

## INTEGRAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE PELOTIZAÇÃO À GESTÃO DE ATIVOS\*

Ana Keli Martins Alves Camilo<sup>1</sup>

Bruno Oliveira de Melo<sup>2</sup>

Gabriel Rodrigues Goggi<sup>3</sup>

Willian Schuwambach Stein<sup>4</sup>

Givaldo Rodrigues da Silva<sup>5</sup>

Marcelo Milheiro da Silva<sup>6</sup>

Flavio Geraldo de Oliveira<sup>7</sup>

Thiago Nicoli de Abreu<sup>8</sup>

Maxwel Delunardo<sup>9</sup>

Alessandra da Silva Marques<sup>10</sup>

Marcio Rezende<sup>11</sup>

Everson Rodrigo Ornelas de Godoy<sup>12</sup>

### Resumo

O objetivo deste trabalho é integrar o gerenciamento do Processo Produtivo à Gestão de Ativos, tendo foco na otimização dos resultados de custo total, qualidade e produção. Iniciou-se com o detalhamento da Governança Operacional e de Processo, aliando os conceitos de gerenciamento de processo e de manutenção, desdobramento da estratégia para a operação e monitoramento da mesma. O monitoramento da execução da estratégia de controle de processo é realizado pelo Centro de Monitoramento de Ativos Integrada, fruto da integração dos centros de monitoramento, que passam a ter visão sistêmica do negócio. Como indicador é utilizado o Índice de Desempenho Operacional (IDO), que considera o impacto da condição dos ativos no desempenho do processo produtivo. O monitoramento é realizado por meio do mpPM (maintenance and process performance management), que possibilita identificar desvios que impactam no desempenho. Além disso, foi elaborado o Plano Operacional, utilizando conceitos de Plano de Manutenção, que considera atividades operacionais relevantes, e estas são programadas por ordens de serviço. Uma das bases da programação é a inspeção operacional, realizada por meio de coletor de dados, que alimenta a programação operacional e a de manutenção. Concluindo, pudemos observar evolução na maturidade das análises de processo e de manutenção, que consideram impacto da condição dos ativos no desempenho das usinas, e impacto da estratégia de controle do processo na integridade dos ativos..

**Palavras-chave:** Governança; Processo; Operação; Ativo.

### INTEGRATION OF THE PRODUCTIVE PROCESS OF PELLETIZING TO ASSET MANAGEMENT

#### Abstract

The objective of this work is to integrate Productive Process Management and Asset Management, focusing in optimization of total cost, quality and production. It was started with the detailing of Operational and Process Governance, combining the concepts of process and maintenance management, unfolding of operational strategy and its monitoring. The monitoring of execution of process control strategy is carried out by integrated Asset Monitoring Center, as a result of the integration of individual monitoring centers, which has a systemic view of the business. As indicator, Operational Performance Index is used, that considers the impact of assets conditions in productive process performance. The monitoring is performed by mpPM (maintenance and process performance management), which enables to identify deviations that impacts in performance. In addition, it was elaborated the Operational Plan, using concepts os Maintenance Plan, and considers relevant operational activities which are programmed by work orders. One of programming bases is operational inspection, performed by data coletor, which feeds the operacional and maintenance programming. In conclusion, we could observe evolution in the maturity of process and maintenance analyses, which consider the impact of asset condition in pelletizing plant performance, and impact of process control strategy in asset integrity.

**Keywords:** Governance; Process; Operation; Asset.

- <sup>1</sup> *Engenheira Química, Unidade Técnica da Pelotização, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil.*
- <sup>2</sup> *Engenheiro de Produção, Unidade Técnica da Pelotização, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil.*
- <sup>3</sup> *Engenheiro de Produção, Unidade Técnica da Pelotização, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil.*
- <sup>4</sup> *Engenheiro Metalúrgico, Unidade Técnica da Pelotização, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil.*
- <sup>5</sup> *Engenheiro de Produção, Unidade Técnica da Pelotização, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil.*
- <sup>6</sup> *Engenheiro Químico, Unidade Técnica da Pelotização, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil.*
- <sup>7</sup> *Desenvolvimento Gerencial, Centro de Monitoramento de Ativos, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil.*
- <sup>8</sup> *Engenheiro de Controle e Automação, Engenharia de Automação e Elétrica, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil.*
- <sup>9</sup> *Engenheiro de Produção, Programação e Controle de Manutenção e Operação, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil*
- <sup>10</sup> *Engenheira de Produção, Unidade Técnica da Pelotização, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil*
- <sup>11</sup> *Engenheiro de Produção, Unidade Técnica da Pelotização, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil*
- <sup>12</sup> *Engenheiro de Produção, Operação da Pelotização, Vale S/A, Vitória, ES, Brasil*

