

# CENTRO DE INTELIGÊNCIA OPERACIONAL: CONCEITO E APLICAÇÃO PRÁTICA<sup>1</sup>

*Daniel Codo de Faria<sup>2</sup>  
Cássio Pascoal Costa<sup>3</sup>  
Eduardo Magalhães Oliveira<sup>3</sup>  
Fábio Barros de Carvalho<sup>4</sup>  
Luciano Pinho De Biasi Rocha<sup>5</sup>*

## **Resumo**

Na busca pela excelência operacional de suas unidades produtivas, empresas em todo mundo apostam, tradicionalmente, na aplicação direta de inúmeras ferramentas tecnológicas disponíveis no mercado, que prometem resolver os mais diversos problemas de baixo desempenho operacional. O resultado freqüente dessa abordagem, entretanto, é que as soluções adquiridas caem em rápido desuso, uma vez que, normalmente, não existe uma metodologia de trabalho sustentável e nem mesmo equipes com a dedicação e capacitação necessárias para a obtenção dos resultados pretendidos. Nesse contexto, foi desenvolvido e colocado em prática um conceito para a monitoração contínua do desempenho de ativos de plantas industriais, intitulado Centro de Inteligência Operacional (CIO). O conceito tem como base três elementos fundamentais: a) um time de especialistas dedicados, b) uma metodologia consistente de investigação de problemas e busca de oportunidades de atuação com alto retorno de investimento ou impacto na performance do ativos, e c) o uso adequado das soluções tecnológicas disponíveis. O presente trabalho apresenta o conceito do CIO, assim como um caso real de sua aplicação, especificamente para avaliação de desempenho e otimização de malhas de controle no segmento de mineração. São apresentados a organização da equipe do CIO proposta (descrevendo os papéis e responsabilidades existentes), os principais aspectos da metodologia de trabalho (baseada na execução de ciclos PDCA) e as ferramentas que podem ser utilizadas para facilitar as análises e implementações. Um caso real de aplicação do conceito é descrito, evidenciando as suas potencialidades, principais resultados obtidos, dificuldades enfrentadas e as lições aprendidas com o trabalho.

**Palavras-chave:** Excelência operacional; Gestão de ativos; Otimização; Malhas de controle.

## **OPERATIONAL INTELLIGENCE CENTER: CONCEPT AND PRACTICAL APPLICATION**

### **Abstract**

To reach the operational excellence of their production sites, companies all over the world traditionally rely on the direct application of innumerable technological tools available in the market, which promise to solve all common operational low performance problems. The typical outcome with this approach, however, is that the acquired solutions become quickly forgotten because of the inexistence of a sustainable work methodology or well prepared and dedicated teams, which are essential requirements for obtaining the intended results. In this context, a concept for continuous plant asset performance monitoring, entitled Operational Intelligence Center (OIC), has been developed and put in practice. The concept is based on three fundamental principles: a) a dedicated team of assets and process experts, b) a consistent methodology for problem diagnosis and high return on investment opportunities identification, and c) the adequate use of the available technologies. This paper presents some details of the OIC concept and a case study of its application, specifically for control loops performance assessment and optimization in the Mining industry segment. The proposed OIC team structure is discussed, with its several roles and responsibilities, as well as the main aspects of the work methodology (based on the execution of PDCA cycles) and the software tools that can be applied to assist the analyses and implementations. A real case of the concept's practical application is also described, pointing out its strengths, the main results obtained, the most relevant difficulties faced and the learned lessons during the project.

**Key words:** Operational excellence, Asset management, Optimization, Control loops.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 13º Seminário de Automação de Processos, 7 a 9 de outubro de 2009, São Paulo, SP.*

<sup>2</sup> *Mestre em Ciência da Computação, Accenture.*

<sup>3</sup> *Mestre em Engenharia Elétrica, Accenture.*

<sup>4</sup> *Gerente de Projetos, Accenture.*

<sup>5</sup> *Gerente de Automação Industrial, Vale.*

# 1 INTRODUÇÃO

A otimização do desempenho dos ativos de produção e automação de uma planta industrial se tornou um pré-requisito fundamental na busca pela excelência operacional dos processos produtivos. Entretanto, a estratégia tradicional na busca por este aumento da eficiência, focada na aplicação simples e direta de soluções tecnológicas apresenta diversos dificultadores. Dentre eles, destacam-se: inexistência ou inadequação de uma metodologia de trabalho focada em gestão de ativos, baixa disponibilidade de recursos capacitados para utilização efetiva das ferramentas disponíveis e baixa integração entre as diversas áreas de atuação na planta. Esses pontos dificultam a análise dos problemas mais críticos da operação, prejudicam a identificação de oportunidades reais de atuação com alto retorno para o processo e, muitas vezes, inviabilizam a execução eficaz de ações de melhoria mapeadas.

