

AÇÕES DE AUTOMAÇÃO NO PROLONGAMENTO DE VIDA ÚTIL DAS BATERIAS DE COQUE DA ARCELORMITTAL TUBARÃO*

Pedro Lucas Freitas ¹
Thais da Silva Ferrarini

Resumo

Com mais de 35 anos de operação, as 3 baterias de coque da ArcelorMittal Tubarão estão chegando em fim de vida útil, mas apesar disto tem que continuar operando e produzindo coque de qualidade. Suportando as condições operacionais mais diversas, a automação tem um papel importante para ajudar nestes desafios, ajudando nas ações para aumentar a vida útil das baterias, em ações de manutenção, controle térmico e outros mais.

Palavras-chave: Bateria de coque;PVU;Controle térmico; Controle de portas

AUTOMATION ACTIONS IN THE LIFE EXTENSION OF ARCELORMITTAL TUBARÃO COKE PLANT

Abstract

With more than 35 years of operation, ArcelorMittal Tubarão's 3 coke batteries are reaching their end of life, but despite this they have to continue to operate and produce quality coke. Supporting the most diverse operating conditions, automation has an important role to play in helping these challenges, helping in actions to increase battery life, maintenance actions, thermal control and more.

Keywords: Coke Plant; thermal control; doors control

¹ Engenheiro da Computação, Especialista de Automação, Gerência de Área de Engenharia de Automação, ArcelorMittal Tubarão, Serra, ES, Brasil

² Engenheira de Controle e Automação, Analista de Sistemas, ETAURE TI e Sistemas, Vitória, ES, Brasil

1 INTRODUÇÃO

A Coqueria é a unidade destinada a transformar uma mistura de carvões (combustível sólido) de características satisfatórias em um resíduo sólido, poroso, infusível, basicamente constituído de carbono (Coque), através de uma destilação em fornos (câmaras fechadas com ausência de ar), cuja temperatura é superior a 1050°C. Esta destilação (Coqueificação) provoca a liberação do gás de coqueria (COG) e de um produto chamado coque.

O processo começa a partir do carregamento do carvão, ou enforamento, realizado através de uma máquina denominada Carro de Carregamento, que é alimentado pelas torres de carvão da Coqueria da ArcelorMittal Tubarão. Uma vez carregado, o carro se desloca sobre trilhos no topo das baterias até o forno a ser enforado, fazendo abertura das cinco bocas de carregamento e os fornos são carregados através de 5 silos de carregamento, cujas extremidades inferiores são dotadas de tremonhas de descarga que possuem roscas transportadoras para transferir o carvão do carro para o interior dos fornos. O enforamento é realizado variando a velocidade da rosca transportadora baseado no volume de carvão nos silos de carregamento, de modo evitar o escapamento de gás e material particulado para a atmosfera.

Posteriormente à conclusão do enforamento, inicia-se o ciclo de coqueificação com duração mínima de 16 h (capacidade nominal). A massa de carvão é aquecida indiretamente pelas paredes dos fornos a uma temperatura média de 1050 °C, ocorrendo o desprendimento do material volátil em forma de gás (COG) e a transformação do carvão em coque.

Vale ressaltar que o controle do aquecimento das paredes é realizado através de um sistema denominado reversão de gás, onde sua função é controlar a entrada de ar e gás nas câmaras de combustão das paredes dos fornos através do fechamento e abertura de válvulas e tampas acionados hidráulicamente.

Concluído o ciclo de coqueificação, o coque está pronto para ser desenforado. Nessa etapa, a massa de coque incandescente é retirada dos fornos, utilizando o apoio de três máquinas em conjunto.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Situação Atual das Baterias de Coque

A empresa iniciou em novembro de 2018 a reforma sequencial de todas as paredes refratárias das câmaras extremas das Baterias 3 e 2. Destaca-se que mesmo os fornos que não estão em condições críticas estão contemplados neste plano de reforma denominado "Rolling Repair". Desta forma, estes fornos fora de operação somente retornarão à produção após a execução de melhorias em suas estruturas, reduzindo assim o número de desenforamentos.

Para tal, é realizada uma avaliação técnica de controle de combustão, visto que a retirada de fornos de operação pode implicar em uma instabilidade nas baterias de coque, devido ao descontrole térmico e físico promovido, fato que ocasiona o aumento nas trincas nas paredes (efeito da troca térmica gerando dilatações e retrações nos refratários), ocasionando elevação das emissões nas chaminés.