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de pelletização foi desenvolvido para o aproveitamento dos finos de minério de ferro gerados no processo de mineração, e que são impróprios para o uso direto nos fornos siderúrgicos de produção de ferro primário, tais como: alto-forno, reator de redução direta, etc. A pelletização consiste na aglomeração desses finos, transformando-os em esferas, com propriedades químicas, físicas e metalúrgicas adequadas para uso na Siderurgia<sup>1</sup>.

Para controle do processo produtivo e da efetividade dos equipamentos, são definidas a estratégia de controle de processo e de operação, com objetivo de obter o melhor desempenho dos ativos. O foco deste trabalho é o estudo e otimização dos processos desenvolvidos pelas equipes operacionais e de processo, buscando padronização e aumento de produtividade. Para tal, foram aplicadas as etapas sugeridas por Campos<sup>2</sup>, que abrange: entendimento do trabalho, com mapeamento da situação atual; estabelecimento da meta, ou seja, definição de onde se deseja chegar; e redesenho dos processos.

## 2 DESENVOLVIMENTO

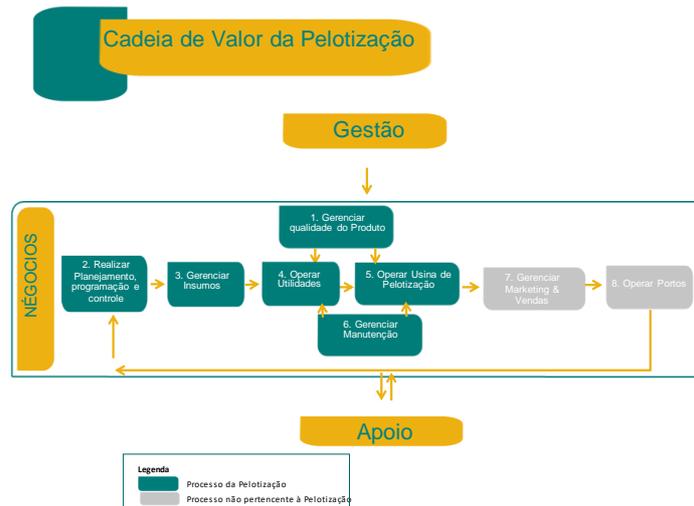
Este trabalho pode ser dividido em dois tópicos principais: definição da governança operacional e de processo, e integração do centro de monitoramento de ativos, implantação da ferramenta de monitoramento (mpPM – maintenance and process performance management). Cada um destes tópicos será detalhado a seguir.

### 2.1 Governança Operacional e de Processo

A definição da Governança Operacional e de Processo tem objetivo de estabelecer processos bem definidos para o controle do processo produtivo, considerando a definição adequada da estratégia a ser utilizada, como deve ser feito o desdobramento, a execução da estratégia de acordo com o definido e seu monitoramento.

#### 2.1.1 Mapeamento da situação atual

Para isso, o primeiro passo foi analisar a situação atual, partindo da análise da cadeia de valor da Pelotização definido em padrão interno. Identificou-se que os processos de controle operacional e de processo, tanto de definição de estratégia, quanto de execução, não estavam bem definidos na cadeia de valor. A Figura 1 apresenta a cadeia de valor da pelletização, onde pode-se observar que não está claro o processo “Gerenciar o Processo Produtivo”. Parte deste encontrava-se como parte do item “Operar Usina de Pelotização”, como subprocesso “Controlar Processo”, que pode ser visto na Figura 2.