O conceito de “Gestão de Ativos” (ou PAM – *Plant Asset Management*), amplamente difundido nos dias de hoje,<sup>(1, 2)</sup> representa uma estratégia de otimização do processo baseada na monitoração contínua dos ativos de uma planta industrial, de forma a maximizar seu desempenho e disponibilidade, e, ao mesmo tempo, minimizar seu custo de utilização ao longo do tempo.

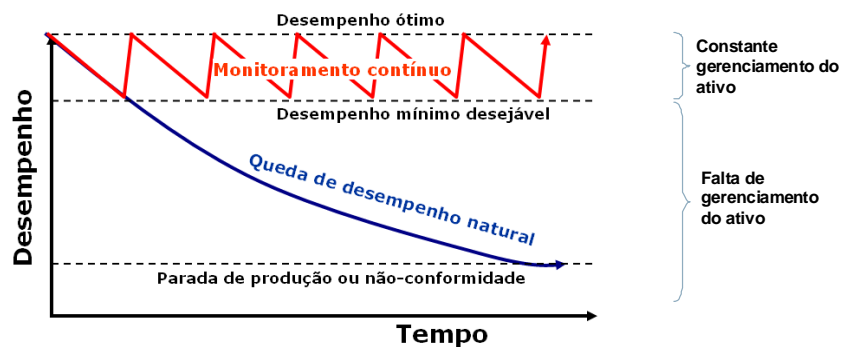


Figura 1. Objetivo da monitoração contínua dos ativos de uma planta industrial.

A Figura 1 apresenta, graficamente, o benefício alcançado pelo monitoramento contínuo dos ativos. Observa-se que seu principal objetivo é manter o desempenho do ativo próximo ao seu valor ótimo, evitando que sua deterioração natural gere prejuízos para o processo.<sup>(3)</sup> Benefícios mais específicos geralmente incluem os pontos listados na Tabela 1.

Tabela 1. Benefícios típicos da “Gestão de Ativos”<sup>(4)</sup>

>> AUMENTO DE	>> REDUÇÃO DE
Segurança Adequação às leis ambientais Confiabilidade, disponibilidade, produção, qualidade Eficiência da manutenção Retorno de investimento com os ativos	Paradas não programadas Consumo de energia Custos de manutenção Horas extras Estoque de material de reposição

Para se conseguir tal resultado, a Gestão de Ativos deve incluir não apenas uma monitoração passiva, mas também uma metodologia eficaz para a análise e diagnóstico dos problemas existentes e para sua transformação em ações efetivas para melhoria dos processos. Essas ações, por sua vez, devem ser devidamente

priorizadas e executadas, com prontidão, por uma equipe com capacitação adequada tanto teórica (de acordo com cada tipo de ativo) quanto relativa à utilização das tecnologias de apoio disponíveis. Todas essas questões evidenciam o grande desafio de se colocar tal estrutura funcionando na prática.<sup>(5)</sup>

O presente trabalho representa uma iniciativa nesta direção, apresentando um conceito para a monitoração contínua do desempenho de ativos de plantas, intitulado Centro de Inteligência Operacional (CIO), e um caso prático de sua aplicação no segmento de mineração. Apesar de ser bem fundamentado no conceito de “Gestão de Ativos”, o CIO expande sua visão de “ativos” para considerar não somente o desempenho dos equipamentos de produção e automação propriamente ditos (como bombas, turbinas, moinhos, fornos, instrumentos de medição, válvulas de controle, etc), mas também de estruturas relacionadas a estes equipamentos (como malhas de controle, redes de campo, sistemas de automação, servidores, etc) e, até mesmo, dos processos produtivos como um todo.

## 2 CONCEITO DO CIO

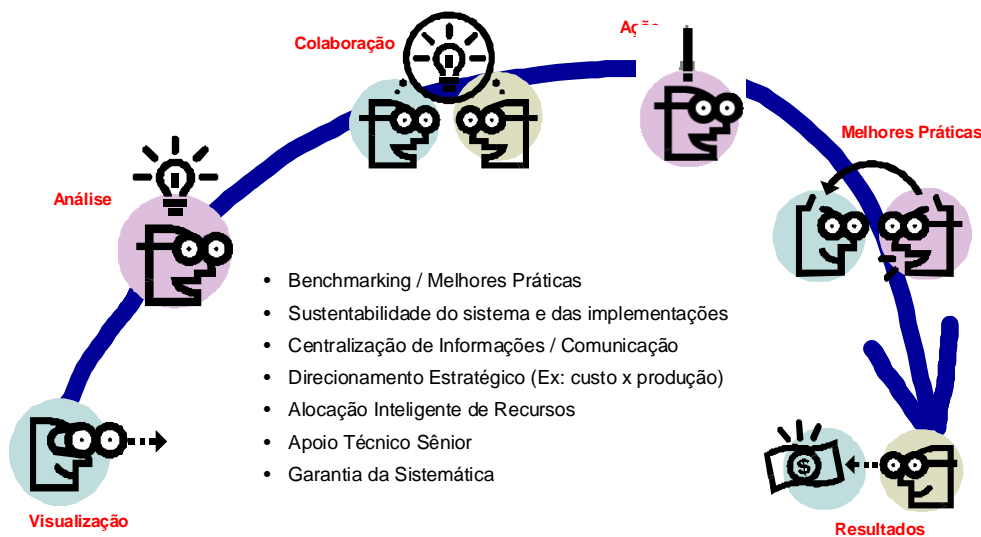
O conceito do Centro de Inteligência Operacional (CIO) evoluiu a partir de valores fundamentais da “Gestão de Ativos”, mas sempre focado nas dificuldades da abordagem tradicional de busca pela excelência operacional dos processos produtivos, mencionadas na seção 1.