2.2 Ações de Prolongamento de vida útil

Historicamente o sistema de nível 2 da coqueria apoiou a operação em diversos assuntos, como detecção do pico de temperatura para identificar a coqueificação do coque, modelos de controle de coqueificação automática, identificação de consumos de gases no processo, controle das máquinas móveis, sempre com foco em dar apoio ao processo produtivo

Para que a automação pudesse de fato suportar as ações de prolongamento de vida útil das baterias, foi necessário integrar dados, criar KPI's para dar para a manutenção da área a visão da saúde do processo, direcionando suas ações para os itens mais críticos

Serão exemplificados abaixo algumas ações, focando principalmente no controle de localização das portas dos fornos.

2.2.1 Controle térmico

Migrado para nova arquitetura de sistemas o módulo referente ao controle térmico, dando mais rapidez nas análises das novas condições operacionais e mais rapidez no lançamento das leituras, realizadas manualmente via pirômetro.

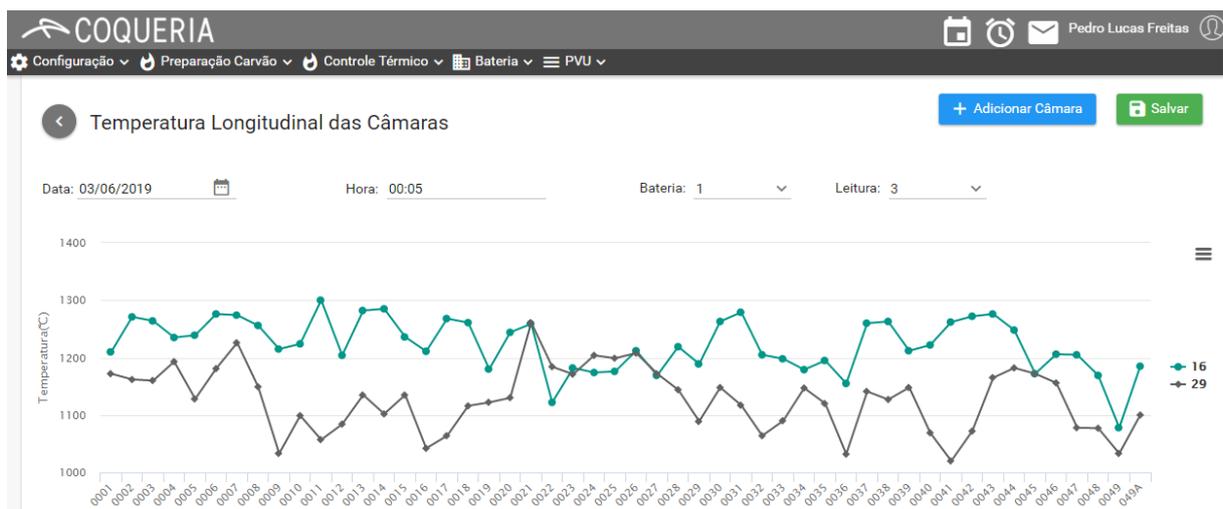


Figura 1. Parte da tela do controle de temperaturas longitudinais

2.2.2 Acionamento de Máquinas

Uma ação tomada foi na identificação da quantidade de acionamentos que as máquinas móveis tem que realizar para abrir a porta de um forno. Operacionalmente esta informação não teria muita valia no passado, mas diz muito sobre a preservação da parte metálica da bateria e das portas.

