



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE FILTRAGEM DE UMA MINERADORA

Déborah Couto Tenório (FACCI) -deborah.couto@ymail.com

Sílvia Menezes Pires Dias (FACCI) -silvia.dias@funcesi.br

Yana Torres de Magalhães (FACCI) -yana.magalhaes@funcesi.br

Daysa Andrade Oliveira (FACCI) -daysaandrade@yahoo.com.br

Cristiano Penido de Alvarenga (FACCI) -cristiano.alvarenga@funcesi.br

Resumo:

A automação industrial exerce papel de destaque no cenário atual da busca pela excelência operacional e pela segurança nas operações, pois ao substituir o trabalho humano por máquina, adquire-se agilidade e precisão na execução das atividades do processo, além de eliminar a exposição do ser humano a atividades perigosas. Uma vez que as etapas do processo são executadas de forma sistêmica e com a mínima intervenção humana, tanto a probabilidade de falha diminui como a segurança e produtividade aumentam. Esta pesquisa teve como proposta analisar a automação do processo de filtragem em uma empresa mineradora. A metodologia adotada foi uma abordagem qualitativa, de forma descritiva em uma pesquisa de campo. O universo desta pesquisa foi a unidade operacional de uma mineradora da cidade de Itabira, sendo que a amostra foi composta pelos setores de Operação e Automação da mineradora e os sujeitos da pesquisa foram quatro funcionários do setor de Automação e sete funcionários do setor operacional. Os dados foram coletados através de entrevistas semiestruturadas, observação não participante e pesquisa documental. Os dados foram analisados por meio da análise de conteúdo. Os dados evidenciaram que na automatização da filtragem foram contemplados o monitoramento e controle das variáveis do processo, bem como o acionamento automático dos filtros e seus componentes. Além disso, as informações do processo foram disponibilizadas em sistemas de supervisão, possibilitando ao operador acompanhar e atuar na filtragem de forma remota.

Palavras Chave:

Automação Industrial. Mineração. Processo de Filtragem





1. Introdução

A automatização de processos produtivos permite produzir mais produtos em menor tempo, sendo possível redução da variabilidade de resultados devido à mínima intervenção humana nos processos. Por ser um processo sistêmico, a automação industrial não só garante homogeneidade e qualidade do produto final como também aumenta produtividade e reduz custos. Além disso, aumenta a segurança dos processos produtivos por evitar que trabalhadores executem atividades monótonas, repetitivas ou mesmo perigosas.

Automatizar pode ser uma estratégia boa ou ruim. Se for empregada com intuito de somente substituir o trabalho humano, pode ocasionar o desemprego; se houver investimento em qualificação para que o empregado acompanhe a evolução tecnológica e desempenhe atividades mais nobres, a automação pode não só proporcionar a manutenção como também o surgimento de novos empregos.

O objetivo principal dessa pesquisa foi analisar a automatização do processo de filtragem de minério de ferro em uma empresa mineradora. As indústrias de extração mineral estão inseridas em um complexo ambiente tecnológico, pois parte-se do pressuposto que a modernização tecnológica não só possibilita a disponibilização de informações da planta com rapidez e precisão, como também permite configuração de ajustes pré-estabelecidos que auxiliem no controle de processos produtivos.

2. O processo de filtragem do minério

Corpos minerais são extraídos em forma de rocha e precisam passar por um processo de separação seletiva, pois no minério estão contidos minerais valiosos (minerais-minério) e minerais não aproveitados, denominados ganga. A separação seletiva dos minerais, ou concentração, baseia-se na diferenciação das propriedades do mineral de interesse e da ganga (LUZ; SAMPAIO; ALMEIDA, 2004).

Para separar o concentrado do rejeito, o minério passa por diversos processos. Britagem e moagem são responsáveis pela redução do tamanho das partículas do minério, também conhecida como cominuição. Depois de reduzido, o minério passa pelo processo de classificação. As partículas de tamanho desejado vão para o processo de concentração para





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

remoção dos minerais contaminantes. Por fim, ocorre o desaguamento do minério através dos processos de espessamento, filtragem e secagem. Estes processos eliminam parte da água do concentrado, possibilitando o transporte do produto final que será entregue ao cliente (LUZ; SAMPAIO; ALMEIDA, 2004).