**Figura 1.** Cadeia de valor da pelotização – Mapeamento da situação atual.



**Figura 2.** Subprocessos do processo “Operar Usinas de Pelotização” – situação atual.

Na análise dos fluxos dos processos e sub-processos, foi identificado apenas um padrão utilizado: o padrão técnico de processo (PTP). No PTP estão definidas as fases dos processos, as variáveis controladas e asseguradas de cada fase, as variáveis críticas das usinas de pelotização, bem como suas faixas de trabalho. Não existia nenhum outro padrão ou procedimento definindo como os processos devem ser executados, desde a definição da estratégia até a sua execução.

### 2.1.2 Desenho dos processos

Após mapeamento da situação atual, foram mapeados os processos necessários para o gerenciamento do processo produtivo. A primeira etapa foi elaborar o detalhamento do processo “Gerenciar Processo Produtivo” de forma a desdobrar a estratégia, os direcionadores de controle e as respectivas responsabilidades. A estratégia de “Gerenciar Processo Produtivo” foi configurada visando obter o melhor desempenho das plantas de pelotização com foco em qualidade, produtividade e custo variável, tendo seus pilares definidos conforme a Figura 3.



Figura 3. Pilares da estratégia do processo "Gerenciar Processo Produtivo".

Desta forma, foi definido o modelo de Governança Operacional e de Processo, de acordo com a Figura 4.



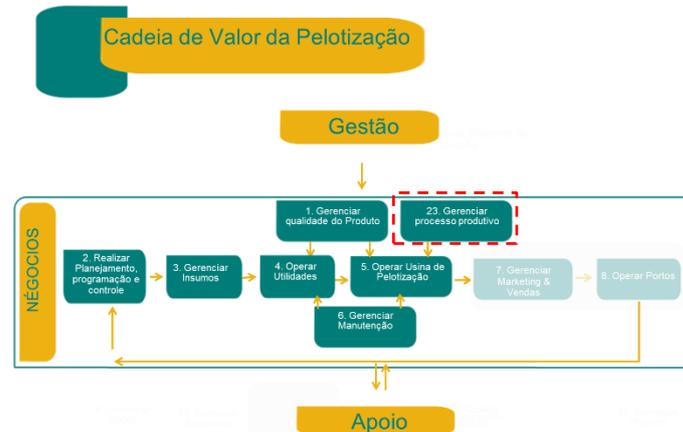
Figura 4. Modelo de Governança Operacional e de Processo.

O gerenciamento de processo se inicia considerando na Estratégia, as diretrizes para a pelletização, o orçamento e a qualidade especificada para o cliente. É realizado então o Planejamento, quando é definida a estratégia para o controle de processo. Além disso, também são realizados projetos de melhorias de processo. Na fase de Assistência Técnica, a estratégia é desdobrada para a equipe de execução, e otimizações de processo pontuais são realizadas. O Monitoramento da efetividade da estratégia definida, bem como sua execução, é realizado e este alimenta melhorias na inspeção integrada e também melhorias nos controles automáticos. Na Execução deve-se cumprir os procedimentos definidos a partir das estratégias e relatar as anomalias.

O gerenciamento operacional refere-se às atividades de rotina operacional que devem ser executadas para melhor desempenho da usina de pelletização. Também considera as diretrizes da pelletização. Além disso, incorpora os conceitos de confiabilidade operacional e de política operacional. A confiabilidade operacional avalia a capacidade de cumprimento dos padrões planejados e de fornecer informações precisas de anomalias das usinas. A política operacional classifica as atividades em: preventiva com base na condição (atividade operacional planejada com base no acompanhamento da condição ou desempenho), preventiva com base no tempo (atividade operacional planejada com base em período de tempo ou

unidades pré-determinados), testes preventivos para detecção de falhas (testes periódicos para verificar funcionamento do equipamento), corretiva (correção de problemas não identificados pelas atividades preventivas) e melhoria (atividades para evitar reincidência de corretivas).

O passo seguinte foi a revisão da Cadeia de Valor da Pelotização, incluindo o processo “Gerenciar Processo Produtivo” (Figura 5).