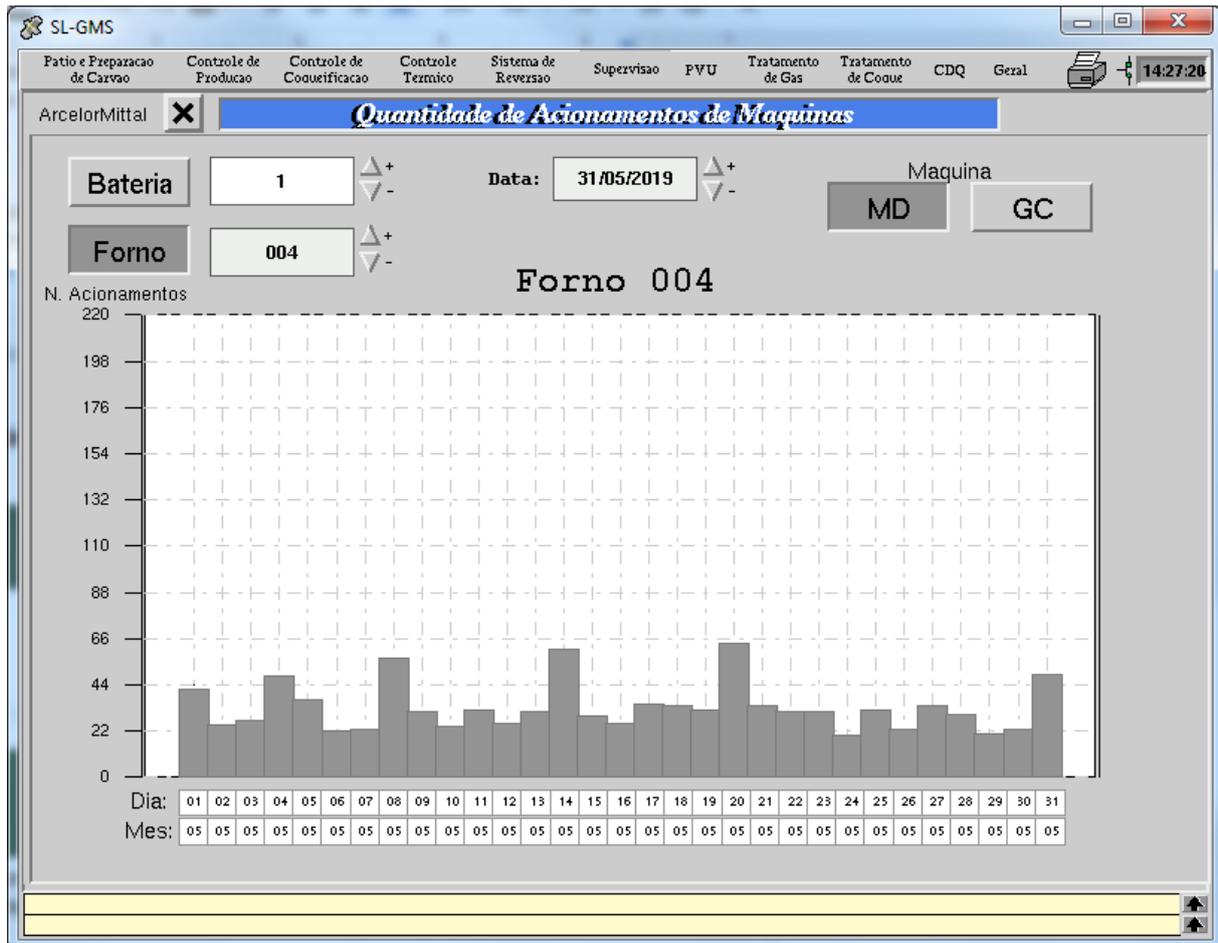


Figura 2. Quantidade de acionamentos da máquina desenformadora no forno 4.

Na figura acima, podemos ver que a máquina desenformadora precisa fazer na média mais de 20 movimentos para abrir a porta do forno 4. Este valor é aceitável e de certa forma constante, mas já na figura abaixo, pode-se ver que em um ato isolado, a máquina precisou realizar muito mais acionamentos para movimentar a porta.