Figura 2. Componentes do CIO e interfaces com o processo e equipes de área.

De forma geral, um CIO pode ser entendido como a evolução de uma sala de controle tradicional de uma planta industrial. Com uma visão mais ampla e sistêmica dos processos e visando a gestão do desempenho dos ativos de produção e automação (e não apenas em seus resultados finais imediatos) o CIO possibilita a integração dos conhecimentos específicos de cada área (operação, manutenção, automação, qualidade etc) em um ambiente de trabalho unificado muito mais eficiente e propício à identificação de oportunidades reais para otimização da operação das plantas, por meio de uma atuação que prioriza a obtenção de resultados econômicos tangíveis para a empresa. As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente uma representação simplificada das interfaces do CIO com as

equipes de área e com o processo e os principais benefícios obtidos com a sua implementação.



**Figura 3.** Benefícios com a implantação do CIO e a integração entre as áreas de atuação dos processos produtivos.

É importante mencionar também que o conceito define uma divisão lógica dos diferentes tipos ou grupos de ativos da planta cuja gestão é realizada por “Funções de Inteligência” com características e requisitos particulares (como será melhor discutido na seção 2.1).

## 2.1 Funções de Inteligência

Um aspecto fundamental e inovador do conceito do CIO é a especificação de várias “Funções de Inteligência”, cada uma focada na gestão ou otimização do desempenho de ativos específicos. Entende-se por “Função de Inteligência” toda a estrutura necessária para o monitoramento contínuo, avaliação de desempenho e otimização de um determinado ativo. Esta estrutura inclui a infra-estrutura de informação e automação para acesso às informações dos ativos, a utilização de uma metodologia de gestão particular de análise de indicadores de desempenho (KPIs - *Key Performance Indicators*), e um conjunto de especialistas, atuando parcial ou integralmente na identificação de oportunidades de atuação para maximizar a eficiência dos processos.

Como ilustrado na Figura 4, apesar de estas “Funções de Inteligência” poderem ser associadas a três grandes grupos, existem fortes interações entre elas, o que evidencia a necessidade da integração entre as equipes de área. Por exemplo, na Função de Inteligência de Monitoração de Processos, um ou mais profissionais ficam dedicados a avaliar, estatisticamente e com o auxílio de ferramentas específicas, a operação da planta na busca por sinais de instabilidade ou ineficiência que possam ser corrigidos antecipadamente. Tal atuação visa manter o desempenho dos processos em níveis ótimos, independentemente da condição operacional. Importante ressaltar que os diagnósticos dos problemas do processo observados podem identificar causas relacionadas a grupos de ativos específicos, como problemas de instrumentação, controladores mal sintonizados ou, até mesmo, falhas em equipamentos de produção específicos. Tais problemas são analisados, em detalhes, por Funções de Inteligência dedicadas, que devem estar integradas de

forma transparente por meio da troca de experiências e conhecimentos dos profissionais envolvidos, permitindo uma atuação ágil para sua solução.