**Figura 5.** Cadeia de Valor da Pelotização revisada.

A Figura 6 mostra os subprocessos de “Gerenciar Processo Produtivo”, que são “Definir Diretrizes Operacionais” e “Controlar Processos”. Em paralelo a estes, ocorre o subprocesso “Estabelecer Inovação e Desenvolvimento”, que está relacionado a pesquisa e desenvolvimento.

A numeração dos processos e subprocessos são de acordo com a cadeia de valor da pelotização.



**Figura 6.** Subprocesso do processo “Gerenciar Processo Produtivo”.



**Figura 7.** Desdobramento do subprocesso “Definir Diretrizes Operacionais”.

O subprocesso “Definir Diretrizes Operacionais” se desdobra em: Definir diretrizes e Melhorar Processo; Executar Planejamento Operacional; Realizar Engenharia Operacional; Executar Atividades Operacionais de Parada de Usina.

“Definir diretrizes e Melhorar Processo” é um subprocesso que foi descrito em um padrão de gestão, tendo ênfase nas diretrizes para definição da estratégia de controle de processo e para o desenvolvimento de projetos de melhoria de processo. A Figura 8 apresenta o desdobramento do subprocesso “Executar Planejamento Operacional”. Este é composto pelas etapas a seguir, sendo que todos foram descritos em padrões: definir diretrizes da inspeção integrada - define as diretrizes para execução da inspeção integrada; programar produção, minério e insumos - programação considerando a distribuição para cada usina que atinja o melhor desempenho da pelotização como um todo; planejar atividades operacionais - planejamento das atividades de acordo com o Plano Operacional, que contempla as atividades a serem realizadas e sua frequência; aprovisionar materiais para operação; programar atividades operacionais - programação das atividades operacionais no sistema SAP - nesta fase, utilizou-se o mesmo módulo de programação de manutenção, gerando OM (ordens de manutenção) para a operação; executar OM planejada - execução da atividade planejada e registro no sistema SAP; executar OM corretiva - execução da atividade corretiva e registro no sistema SAP.



Figura 8. Desdobramento do subprocesso “Executar Planejamento Operacional”.

De acordo com a Figura 9, o subprocesso “Realizar Engenharia Operacional” se desdobra em: elaborar Estratégia Operacional - refere-se à elaboração do Plano Operacional, citado anteriormente; desenvolver Projetos de Melhoria Operacional - desenvolvimento de projetos para melhoria da rotina operacional; realizar Gestão de Perdas e Falhas - regras para tratamento de paradas e perdas de produção de natureza operacional.



Figura 9. Desdobramento do subprocesso “Realizar Engenharia Operacional”.

O último subprocesso do processo “Definir Diretrizes Operacionais” é o subprocesso “Executar atividades operacionais da parada de usina”, que se desdobra em: definir escopo da parada - definição de escopo das atividades operacionais durante parada de usina; definir cronograma operacional; dimensionar recursos humanos - dimensionar mão de obra operacional necessária para execução das atividades de parada de usina; realizar gestão de planejamento - detalhar lista de materiais, plano de comunicação, book de planejamento, book de lições aprendidas e relatório final com foco em atividades operacionais.

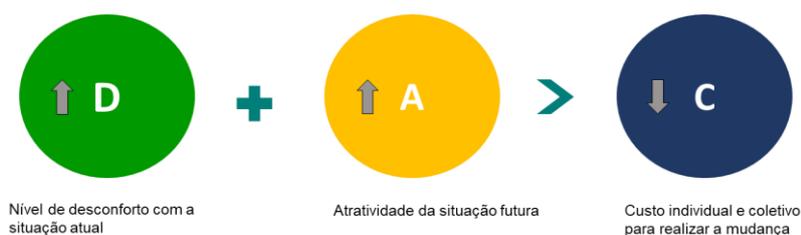
Retomando a Figura 6, processo “Gerenciar Processo Produtivo”, o segundo subprocesso deste é “Controlar Processo”, que é composto por: Controlar Processo Operacional: trata-se do controle, monitoramento, análise e atuação no processo produtivo pela sala de controle, executando a estratégia de controle de processo; Monitorar Processo: trata-se do monitoramento da execução da estratégia de controle de processo pelo Centro de Monitoramento de Ativos, que será descrito posteriormente.