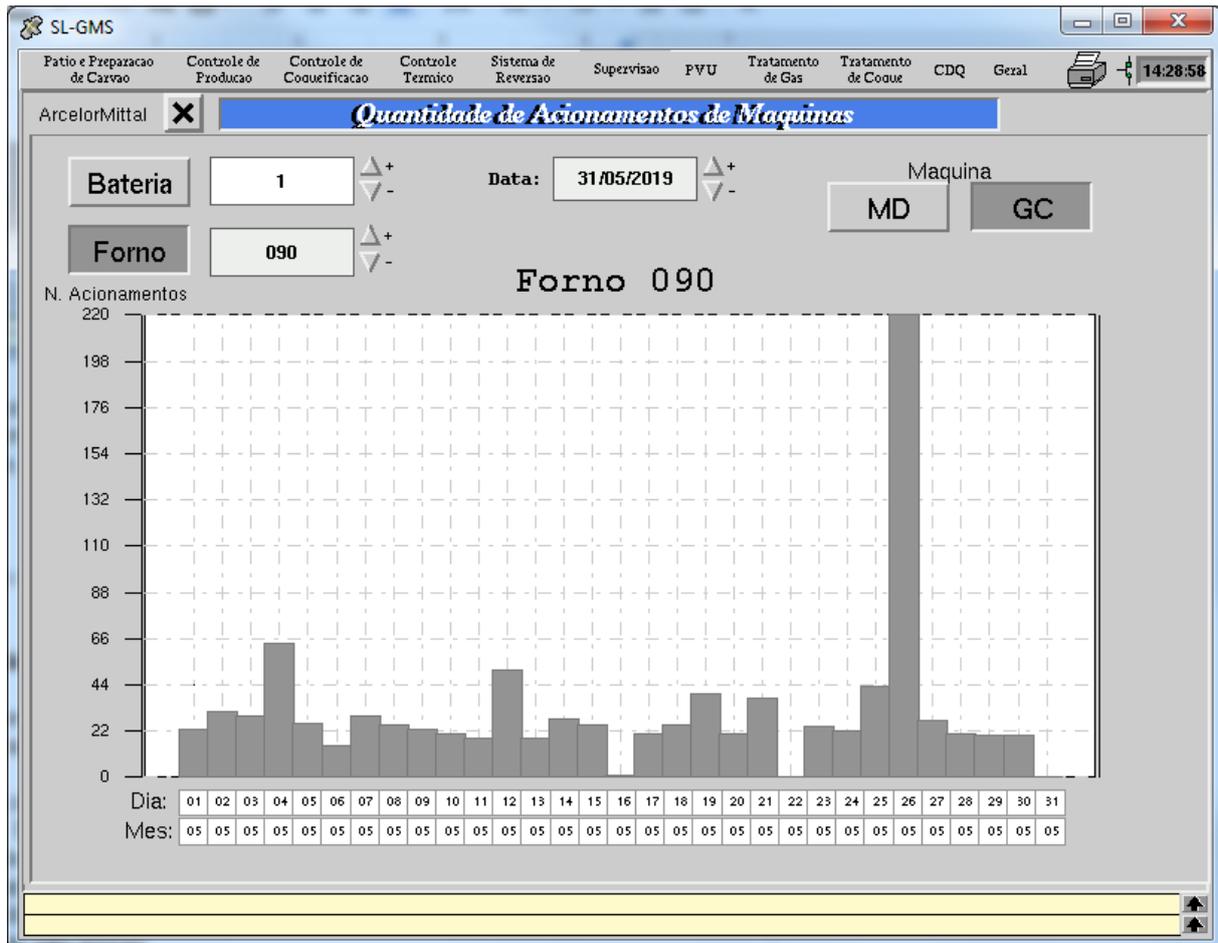


Figura 3. Quantidade de acionamentos da máquina guia de coque no forno 90.

Com essa informação em mãos os especialistas de processo podem tomar ações em relação a troca de porta de forno, ou manutenção no sistema de extração de portas de uma máquina específica.

2.2.3 Monitoramento de pressão dos fornos

Os fornos trabalham com pressão positiva, para que todo o gás gerado no processo de destilação do carvão seja enviado para o coletor de gases, que trabalha em pressão negativa.

Com a situação de empeno em portas, vedamento ruim, acaba gerando uma situação de pressão negativa dentro dos fornos, o que é prejudicial para o processo.

Com um transmissor de pressão em cada um dos fornos é feito o acompanhamento de minuto em minuto desta informação e consolidado o tempo que o forno permanece em pressão negativa. A utilização deste KPI foi vital nos últimos anos para garantir a preservação principalmente da parte metálica, que sofre mais com os aumentos de temperatura.

