidade do cadinho;
- Manutenção da alta produtividade usualmente praticada, o que aumenta o nível térmico e a circulação de líquidos no cadinho;
- Trabalho com escória ácida para solubilização e remoção de álcalis (IB 0.66 – 0.72);
- Utilização de minério rico em manganês para aumento da fluidez e redução da molhabilidade do gusa (almejado 0.5 a 0.8% no gusa);
- Utilização de MgO para melhoria da fluidez da escória e melhor esgotamento (almejado 8%).

Antes do abaixamento de carga, realizou-se uma parada (pré-*blow-down*) para instalação dos bicos spray no topo, verificação dos bocais de inertização de nitrogênio do corpo do forno e finalização/adiantamento de tarefas referentes à corrida da salamandra.

2.3 Carregamento do leito de *blow-down*

A Paul Wurth sugeriu uma composição de leito de modo a promover um aumento gradual do combustível do forno desde a pré-parada até uma carga composta apenas de carvão. Estimou-se que a coluna de carga forneceria cerca de 55t de gusa e 10t de escória. O combustível progressivamente aumentado visou a ampliar a carga térmica do cadinho, favorecendo o vazamento posterior da salamandra. O leito também foi pensado para ser um conceito robusto no caso de indisponibilidade

de temperatura de sopro adequada em função do acendimento dos glendons com o GAF gerado. Após retorno do forno, foi carregada uma carga extra de carvão remanescente e foi monitorado se houve dano a algum bico spray. A medida visou limitar a temperatura de gás de topo durante a parada de pré-*blow-down*, mantendo-a abaixo de 250°C.

2.4 Procedimento geral do abaixamento de carga

Uma vez concluídos os preparativos previamente apresentados, o abaixamento da carga foi realizado seguindo patamares pré-determinados de sopro e monitorando os principais parâmetros:

- Temperatura de gás de topo abaixo de 300°C (acima, abria-se um spray de água), acima de 200 a 250°C;
- Hidrogênio abaixo de 10% (acima, reduzia-se sopro ou abriam-se anéis de nitrogênio em função do nível da carga);
- Presença de oxigênio: ao manifestar-se, isolamento do sistema de lavagem de gás e abertura das bleeders.

O nível de sonda foi aferido a cada 15 min, aproximadamente. A fim de auxiliar os operadores durante o procedimento, um ábaco de controle foi programado no sistema supervisorio na cabine de controle do forno, emitindo alarmes e orientações em função da temperatura e conteúdo de hidrogênio do gás de topo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se, a seguir, os resultados obtidos.

3.1 Evolução do Sopro do Forno

Os patamares de sopro aplicados durante o abaixamento de carga são apresentados no gráfico da Figura 1.

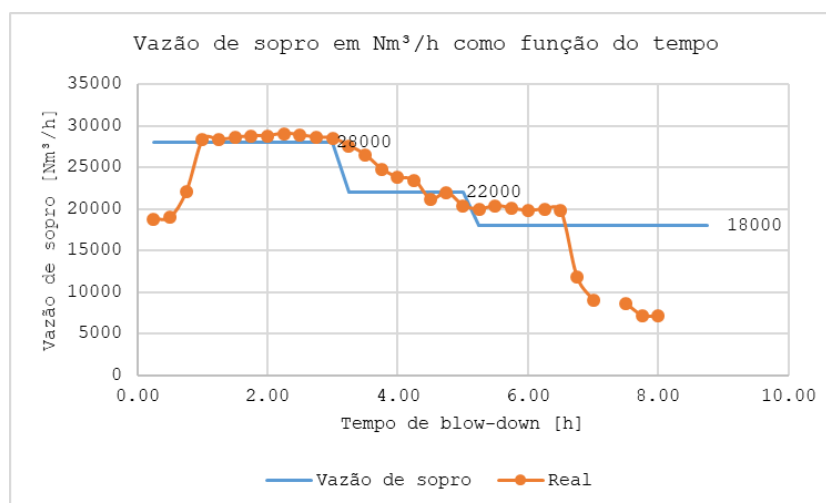


Figura 1. Evolução do sopro durante o abaixamento de carga

Foi observada uma vazão inicial inferior à planejada, especialmente devido ao ajuste da refrigeração externa da carcaça do forno e ajustes nos níveis das bacias do