### 2.1.3 Gestão da Mudança

Foi elaborado plano para gestão da mudança, considerou os seguintes tópicos:

- Avaliação Organizacional: motivação da mudança, dimensões da mudança, abrangência, risco de não mudar;
- Análise de complexidade da mudança;
- Mapeamento de stakeholders;
- Plano de comunicação.

Cada mudança foi avaliada qualitativamente considerando a equação de análise de viabilidade da mudança (Figura 10) do Manual de Gestão de Mudanças da Vale<sup>3</sup>. De acordo com esta, uma mudança só se torna viável se o nível de desconforto com a situação atual somado à atratividade da situação futura for maior que o custo individual e coletivo para realizar a mudança.



**Figura 10.** Equação de análise de viabilidade da mudança.

As mudanças executadas foram analisadas e aprovadas pela liderança. Todos os envolvidos foram treinados nos novos processos e novas funções, sendo que os desenhos dos fluxos detalhados dos processos foram desenhados pelas equipes que iriam executá-los.

Após a implantação dos novos processos, foi mantido um representante da equipe de projeto para acompanhar, monitorar, dar suporte e realizar as revisões necessárias.

## 2.2 Integração do Centro de Monitoramento de Ativos

O Centro de Monitoramento de Processo (CMP) foi implantado durante o redesenho do processo “Gerenciar Processo Produtivo”, sendo que seu foco é o monitoramento do processo produtivo e da execução da estratégia definida para o controle de processo, visando otimizar a tríade custo + qualidade + produtividade. Este centro foi criado tendo em vista o já existente Centro de Monitoramento de Ativos implantado pela manutenção e com foco em disponibilidade dos ativos. Além disso, o monitoramento de instrumentos e malhas de controle é um dos processos do Centro Tecnológico da Automação.

Como iniciativa estratégica da Pelotização, e com vista à integração dos processos com uma visão compartilhada, foi desenvolvido o projeto de Integração dos Centros de Monitoramento.

Seguindo a mesma metodologia utilizada para Governança Operacional e de Processo, foi realizado levantamento da situação atual, redesenho dos processos e planejamento da mudança.

### 2.2.1 Mapeamento da situação atual

Para identificação da situação atual, foi formada equipe com representantes dos três centros de monitoramento: CMA (centro de monitoramento de ativos – manutenção mecânica), CMP (centro de monitoramento de operação e processo) e CTA (centro tecnológico de automação).

É importante ressaltar que o CTA (centro tecnológico de automação) é composto por vários processos, e neste trabalho foi mapeado apenas o processo de monitoramento dos ativos relacionados a automação e instrumentação.

O modelo de atuação de cada centro de monitoramento antes da integração pode ser visto na Figura 11.