Abaixo podemos ver o controle diário por bateria

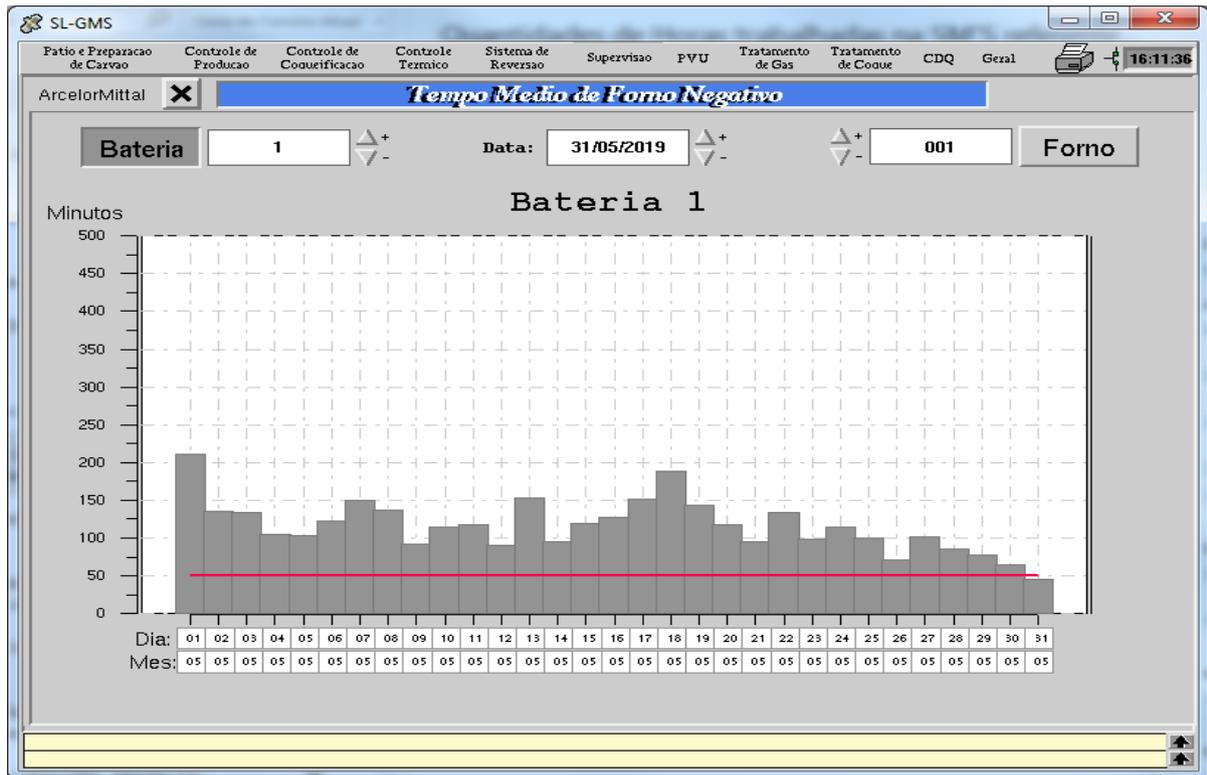


Figura 4. Tempo médio de forno negativo da bateria 1.

Nesta outra visão é possível ver o motivo provável que causou a pressão negativa no forno e consequentemente a entrada de ar.

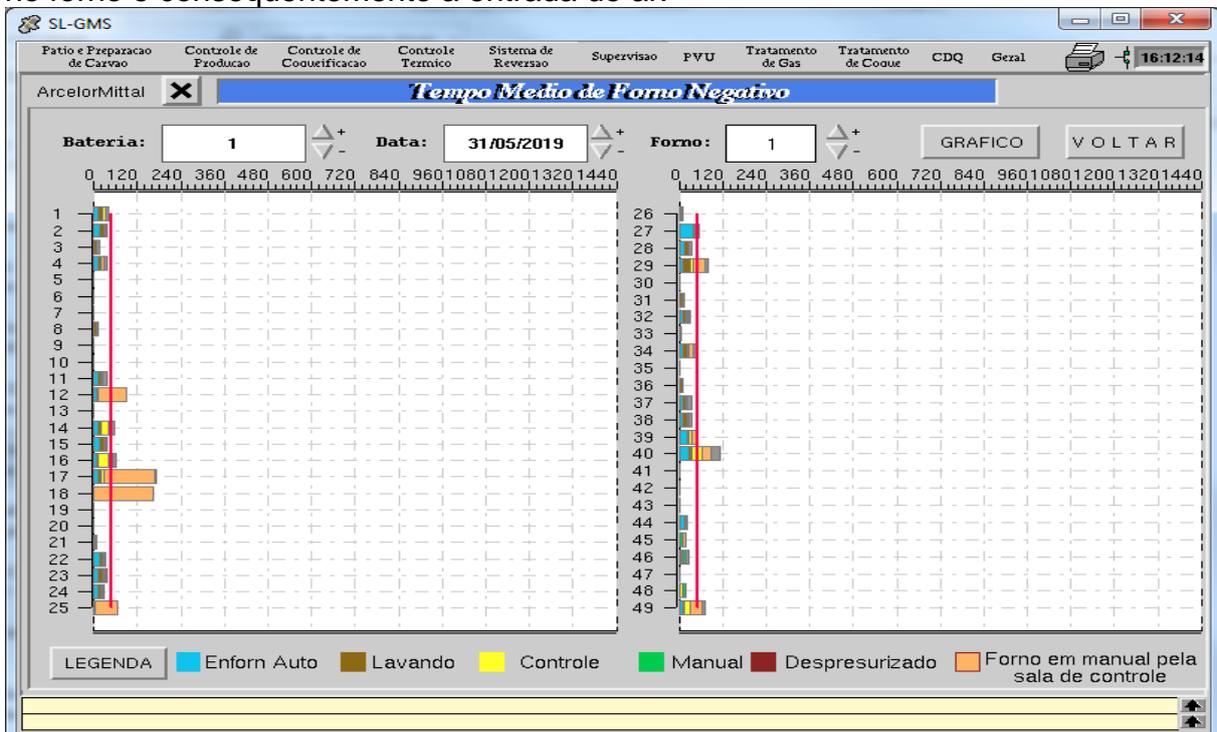
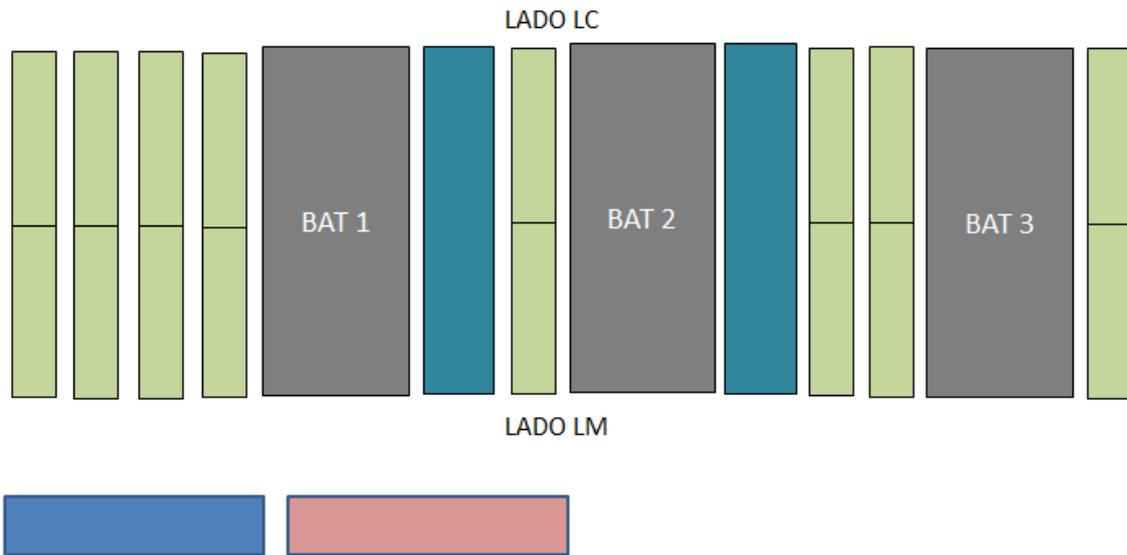