lavador de gás. Essa redução não gerou atrasos no abaixamento, até mesmo pois a redução de sopro de 28 para 22000Nm³/h foi realizada mais lentamente do que o previsto, tendo em vista a temperatura de gás de topo e níveis de H₂ mantidos sob controle. Conforme detalhado no item 3.2, a evolução no nível de carga do forno respondeu bem, conforme planejado, o que permitiu o perfil de sopro apresentado. Ao fim do abaixamento de carga, optou-se por manter uma vazão mais baixa que os 18000Nm³/h previstos, de forma a evitar o disparo da temperatura de gás de topo com aberturas excessivas do spray de água. Adicionalmente, verificou-se uma resposta mais intensa do hidrogênio de topo após cada abertura do spray, o que motivou uma abordagem mais conservadora do ponto de vista de vazão.

3.2 Evolução do Nível de Carga

O gráfico da Figura 2 apresenta a evolução do nível de carga do forno. A projeção após 8h é uma extrapolação, uma vez que a meta era atingir -15.8m, o nível das ventaneiras.

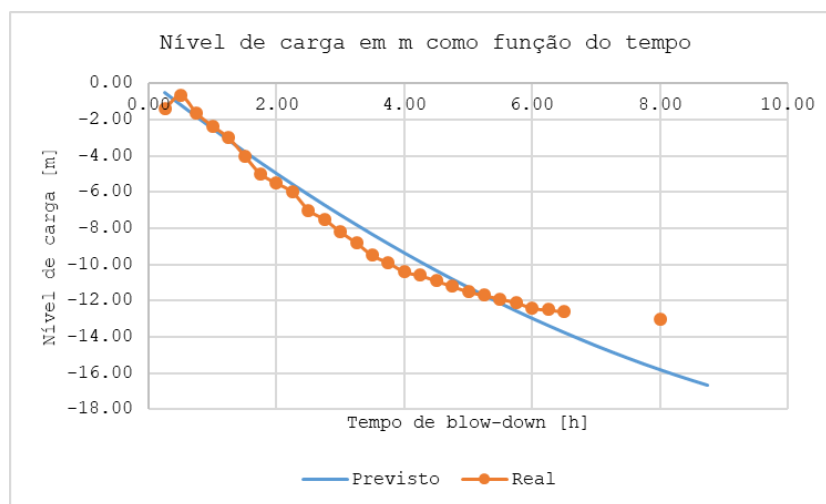


Figura 2. Evolução do nível de carga do forno

Observou-se coerência satisfatória entre a velocidade de descida de carga e o planejado. O nível final sondado foi de -14.2m, 1.6m acima do previsto de 15.8m para as ventaneiras. Medições realizadas pela AMJF após desmontagem dos conjuntos de sopro indicaram que a carga final estava, essencialmente, no nível das ventaneiras. Não foram observados arriamentos ou engaiolamentos de carga, o que indicou descida regular de carga e adequação do plano de sopro e da temperatura adiabática de chama almejada.

3.3 Evolução da Temperatura do Gás de Topo

A evolução da temperatura de gás de topo pode ser observada na Figura 3. A temperatura média foi controlada com sucesso abaixo do patamar de 300°C com o uso de apenas um spray de água cuja vazão resultante foi de 15 a 16m³/h. O hidrogênio tendeu a responder com elevações momentâneas em fases mais avançadas do *blow-down* sem, entretanto, atingir limites acima de 10%.