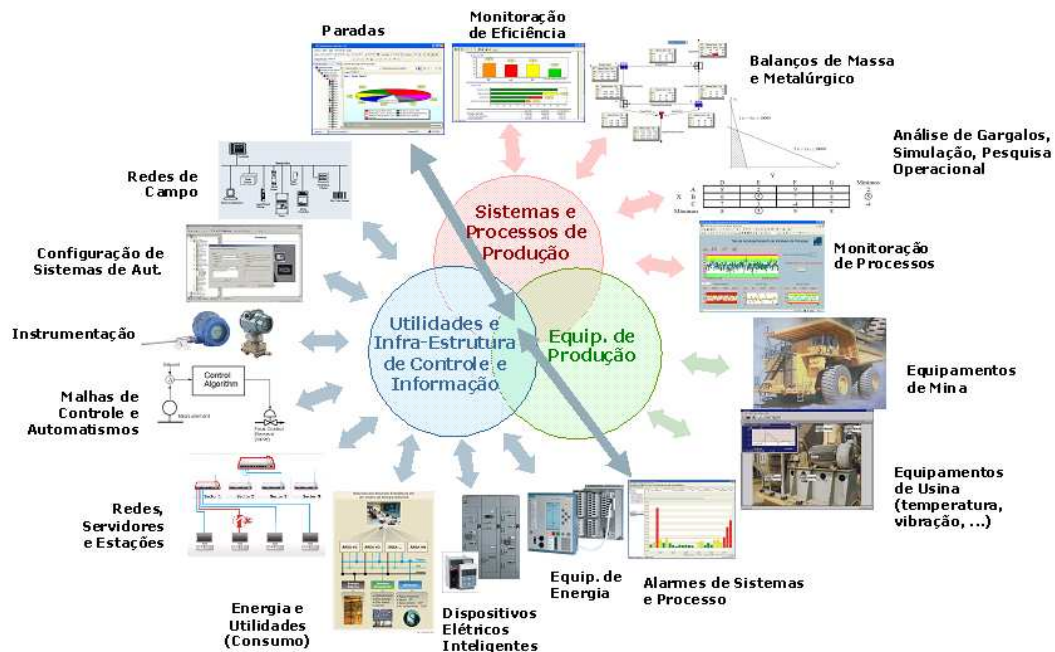


Figura 4. Funções de Inteligência.

## 2.2 Elementos Básicos

A implantação do CIO pressupõe a combinação de três elementos básicos: a) pessoas - um time de especialistas dedicados, b) metodologia - uma metodologia consistente de investigação de problemas e busca de oportunidades de atuação com alto retorno de investimento, e c) tecnologia - uso adequado das soluções tecnológicas disponíveis.

### 2.2.1 Pessoas

A primeira premissa é a formação de uma equipe de analistas devidamente capacitada e estruturada, com integração suficiente com as demais equipes envolvidas, sejam elas da engenharia, operação, automação, manutenção, qualidade, processo ou planejamento. Isso proporciona que os conhecimentos específicos de cada área sejam disseminados entre as equipes de forma a gerar uma maior sinergia na busca por atingir as metas de negócio. A Figura 5 apresenta uma visão da integração das equipes obtida com o CIO, destacando os conhecimentos particulares de cada área que devem ser integrados.

Deve existir também uma dedicação dos profissionais responsáveis pelas análises que seja compatível com a complexidade da gestão dos ativos em questão, além de uma “dose certa” de autoridade e autonomia para que as ações de melhoria mapeadas sejam executadas em tempo hábil. Entretanto, no dia a dia das empresas, essa dedicação é bastante comprometida pelas atividades rotineiras concorrentes. Para mitigar esse dificultador, o conceito do CIO considera a nomeação de “pontos focais” para coordenar e diligenciar as atividades necessárias para exercício da metodologia, como será detalhado no exemplo prático da seção 3.



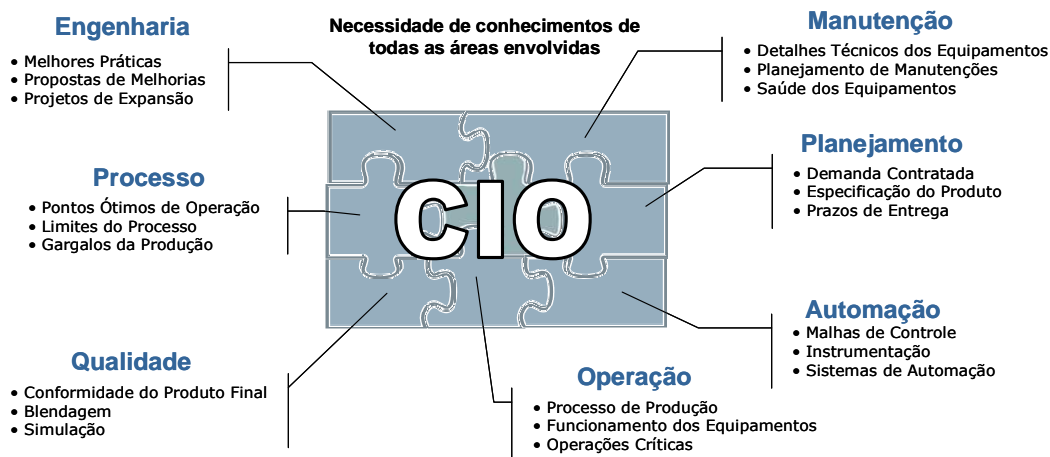


Figura 5. Equipe multidisciplinar envolvida em um CIO

## 2.2.2 Metodologia

O segundo elemento fundamental do conceito do CIO é a aplicação de uma metodologia consistente e eficaz para gestão de ativos. Ela deve propiciar um conjunto de procedimentos bem definidos para análise de desempenho dos ativos baseada em KPIs do processo e dos ativos. O gerenciamento dos KPIs pode ser de caráter operacional, de manutenção, gerencial ou corporativo. É importante ressaltar que tais KPIs devem ser monitorados continuamente por meio dos sistemas de gerenciamento de ativos e de produção presentes nas empresas.