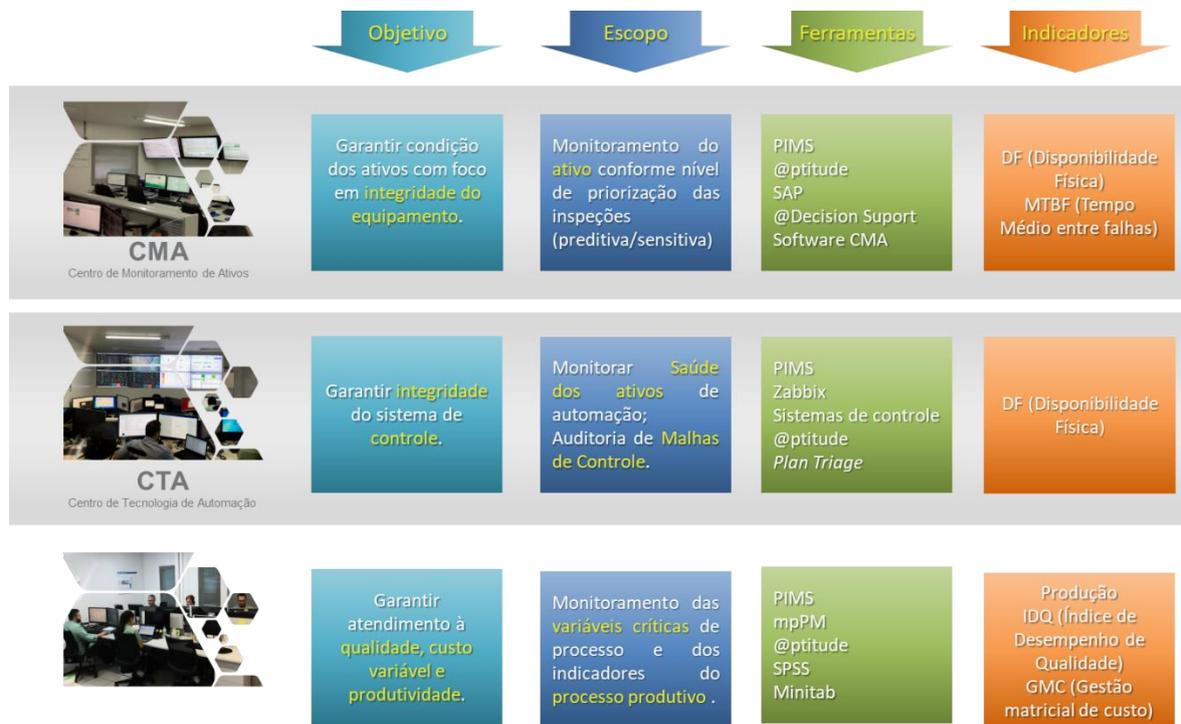
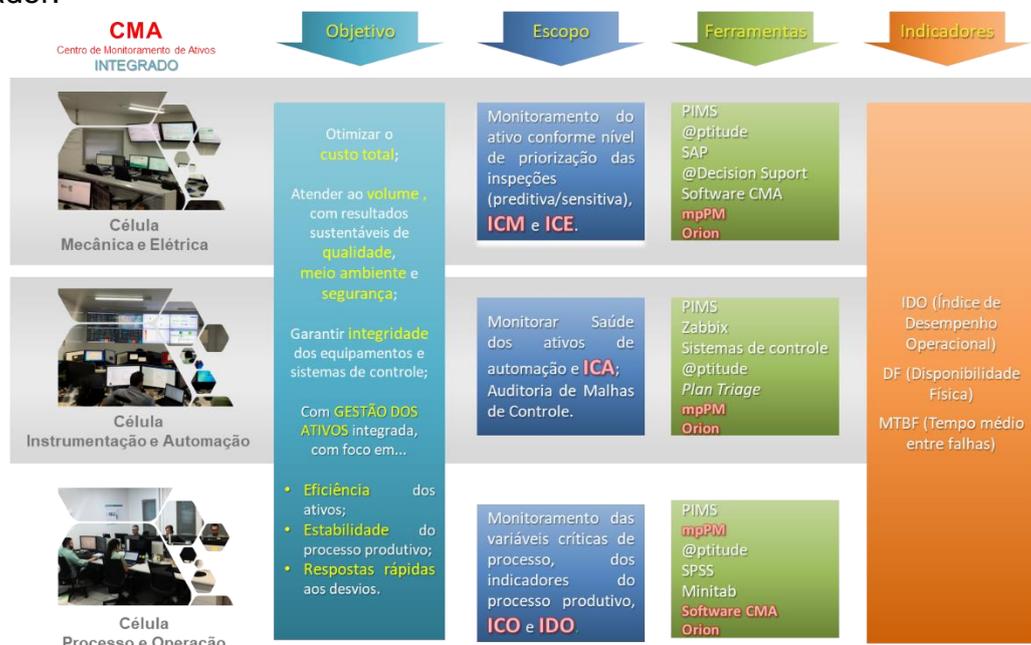


Figura 11. Modelo de atuação de cada centro de monitoramento antes da integração.

### 2.2.2 Redesenho dos processos

O propósito do projeto de Integração dos Centros de Monitoramento é integrar a gestão de ativos tangíveis e intangíveis incorporando eficiência e inteligência aos processos. Seus principais objetivos são: otimizar o custo total ao invés de custo fixo e custo variável separadamente; forçar no atendimento ao volume para os clientes, e não apenas disponibilidade física e produtividade; garantir resultados sustentáveis com qualidade, sem impactar em meio ambiente e segurança; garantir a integridade dos ativos.