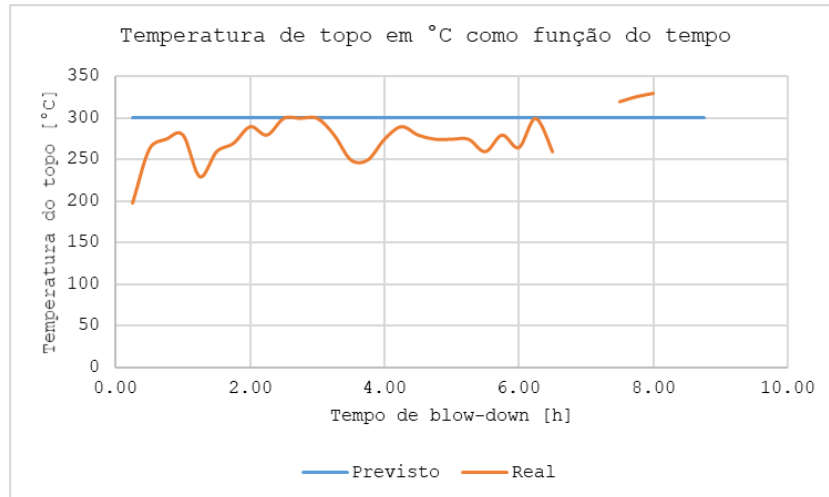


Figura 3. Temperatura média de gás de topo em função do tempo

Pôde-se observar um padrão de resposta da temperatura do gás à abertura do spray, conforme apresentado no gráfico da Figura 4. Verifica-se uma clara redução da temperatura durante a abertura e imediatamente após. A temperatura retoma, então, um progressivo aumento, de menor taxa que aquela de resfriamento, até atingir a temperatura máxima operacional de topo. A periodicidade identificada foi de 3 a 5 minutos, com o tempo de abertura dos sprays variando entre 1 a 3 minutos.

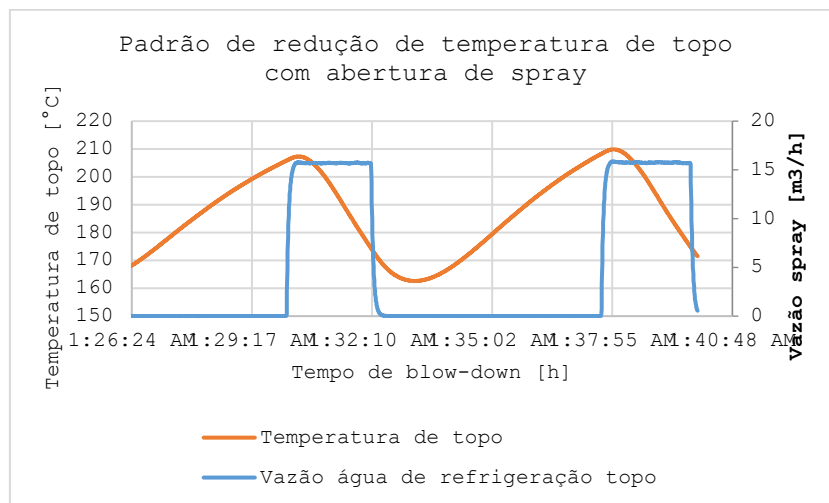


Figura 4. Temperatura média de gás de topo em função do tempo

Em relação a eficiência dos sprays em reduzir a temperatura de topo, foi observado um decréscimo durante a evolução do blow-down, tornando-se necessário estender o tempo de abertura dos sprays para se obter a redução desejada de temperatura. Esse cenário é graficamente exposto através na Figura 5, onde se analisa o decréscimo de temperatura do gás de topo em função do volume de água injetado pelo spray durante sua abertura.

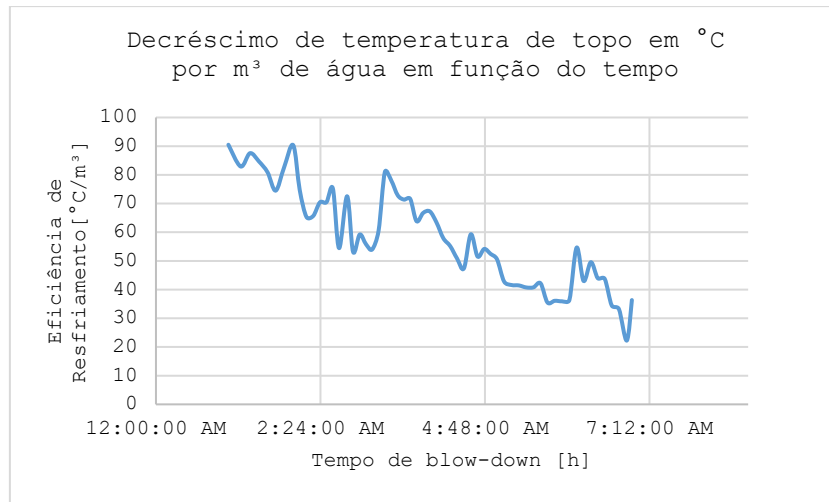


Figura 5. Eficiência de resfriamento do gás de topo em função do tempo de *blow-down*

3.4 Evolução da Composição do Gás de Topo

Os dados obtidos a partir do analisador de gás do IPT são apresentados no gráfico da Figura 6.