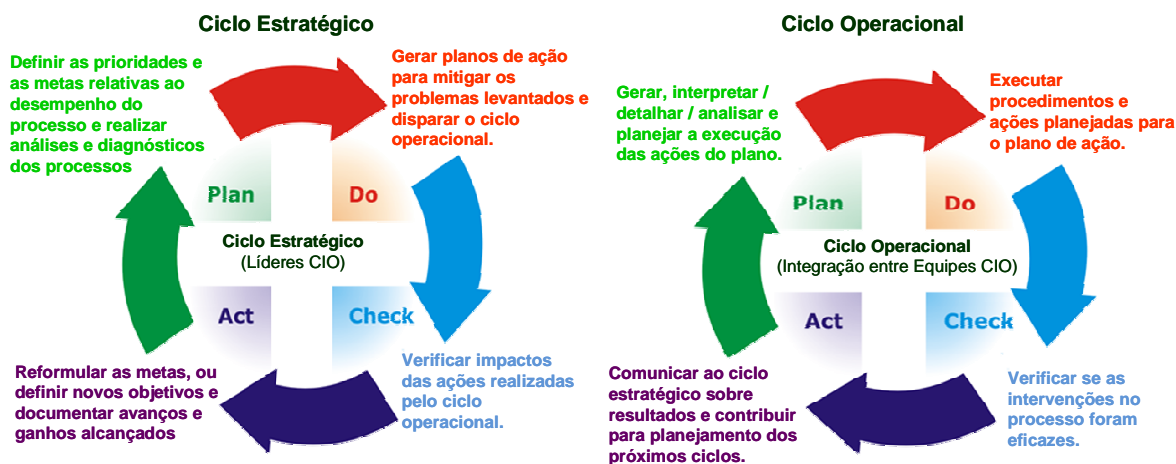


Figura 6. Ciclos PDCA na Metodologia do CIO.

Um ótimo ponto de partida para gestão de ativos é a utilização de uma metodologia baseada na análise e solução de problemas chamada PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) ou ciclo PDCA.<sup>(6)</sup> O PDCA tem por princípio básico tornar mais claro e ágil os processos envolvidos na execução da gestão. A Figura 6 apresenta como este conceito foi aplicado à metodologia do CIO, incluindo dois ciclos complementares: ciclo estratégico e ciclo operacional.

A vantagem da existência de dois ciclos PDCA complementares é que o ciclo estratégico está mais focado no direcionamento estratégico das atividades (priorização das tarefas, estimativa de retorno, alocação inteligente de pessoal etc), no suporte técnico ao ciclo operacional e na centralização das informações possibilitando a replicação e divulgação das práticas líderes empregadas. Já o ciclo operacional tem como principal foco a execução efetiva das ações para mitigar os

problemas (ou *gaps* de desempenho) e suporte ao ciclo estratégico no direcionamento das atividades, análises, diagnósticos e verificações das ações empreendidas.

Um outro ponto diferencial nessa metodologia é que as atividades do ciclo estratégico podem ser desempenhadas local ou remotamente. Dessa forma a possibilidade de monitoramento remoto pelo ciclo estratégico é ideal quando existem diversas unidades operacionais localizadas em diferentes localidades, por exemplo, em diferentes cidades. Outros benefícios propiciados são o *benchmarking* entre plantas e/ou operações semelhantes, o mapeamento das práticas líderes e redução de custo na mobilização de mais profissionais.

Cabe salientar também a necessidade da sistematização do uso das ferramentas de análise dos ativos. Frequentemente, a maioria das ferramentas de análise disponíveis é subutilizada devido à falta de disponibilidade dos profissionais capacitados em tais ferramentas, dificultando a identificação de oportunidades reais de melhorias. A capacitação adequada da equipe (que pode ser composta por membros da própria empresa foco do trabalho e/ou terceirizados) é fundamental para o sucesso da metodologia.

### **2.2.3 Tecnologia**

A implantação do CIO também pressupõe a utilização de ferramentas de análise específicas que auxiliem os especialistas de cada Função de Inteligência na geração de diagnósticos conclusivos sobre o desempenho dos ativos e na execução das ações de melhoria propostas. Alguns exemplos dos sistemas utilizados são: gerenciamento da produção (MES – *Manufacturing Execution System*), histórico e acompanhamento de processos (PIMS – *Plant Information Management System*), avaliação de desempenho e sintonia de malhas de controle (CLPA – *Control Loop Performance Assessment*), registro e gerenciamento de paradas e sistemas para monitoração estatística de processos.