Figura 5. Tempo médio de forno negativo da bateria 1 detalhado.

2.2.4 Controle da localização de portas

Hoje, o mapa da coqueria para as localizações das portas dos fornos são evidenciadas na figura 6.



LEGENDA:

■ BATERIAS ■ CABIDES ■ ESTAÇÃO DE REPARO ■ OFICINA ■ ÁREA DE LIMPEZA

Figura 6. Mapa dos locais das portas.

Onde, os fornos das baterias podem ter duas portas, uma de cada lado, LM (lado máquina) e LC (lado coque). LM é o lado que se encontra a máquina desenfundadora da bateria e o LC as guias de coque. Os cabides são locais onde a porta fica em stand-by até o local final estar preparado para recebê-la. Existem oito em cada lado da bateria e cada cabide recebe apenas uma porta. Os locais a seguir, estação de reparo, área de limpeza e oficina, são áreas independentes e não são separadas por lado como os cabides. Possuem capacidades, atualmente, de uma, doze e doze portas, respectivamente. As portas danificadas vão para a oficina, porém se o reparo é pequeno e/ou rápido, vão para as estações de reparo, que tem essa função. Por último, a área de limpeza é onde as portas são limpas.

A porta é identificada por um código que é chamado de fundição, este é único e não reutilizável, mesmo quando a porta é destruída. Devido a quantidade de portas dos fornos ser alta, assim como os locais que se podem encontrá-las, se torna necessária uma forma de controlar suas localizações.

2.2.4.1 Cenário Anterior do Controle

O controle era realizado em várias planilhas no Excel, em diferentes diretórios. Não havia padronização nas estruturas dos dados e nas informações, gerando inconsistências e dificultando a análise dos dados. Informações se repetiam e eram confusas. Como mostrado na figura 7. Observa-se duas tabelas com a mesma finalidade, porém com nomes diferentes - a primeira é encontrada com o nome Portas a serem trocadas e a segunda, Portas para manutenção - e dados divergentes, causando incerteza.

| LM | Motivo | LC | MOTIVO | Posíveis causas | LM | Motivo | LC | MOTIVO | Posíveis causas |
|-----|---------------------------|-----|------------|-----------------|-----|---------------------------|-----|------------|-----------------|
| | | 18 | Selo Z | | | | 18 | Selo Z | |
| 2 | Diafragma | 27 | Selo Z | | 2 | Diafragma | 27 | Selo Z | |
| | | 31 | Selo Z | | | | 31 | Selo Z | |
| 3 | Diafragma | 58 | Door Frame | | 3 | Diafragma | 58 | Door Frame | |
| 21 | Diafragma | 78 | Selo Z | | 21 | Diafragma | 78 | Selo Z | |
| 29 | Diafragma | 79 | Door Frame | | 29 | Diafragma | 79 | Door Frame | |
| 31 | Diafragma | 80 | Selo Z | | 31 | Diafragma | 80 | Selo Z | |
| 32 | Diafragma | 85 | Selo Z | | 32 | Diafragma | 85 | Selo Z | |
| 37 | Diafragma | 87 | Door Frame | | 37 | Diafragma | 87 | Door Frame | |
| 52 | Diafragma | 91 | Selo Z | | 52 | Diafragma | 91 | Selo Z | |
| 55 | Diafragma | 93 | Selo Z | | 55 | Diafragma | 93 | Selo Z | |
| 56 | Diafragma | 106 | Selo Z | | 56 | Diafragma | 106 | Selo Z | |
| 59 | Diafragma | 107 | Selo Z | | 59 | Diafragma | 107 | Selo Z | |
| 66 | Diafragma | 113 | Selo Z | | 66 | Diafragma | 113 | Selo Z | |
| 82 | Diafragma | 114 | Selo Z | | 82 | Diafragma | 114 | Selo Z | |
| 86 | Diafragma | | | | 86 | Diafragma | 59 | Selo Z | |
| 96 | Diafragma (Door Frame) | | | | 96 | Diafragma | | | |
| 108 | Diafragma(forno fechado) | | | | 108 | Diafragma(forno fechado) | | | |
| 121 | Diafragma | | | | 121 | Diafragma | | | |
| 125 | Diafragma | | | | 125 | Diafragma | | | |
| 136 | Diafragma | | | | 136 | Diafragma | | | |
| 139 | Diafragma | | | | 139 | Diafragma | | | |
| | | | | | 76 | Diafragma fudição 109 | | | |