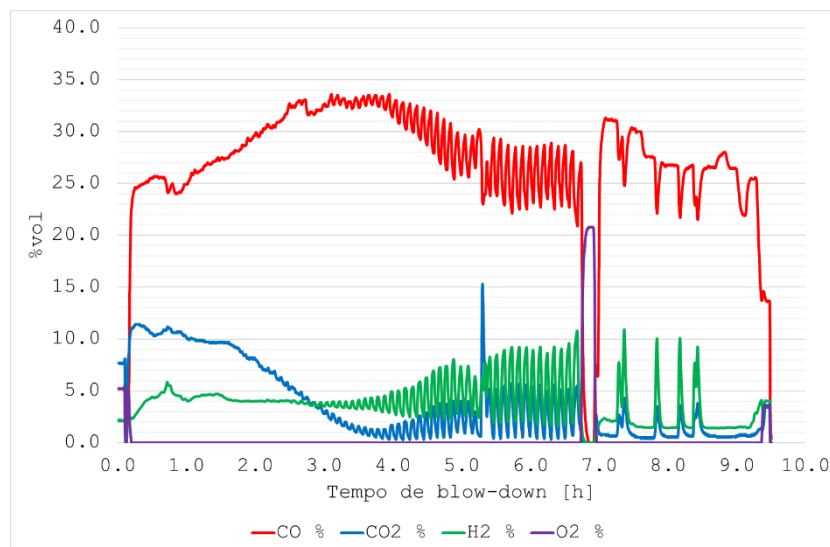


Figura 6. Análise de gás conforme analisador de gás do IPT

Houve um ajuste do sistema de medição (pico de CO₂ observado) que foi desconsiderado. Eventualmente, houve uma aparente inversão do monóxido de carbono com o dióxido, acompanhado de aumento do O₂, circunstância sob a qual se abriram as *bleeders*, deixando-as abertas pelo resto do procedimento. Os níveis de monóxido de carbono e hidrogênio, além daqueles de oxigênio ficaram dentro dos limites seguros de explosividade da Paul Wurth, indicando que a inertização com nitrogênio, bem como os patamares de sopro empregados foram bem-sucedidos. Observaram-se picos de hidrogênio em resposta à abertura dos sprays de água, uma possível indicação de que gotículas maiores poderiam estar atingindo a superfície da carga e sofrendo reações como a 1, previamente apresentada na seção 2.1.1. Esse efeito foi mais pronunciado em fases mais avançadas do procedimento. O gráfico da Figura 7 ilustra algumas dessas variações, bem como sua relação com momentos de abertura dos sprays.

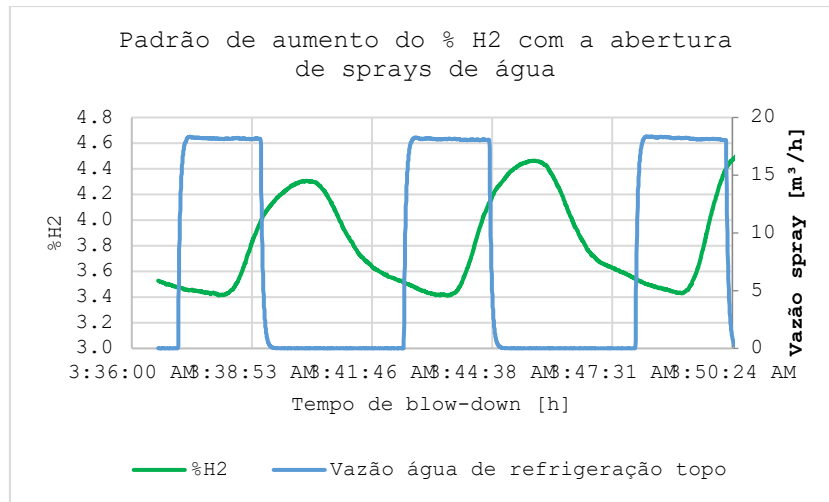


Figura 7. Temperatura média de gás de topo em função do tempo

3.5 Evolução das Pressões do Forno

A evolução da pressão de sopro, topo e diferencial da coluna é apresentada nos gráficos da Figura 8, bem como a permeabilidade do forno, calculada pela razão entre a vazão de sopro e o diferencial da coluna.