Para que tais ferramentas sejam efetivamente utilizadas alguns requisitos importantes devem ser atendidos. O acesso (local ou remoto) aos dados do processo deve ser feito de forma robusta e confiável, possibilitando a devida disponibilização das informações aos vários níveis da empresa e uma tomada de decisão mais eficiente. Cada sistema deve ser capaz de gerar KPIs que reflitam a disponibilidade, a performance e a qualidade do uso dos ativos de produção e automação envolvidos. Estes KPIs, por sua vez, devem possuir metas bem definidas, que permitam a elaboração de planos de ação focados nos seus atendimentos.

## **3 APLICAÇÃO PRÁTICA NA MINERAÇÃO**

O Conceito do CIO foi colocado em prática por meio da aplicação da Função de Inteligência de *Malhas de Controle e Automatismos* em várias unidades operacionais da Vale, incluindo as usinas de beneficiamento de Carajás (DIFN), Sossego (DIOC), Alegria, Fábrica Nova/Timbopeba e Conceição (DIFS). Todas essas unidades foram continuamente monitoradas (remotamente) pelo centro, em Belo Horizonte/MG, além de contar com equipes locais em cada unidade, permitindo a identificação de várias oportunidades de melhorias dos processos, replicação de práticas líderes e padronização de procedimentos operacionais.

O presente artigo, entretanto, se limitará a apresentar o trabalho realizado na Usina de Carajás, situada na cidade de Parauapebas, no estado do Pará. Atualmente, este complexo é considerado a maior jazida de minério de ferro do mundo com teor estimado em 66% (alto teor). O processamento do minério consiste apenas das operações de britagem, classificação, desaguamento, moagem, filtragem e espessamento. Os produtos obtidos são *sinter feed*, granulado, *pellet feed* e FDR (fino para redução direta).<sup>(7)</sup>

O trabalho do CIO foi realizado nas operações unitárias que apresentaram maior potencial de retorno econômico com ações de curto prazo. As operações unitárias alvo do trabalho foram: britagem terciária, peneiramento secundário, filtragem Larox e espessamento de concentrado. Para efeito de exemplo, o presente artigo irá descrever as ações de otimização realizadas na operação de britagem terciária.

### **3.1 A Função de Inteligência de Malhas de Controle e Automatismos**

As malhas de controle regulatório do tipo PID (Proporcional, Integral e Derivativo), juntamente com as lógicas (automatismos) de controle, são consideradas pelo CIO como um importante ativo da planta que, em caso de desempenho inadequado, podem causar impactos em indicadores chave de negócio como produtividade, custo operacional, qualidade, segurança etc.

O principal foco da gestão de malhas de controle do CIO é identificar oportunidades de melhorias que no curto prazo têm elevado potencial de gerar retorno econômico para o cliente (*return on investment*). As principais oportunidades de curto prazo mapeadas pelo CIO são: ressonância de controladores; verificação da correta implementação de lógicas de controle e revisão de estratégias de controle.

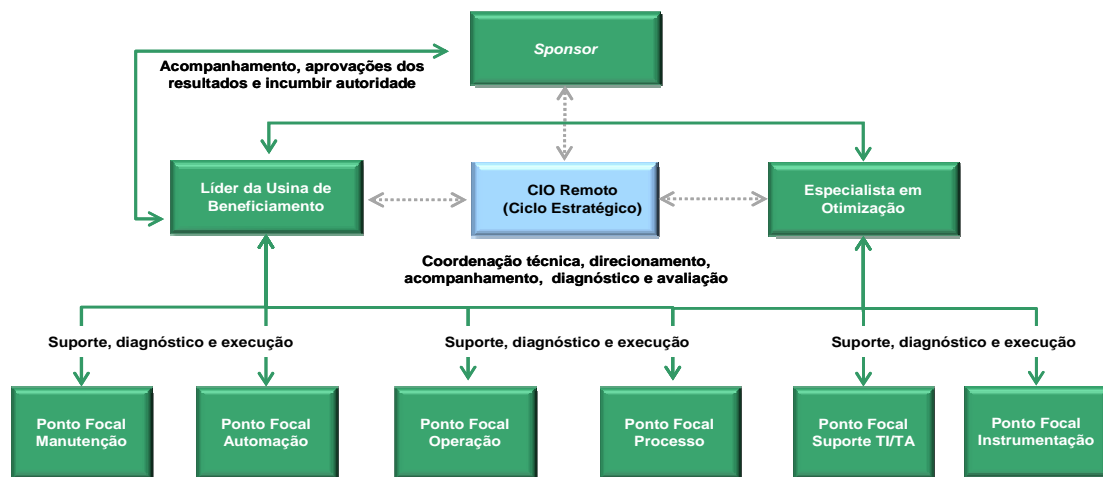
### **3.2 Estruturação e Atribuições da Equipe**

A estruturação e atribuições da equipe para responder pelas atividades da Função de Malhas de Controle e Automatismos do CIO foi um fator determinante para se atingir os resultados proporcionados pela implantação do conceito. A Figura 7 ilustra a estrutura e o fluxo de comunicação do CIO com a função de inteligência de malhas de controle utilizada na usina de beneficiamento em Carajás.