Figura 7. Planilha com as portas e motivos para troca e manutenção.

Outro exemplo é observado na figura é mostrado o controle de portas nos cabides. Não há como saber quais portas estão lá, já que não é citado a fundição.

| LADO | CABIDE | | | | | | | |
|------|----------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| | B1 | | | | B2 | B3 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| LM | Porta Vazada Reforma | Cabide Reserva | Cabide Reserva | Cabide Reserva | Porta velha | Cabide Reserva | Cabide Reserva | Cabide Reserva |
| LC | Porta do forno 13 | Cabide Reserva | Cabide Reserva | Porta Forno 48 | Porta velha | Cabide Reserva | Cabide Reserva | |

Figura 8. Planilha do controle de portas nos cabides.

2.2.4.2 Cenário Atual

Melhorias foram incorporadas com a utilização de novas tecnologias. O software foi desenvolvido utilizando o framework de automação, cuja arquitetura, cliente x servidor, segue o padrão de referência da IBM para o servidor de aplicação Websphere (Servidor de aplicação utilizado) que pode ser demonstrado na figura 9.

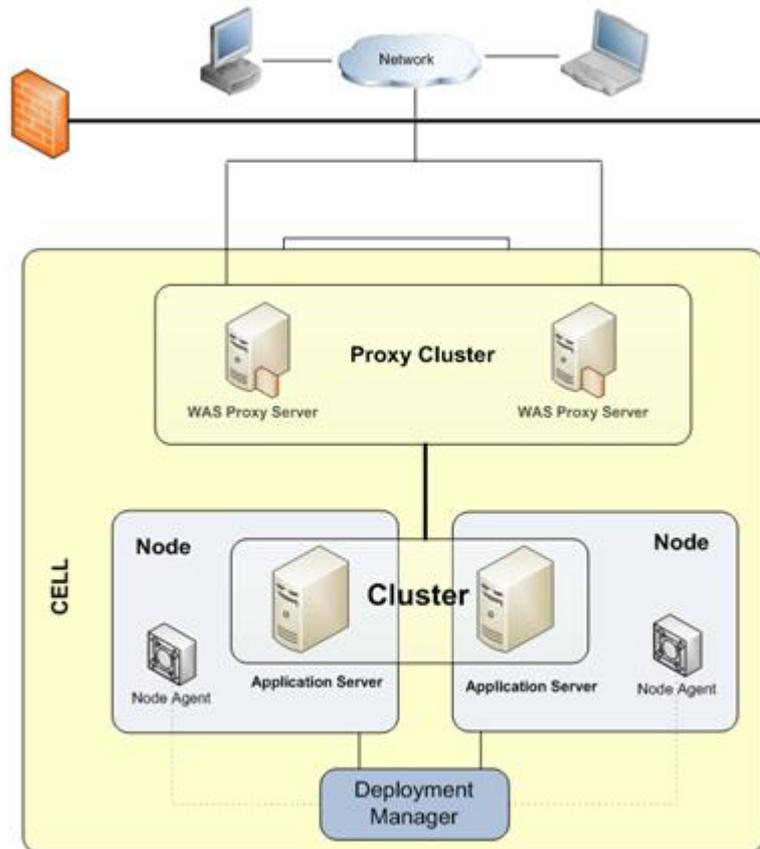


Figura 9. Arquitetura de referência do IBM Websphere ApplicationServer.

Foram aproveitados da estrutura já criada do framework de automação, os seguintes módulos.

- Gestão de usuários, perfis, autenticação e autorização dos mesmos
- Gestão de parâmetros
- Gestão de Logs
- Comunicação em padrão atual (REST http)
- Template web com telas de login/ configuração de todos os itens anteriores em tecnologia atual (Angular)
- Diversos itens associados à segurança da informação

O sistema possui um módulo de API de comunicação REST com o cliente e toda lógica da tela foi construída em cima deste módulo. Abaixo pode-se ver a estrutura da tela inicial do controle de portas.