Na Figura 12 pode ser visto o novo modelo, que passa a atuar como um centro de monitoramento único, o Centro de Monitoramento de Ativos (CMA), composto por células das diversas disciplinas, integradas entre si. O principal indicador para a integração do CMA é o IDO – Índice de Desempenho Operacional, e a ferramenta para seu monitoramento é o mpPM (maintenance and process performance management). No tópico sobre mpPM, haverá mais detalhes sobre a ferramenta e o indicador.



**Figura 12.** Novo modelo de atuação de cada centro de monitoramento.

Além da mudança nos processos que passam a ser integrados, as equipes também passaram a atuar no mesmo espaço físico, para facilitar a integração e comunicação.

A gestão da mudança foi realizada seguindo os mesmos passos da governança operacional e de processo (2.1.3).

## 2.3 Implantação da ferramenta mpPM

mpPM é uma plataforma integrada de aquisição de dados para análise, controle e gerenciamento de desempenho dos ativos da pelotização. Sua elaboração se iniciou com a implantação do indicador IDO (Índice de Desempenho Operacional), que avalia as condições dos ativos e de procedimentos operacionais do ponto de vista de desempenho de processo. Ou seja, mesmo que um ativo esteja disponível e sendo utilizado, este pode possuir restrições que impactam em custo, produtividade ou qualidade daquela fase do processo. Esta restrição poderá ser identificada por meio deste indicador.

O objetivo do mpPM é possibilitar a gestão de indicadores gerados a partir do cadastramento dos dados dos equipamentos, instrumentos, custos e consumos, permitindo uma avaliação preditiva visando redução de custo, consumo e otimização do desempenho dos ativos e processos. Na Figura 13 pode-se ver um exemplo de uma das telas desta ferramenta.

O IDO é calculado pela média dos seguintes indicadores: ICM (índice de condições de manutenção mecânica); ICE (índice de condições de manutenção elétrica); ICA (índice de condições de automação e instrumentação); ICO (índice de condições

operacionais). Todos os indicadores são calculados pela média ponderada pelo peso de atendimento a critérios de condições que têm impacto em desempenho da fase do processo.

Estes indicadores são monitorados e analisados pelas células do CMA. Quando é identificada condição que interfere no desempenho, são emitidos alertas para as áreas responsáveis pela atuação.

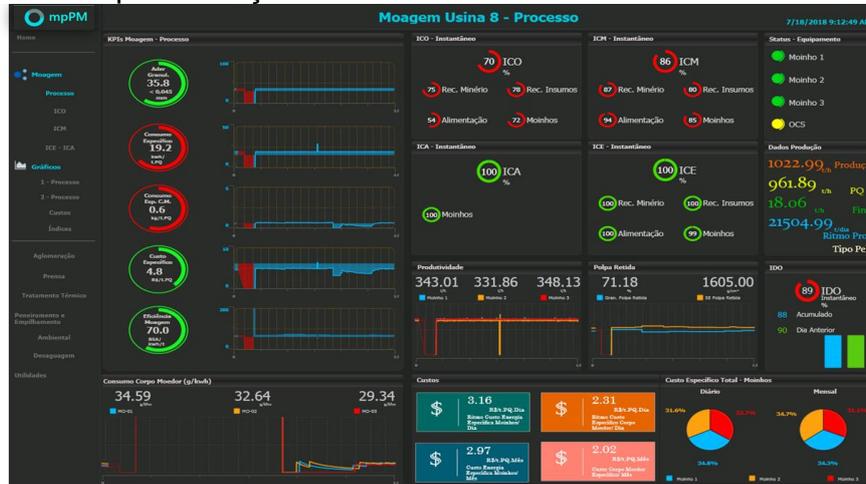


Figura 13. Exemplo de tela do mpPM.

## 2.4 Resultados

Este trabalho ainda se encontra sem fase de implantação. Ainda assim, serão apresentados alguns resultados dos processos implantados para exemplificar a evolução do mesmo.

Com a implantação da governança operacional e de processo, foram criados 7 padrões de gestão e revisados 5 padrões que passam a ser comuns à manutenção e operação.