O ciclo estratégico (em azul na Figura 7) foi realizado remotamente por uma equipe de profissionais exercendo três funções básicas:

- Suporte técnico sênior: responsável pelo desenvolvimento das ações;
- Analista: responsável pela execução e coordenação das atividades do CIO com base nas análises dos KPIs;
- Suporte ao sistema: responsável pela integridade e manutenção do sistema de monitoramento contínuo de KPIs





**Figura 7.** Estrutura da equipe CIO de malhas de controle na usina de beneficiamento em Carajás.

Os demais papéis (líder, pontos focais e especialista em otimização) compõem a equipe do ciclo operacional com o objetivo de execução e suporte ao ciclo estratégico. Todavia destaca-se o papel do especialista em otimização de processos responsável pela gestão local das malhas de controle. Além de implementar diversas ações de otimização definidas nos planos de ação (como sintonia de controladores e desenvolvimento de novas estratégias de controle) reporta o estado das atividades, diagnósticos e resultados ao ciclo estratégico. Ele também representa um elo (contato) entre a equipe do ciclo estratégico e os demais pontos focais locais.

### 3.4 Diagnóstico, Identificação de Oportunidade e Plano de Ação

A britagem, normalmente não recebe material homogêneo, havendo freqüentes variações nas características do minério na alimentação que interferem diretamente na produtividade e no desempenho dos britadores. Sendo assim, identificou-se, após análises (remota e local) das variáveis nível e corrente do britador, que as perturbações oriundas da variação granulométrica e umidade na alimentação das linhas da britagem não eram consideradas na estratégia de controle do nível de câmara do equipamento. Um estudo feito pelo ciclo estratégico (remoto), utilizando o sistema de paradas da usina, apontou que essas perturbações causavam paradas dos britadores por sobrecarga (corrente alta), primeiro motivador para melhoria e aprofundamento na área. Um outro ponto relevante na investigação realizada pelo ciclo operacional e estratégico foi a identificação e confirmação de restrições da taxa máxima de alimentação (50%) impostas pela operação devido ao receio de sobrecarga, principal problema identificado com oportunidade de retorno.

Após a identificação do problema e a definição das ações de melhoria necessárias, as atividades foram mapeadas em um plano de ação padronizado, baseado na planilha 5W1H (*What, When, Who, Where, Why, How*),<sup>(6)</sup> com o objetivo de mobilizar os pontos focais e gerar resultados rápidos com melhorias na estratégia de controle mencionada, reduzindo paradas operacionais por sobrecarga e aumentando a taxa máxima de alimentação para 60% (impactando na taxa média).

A Figura 8 apresenta a nova estratégia de controle sugerida onde, além do controle de nível, foi implementada também uma malha de controle que restringe a corrente máxima operação do britador. Essa estratégia proporcionou uma operação mais segura do equipamento pelo fato de a sua corrente não ultrapassar o limiar

máximo (i.é. a corrente nominal). Não obstante, obteve-se também um aumento produtivo em uma das linhas (menor ocorrência de paradas por sobrecarga e aumento médio da taxa de alimentação).

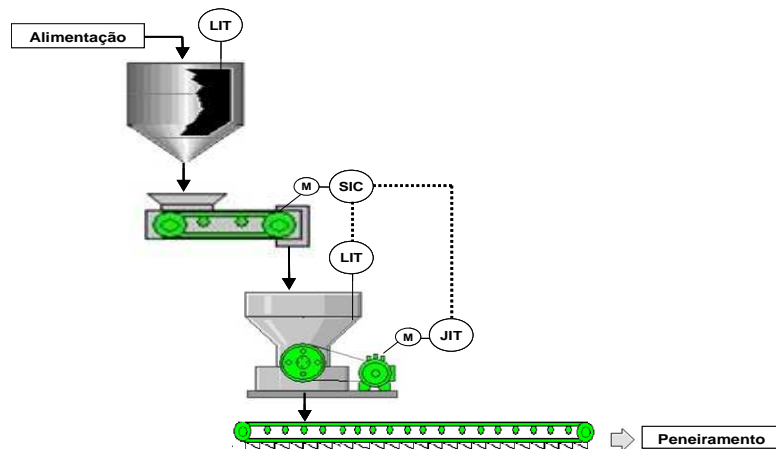


Figura 8. Estratégia de controle preferencial implantada na britagem terciária.