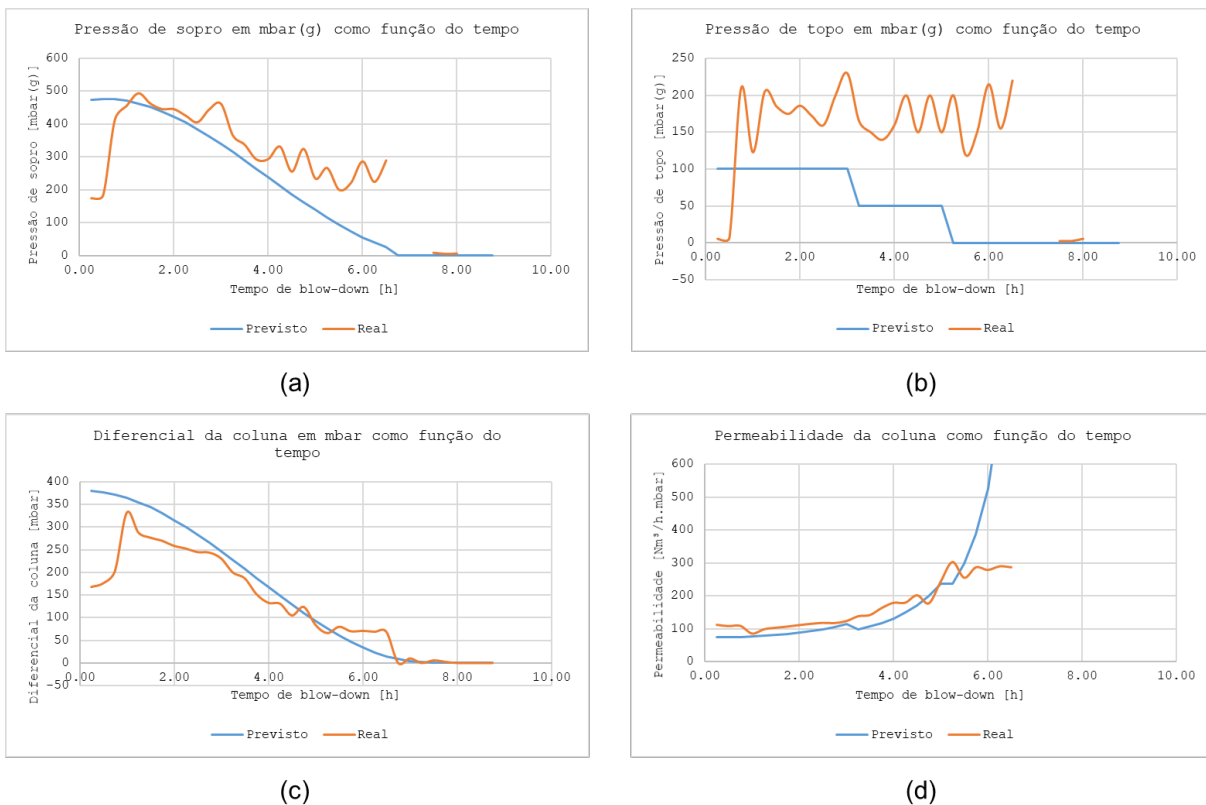


Figura 8. Evolução da pressão em função do tempo do sopro (a), topo do forno (b), diferencial da coluna de carga (c) e permeabilidade (d)

Observou-se que tanto a pressão de sopro quanto a de topo foram superiores às previsões do plano de abaixamento da carga, oscilantes com uma amplitude de cerca de 100mbar. Entretanto, a diferença entre elas, definida como o diferencial da coluna, seguiu a previsão teórica com boa concordância. Considerou-se, pois, que a

permeabilidade da carga foi adequada, o que é corroborado pelos resultados do gráfico da figura 8(d).

3.6 Evolução das Temperaturas de Sopro

A evolução da temperatura de sopro durante o abaixamento de carga é apresentada no gráfico da Figura 9.