Com o novo modelo de trabalho de desenvolvimento de projetos de melhorias, foi elaborada a carteira de projetos de melhorias de processo, cujos projetos estão em andamento. A distribuição da carteira pode ser vista na Figura 14.

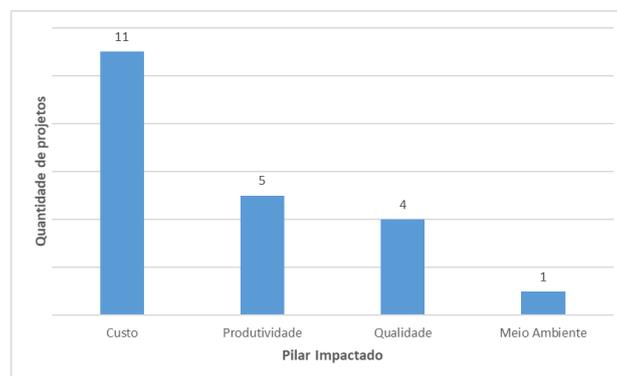
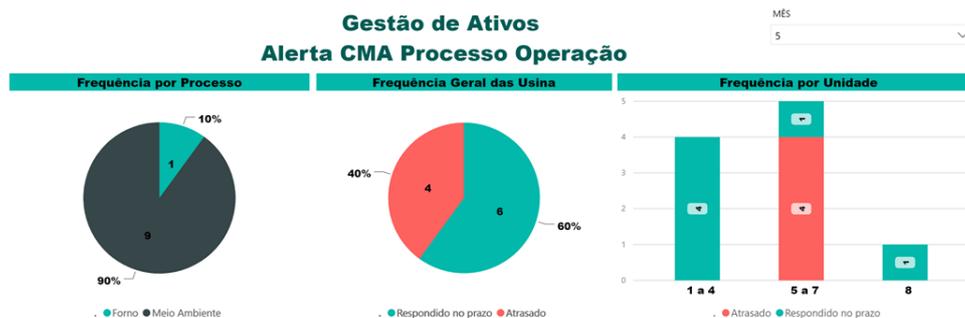


Figura 14. Distribuição da carteira de projetos de melhoria de processo por pilar impactado - 2019.

Um exemplo da atuação do CMA – célula operação e processo como monitoramento da estratégia do controle de processo se refere à notificação das equipes responsáveis por meio de alertas, para que possam atuar. A Figura 15 mostra o relatório de geração de alertas do mês de maio-2019.



**Figura 15.** Relatório de alertas CMA operação e processo – Maio/2019.

Quanto à programação operacional, foram cadastrados 1154 planos no SAP referentes às atividades operacionais das 8 usinas de pelletização de Tubarão. Na Figura 16, é apresentado um exemplo de relatório de evolução de aderência à programação operacional. Apesar da consistente aderência, alguns efeitos colaterais relativos à programação operacional foram identificados, como sobrecarga do técnico operacional para execução das OMs no sistema, e registro de atividades corretivas; interferência nos indicadores gerais da manutenção gerados a partir de informações do SAP. Para tratar tais efeitos, a programação operacional está em processo de reestruturação.



**Figura 16.** Exemplo de gráfico de evolução da aderência à programação operacional.

### 3 CONCLUSÃO

Concluindo, a reestruturação do gerenciamento de processo e operação tem contribuído para a evolução do controle de processo. Além disso, este trabalho possibilitou uma maior integração entre as equipes de processo, operação e manutenção, que passam a ter visão sistêmica do negócio, buscando soluções que contribuam com o desempenho das usinas, e não apenas com cada processo isoladamente. Desta forma, o processo produtivo passa cada vez mais a fazer parte da gestão de ativos da pelletização. Como muitos destes processos estão em fase de implantação, muito ainda há para se evoluir.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a toda a equipe de engenharia, operação, manutenção e planejamento, e também à equipe do Projeto Integrar, que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

### REFERÊNCIAS

- 1 Mourão, J. M. Aspectos conceituais relativos à pelletização de minério de ferro. Vitória: Conceitual Consultoria Mínero-Siderúrgica; 2017
- 2 Campos, V. F. Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia. 8ª edição. Editora INDG Tecnologia e Serviços; 2004.
- 3 Manual de Gestão de Mudanças – Vale