### 3.5 Verificação dos Resultados

Após um período de 3 meses foi verificado uma redução estimada em 33% das horas de paradas por sobrecarga em algumas das linhas da britagem terciária após a revisão da estratégia de controle. Conseqüentemente, a planta atingiu um patamar de disponibilidade física maior, ocasionando um aumento da taxa de alimentação (CO) de 3% por meio da ferramenta de monitoramento contínuo das malhas de controle (Figura 9) e de produtividade em 10% (relatório de produção do cliente).

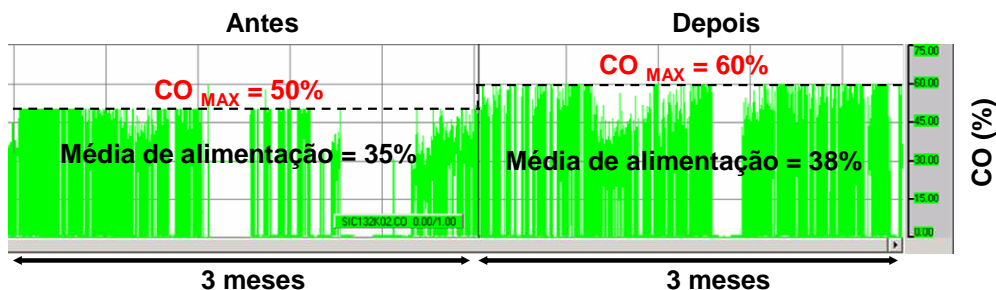


Figura 9. Aumento médio de 3% da taxa de alimentação em uma das linhas da britagem terciária após a otimização na estratégia de controle (período total de análise de 6 meses).

O próximo passo foi a padronização e implementação dessa prática líder (nova estratégia de controle) nas demais linhas da britagem terciária da unidade. Além disso, conforme prega a metodologia, cabe à equipe do CIO garantir a sustentabilidade da ação implementada, estando alerta em relação a novas quedas de desempenho que porventura possam ocorrer na operação dos britadores.

## 4 CONCLUSÕES

A aplicação prática do conceito do CIO para a Função de Inteligência de Malhas de Controle representou uma excelente oportunidade para a validação da metodologia de trabalho proposta e identificação de pontos de melhoria. Durante a execução do projeto, percebeu-se um grande amadurecimento da metodologia e da

equipe, englobando desde as questões técnicas na otimização de processos específicos da mineração, elaboração de produtos, até aspectos de riscos ou segurança das implementações. Dentre os principais benefícios claramente observados com a estrutura implementada, destacam-se: maior integração e comunicação entre equipes, centralização de informações e conhecimento no CIO, atuação mais precisa e focada, maior eficiência dos trabalhos de manutenção, padronização e sistematização dos planos de ação, e maior sustentabilidade das implementações realizadas.

A principal dificuldade enfrentada durante o trabalho está relacionada à gestão de mudança, uma vez que várias atuações propostas pelo CIO são divergentes da cultura local ou da forma como operadores normalmente trabalham. Para minimizar o impacto desta questão, foram utilizados documentos formais detalhando as mudanças implementadas e reforçando a necessidade de alinhamento de todos os envolvidos e interessados. Entretanto, tal prática deve ser ainda aprimorada e melhor inserida na metodologia para que se torne transparente e mais eficaz.

Importante ressaltar que, apesar do caso real apresentado na seção 3 mostrar a implementação formal de apenas uma Função de Inteligência, observou-se a importância da sua integração com outras funções, como a de Gestão de Paradas, Monitoração de Processos, Instrumentação, entre outras, para a obtenção de resultados ainda superiores. Além disso, deve ficar claro que a metodologia pode ser aplicada em basicamente qualquer tipo de processo industrial, necessitando apenas a adequação ou mesmo inclusão de Funções de Inteligência específicas para o segmento de mercado em questão.

## REFERÊNCIAS

- 1 LEEUW V. Plant Asset Management Best Practices for the Process Industries. ARC Best Practices, May 2007.
- 2 ARC. Plant Asset Management Systems - Five Year Market Analysis and Forecast through 2013, April 2009.
- 3 SIEMENS AG. Plant Asset Management - Products for intelligent maintenance in the process industry, April 2008.
- 4 BLOOMQUIST R.; OLDACH, J. Optimizing Plant Assets Through Improved Reliability Practices. ORBIT, Vol.25, No.1, 2005
- 5 KÖSTLIN R. Plant-Level Asset Management. SIEMENS LIMITED, September 2008.
- 6 WERKEMA, M.C.C. Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos / *Total Quality Management*. Belo Horizonte: UFMG/ Escola de Engenharia, 1995. Série Ferramentas da Qualidade, v.2.
- 7 SAMPAIO, J.A.; JULIANELLI, K.M.; PENNA, M.T.M. Ferro Mina N5 Carajás/CVRD. CETEM, Dezembro 2002.