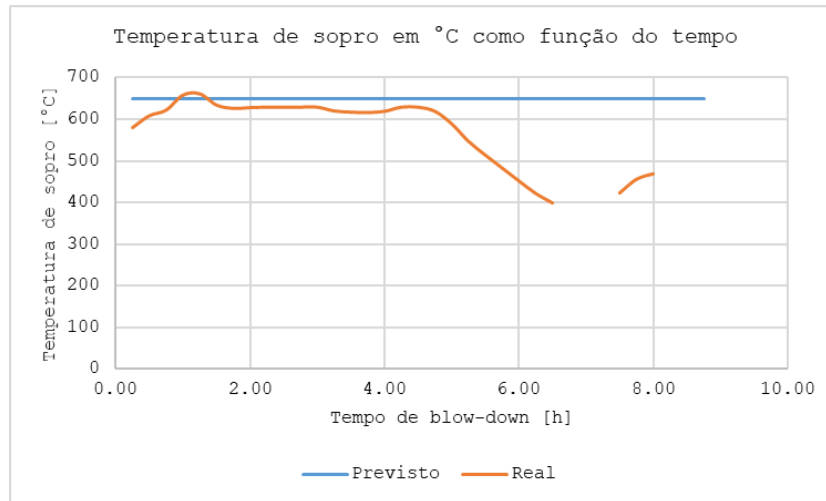


Figura 9. Evolução da temperatura de sopro em função do tempo

Observou-se que a temperatura de sopro tendeu a ficar próxima ao patamar almejado de 650°C. Observou-se, contudo, progressiva queda da temperatura de sopro após 5h de abaixamento de carga, acompanhando a variação da composição de gás indicada na seção 3.4 e o patamar de sopro da seção 3.1. Em fases posteriores do abaixamento, a presença de vapor dos sprays pode ter contribuído para variação do poder calorífico do gás e, também, havia uma menor vazão de GAF em resposta ao patamar de sopro. A temperatura nos últimos momentos do abaixamento teve contribuição de queimadores externos a GLP, instalados pela Thermojet para essa finalidade específica.

3.7 Ferro-Gusa e Escória: Quantidade e Qualidade

O gráfico da Figura 10 indica a quantidade calculada de gusa no interior do forno em função do tempo. Como o forno foi carregado com o leito planejado, foi assumido que a massa inicial na coluna era igual à teórica de 55t. Ao final do procedimento e com a evolução das corridas, observou-se que o total obtido foi de 59.1t de gusa. A diferença pode ser atribuída ao gusa remanescente da operação do forno antes do abaixamento de carga, possível alteração de qualidade das matérias-primas em comparação ao plano e até mesmo a possíveis alterações das lâminas de minério efetivamente carregadas no reator.