COQUERIA

Configuração ▾ Preparação Carvão ▾ Controle Térmico ▾ Bateria ▾ PVU ▾

Thais da Silva Ferrarini

Movimentações

Data início: 07/05/2019 Data fim: 31/05/2019 Lado do Forno ou Área: Todos

| | | Data | Fundição | Local Anterior | Novo Local | Comentário |
|--|--|------------------|----------|------------------|------------------|--|
| | | 30/05/2019 16:19 | 28H LC | Area de limpeza | Oficina | Chegou na oficina para manutenção. |
| | | 30/05/2019 13:23 | 82 LC | Cabide 2 | Estacao Reparo 2 | Subiu porta nova. |
| | | 30/05/2019 13:22 | 106 LM | Estacao Reparo 2 | Cabide 3 | Porta Estar no doorframe na bateria 1 |
| | | 30/05/2019 13:17 | 47 LM | Cabide 3 | Forno 101 | Porta estar na RIP da reforma |
| | | 30/05/2019 13:04 | 65 LM | Oficina | Cabide 4 | Porta concluida manutenção: Blocos refratários reutilizados, placa deslizante cabeça recuperada Of. Central. |
| | | 29/05/2019 16:51 | 82 LC | Oficina | Cabide 2 | Concluida em 29/05/19. Blocos reutilizados e selo Z recuperado na oficina Central. |
| | | 29/05/2019 13:47 | 39 LM | Area de limpeza | Oficina | Chegou na Oficina para manutenção. |
| | | 28/05/2019 12:50 | 39 LM | Cabide 4 | Area de limpeza | Desceu porta pela MD, e colocada para lavar. |
| | | 27/05/2019 16:07 | 118 LC | Area de limpeza | Oficina | Chegou na oficina para manutenção. |
| | | 25/05/2019 00:00 | 62 LC | Oficina | Forno 065 | PORTA NOVA PARA LIBERAÇÃO DO FORNO 65 |

Figura 11. Tela de movimentações da porta.

A tela de ciclo da porta é onde se acompanhar todo o ciclo de vida de cada porta, como é visto na figura 12. Nesta tela é possível analisar cada movimento feito da porta selecionada, criar uma nova porta, destruir uma porta e, por último, excluir uma fundição caso o operador tenha criado errado.

COQUERIA

Configuração ▾ Preparação Carvão ▾ Controle Térmico ▾ Bateria ▾ PVU ▾

Thais da Silva Ferrarini

Ciclo da porta

Porta: 118 LC

| Data | Local | Comentário |
|----------|-----------------|------------------------------------|
| 13/12/18 | Porta Criada | - |
| 13/12/18 | Forno 060 | - |
| 11/05/19 | Cabide 5 | PORTA COM SELO ESTORADO |
| 14/05/19 | Forno 089 | TROCA FEITA PELA OPERAÇÃO |
| 20/05/19 | Area de limpeza | PORTA LIMPEZA E MANUTENÇÃO |
| 27/05/19 | Oficina | Chegou na oficina para manutenção. |

Figura 12. Tela do ciclo da porta.

Com esse novo módulo do sistema da coqueria foi possível melhorar o controle dos itens:

- Rastreabilidade de parte metálica da portas;
- Rastreabilidade dos blocos refratários, mostrando o histórico de manutenção e tempo de vida útil;
- Histórico da porta no forno em que a mesma foi regulada pela primeira vez;
- Melhor controle das fundições, pois a porta era retirada e alocada em um cabide para manutenção refratária do forno e ou limpeza da porta e no momento de entrega do forno não se sabia qual fundição seria a do mesmo.

2.3.4.3 Cenário Futuro

Com o mapeamento das portas, é possível saber onde cada porta está, mas ainda não é possível ter gestão em cima da oficina, para isso seria necessário mapear o processo de manutenção de uma porta e controlar suas etapas.

Está sendo estudado a possibilidade de utilização de tags RFID para identificar cada uma das portas, além de instrumentar os cabides, oficina e área de limpeza, possibilitando todas as movimentações de forma automática e controle completo e seguro da localização das portas.

3 CONCLUSÃO

É possível ver que a bateria de coque da ArcelorMittal está passando por um momento muito importante e de difíceis condições operacionais. A integração entre o processo e a área de automação é vital neste momento, mais do que nunca, para trazer ganhos muitas vezes imensuráveis, uma vez que o foco atual é aumentar a vida útil do equipamento, melhorar a condição ambiental, transformando a forma habitual de operação.

Agradecimentos

Os autores agradecem as contribuições feitas pelos participantes do projeto, a equipe de automação da Redução e, principalmente a dedicação dos operadores da Coqueria durante a fase de testes e implantação do novo sistema.

REFERÊNCIAS

- 1 Especificação técnica do novo sistema de nível 2 da Coqueria