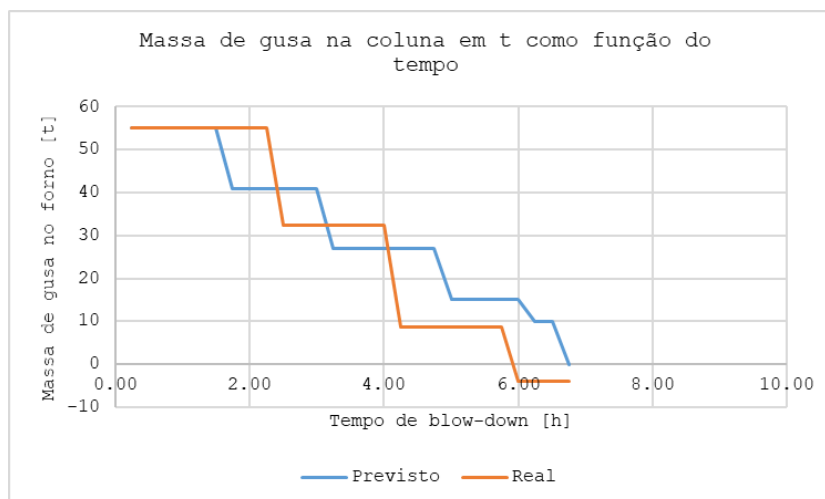


Figura 10. Evolução da massa de gusa na coluna em função do tempo

Foram realizadas duas análises de gusa e escória durante o abaixamento. O manganês do gusa resultou 0.35 e 0.58% frente aos 0.80% almejados, sinal de níveis térmicos e potenciais de oxigênio diferentes da expectativa, uma vez que influem na partição do manganês entre gusa e escória. O silício do gusa apresentou os valores de 1.6 e 1.9% frente aos 1.5% esperados. O IB2 da escória (CaO/SiO_2) foi de 0.66 e 0.79, frente ao 0.63 almejado do leito e 0.67 enforado, resultados coerentes com as previsões teóricas. No tocante ao conteúdo de Al_2O_3 e MgO da escória, foram observados valores de 12.36 e 12.62% para o Al_2O_3 e 8.01 e 6.62% para o MgO , frente a um projetado de 8%. A temperatura do gusa foi mínima de 1364°C e máxima de 1398°C . Aliado à temperatura de sopro, considerou-se esse resultado um indicativo de que o aumento progressivo do combustível do leito de fusão, previamente apresentado, foi eficaz em assegurar níveis térmicos adequados à corrida da salamandra e ao abaixamento de carga. Entretanto, observou-se que uma melhoria possível na temperatura de sopro, aumentando-a para $700 - 730^\circ\text{C}$ para elevação da temperatura adiabática de chama e possível aquecimento adicional dos líquidos no cadinho. Isso poderia contribuir ainda mais para a corrida da salamandra e fluidez dos líquidos durante o procedimento. Tal melhoria já foi implementada em procedimentos posteriores aplicados ao alto-forno 2, objeto de publicações futuras.

3.8 Comparação com a Prática Anterior de Abaixamento de Carga

À luz dos resultados obtidos, puderam-se analisar os ganhos e perdas da metodologia empregada frente à anterior, baseada no uso de calcário. Uma comparação é fornecida na tabela 3. Em que pese a necessidade de instalar equipamentos especificamente para o abaixamento de carga, tratam-se de intervenções simples, programáveis em paradas do alto-forno e, tendo em vista os ganhos obtidos frente ao uso de calcário, que valem o esforço, especialmente quando se leva em conta, também, a maior segurança do procedimento, com controle da composição do gás de topo e descida suave de carga.

Tabela 3 – Ganhos e perdas do uso de sprays e inertização frente ao uso de calcário para abaixamento de carga

Ganhos	Perdas
Redução de 4 dias de parada devido à não necessidade de limpeza do material remanescente	Necessidade de instalação de equipamentos para o procedimento: furação para N ₂ de inertização e instalação de bicos spray no topo
Redução no consumo de 145t de calcário calcítico utilizado para o abaixamento de carga, conforme procedimento realizado em paradas anteriores	Consumo de N ₂ , que não é usado em abaixamento com calcário
Vazamento de 22t da salamandra com pequena quantidade residual de gusa sólido remanescente	

4 CONCLUSÃO

A carga do forno 01 da AMJF foi abaixada com sucesso até o nível das ventaneiras com zero acidentes, zero incidentes e com boa aderência ao procedimento de *blow-down* elaborado e discutido entre Paul Wurth e ArcelorMittal, resultando em ganhos expressivos em tempo de parada, consumo de matérias-primas e esgotamento da salamandra para reforma do cadinho. Dessa forma, pôde-se concluir que o procedimento, bem como os preparativos para a parada foram eficazes para a obtenção de bons resultados.

REFERÊNCIAS

- 1 Sathler F, Junior RCN, Costa, CC, Ribeiro EC. Descrição dos fundamentos teóricos e práticos do blowdown aplicados ao alto forno 03 da ArcelorMittal Aços Planos América do Sul. Contribuição técnica ao 45º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 16º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 3º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro – Parte integrante da ABM week, 17 a 21 de agosto de 2015, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- 2 Burgo JA. The manufacture of pig iron in the blast furnace. 11. Pittsburgh: The AISE Steel Foundation; 1999.
- 3 Geerdes M, Vliet CVD, Toxopeus H. Modern Blast Furnace Ironmaking. 2ed. Ijmuiden: IOS Press; 2009.
- 4 Pontes FS, Faria GA, Pessoa RR, Aguiar PGO, Lyrio AMC, Simão JR, Gonçalves PC, Miranda SM, Reis PG, Miranda WP. Blow down e drenagem da salamandra do alto-forno nº2. Contribuição técnica ao 48º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 6º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro – Parte integrante da ABM week, 02 a 04 de outubro de 2018, São Paulo, SP, Brasil.
- 5 Rizzo EMS. Processo de fabricação de ferro-gusa em alto-forno. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração; 2009.
- 6 Ruj B. Characteristics of Hazards of Coke-Oven Gas and Blast Furnace Gas - A Case Study. Nature, Environment and Pollution Technology; 2011. 3: 431-434.