O processo de filtragem recebe o minério concentrado úmido, executa as etapas contidas na retirada da água do minério e finaliza entregando minério concentrado seco. Nesta configuração, o cliente é interno, pois se trata da estocagem, sendo o material armazenado até que este seja transportado e entregue ao cliente externo.

A filtragem pode ser definida como uma operação unitária de separação dos sólidos contidos em uma suspensão aquosa mediante a passagem da polpa através de um meio filtrante, que retém as partículas sólidas e permite a passagem do líquido. O líquido que atravessa o meio filtrante é denominado filtrado e os sólidos retidos constituem a torta. (GUIMARÃES, 2011, p.24).

Os principais objetivos da separação sólido-líquido no beneficiamento de minérios são: recuperação de água para reutilização no processo, redução da umidade dos produtos para transporte e comercialização e preparação de rejeitos visando transporte e disposição. Em se tratando de minérios de ferro, a utilização da filtragem é predominantemente empregada nos produtos de valor comercial. Portanto, estes produtos possuem um mínimo de água livre, pois são produtos prontos para comercialização (GUIMARÃES, 2011).

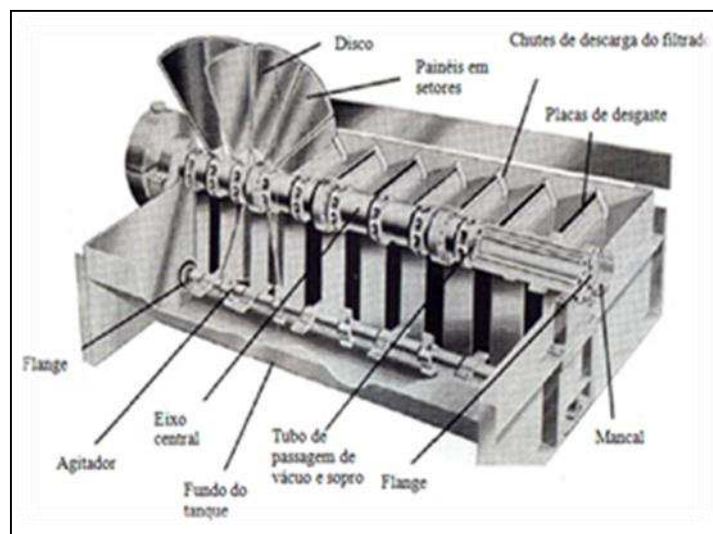
De acordo com Chaves (2004), para que ocorra a filtragem, uma força deve incidir sobre o mineral que passará pelo processo de separação sólido-líquido. Esta força pode ser obtida através de gravidade, vácuo, pressão ou centrifugação. Para Araújo (2010) e Amarante (2002), em usinas de minério os filtros que operam com vácuo são muito usados na filtragem de concentrados, como é o caso dos filtros de discos e filtros horizontais de correia.

Apesar de, segundo a teoria, todos os filtros a vácuo citados terem aplicabilidade para o beneficiamento do minério, descreve-se aqui as etapas envolvidas na filtragem vertical (composta por filtros de discos), pois este foi o tipo de filtragem automatizada pela empresa estudada.



Para Araújo (2010), a filtragem vertical possui esta denominação devido às características construtivas do principal equipamento do processo: o filtro a vácuo de discos verticais. Através da figura a seguir é possível identificar os componentes do filtro de discos.

Figura 1 - Representação do filtro de disco



Fonte: GUIMARÃES, 2011, p. 31.

Verifica-se que o filtro de discos é composto por vários discos paralelos espaçados, interconectados por um feixe de tubulação que serve como eixo central e é responsável por transportar o vácuo e o sopro, além de possibilitar o movimento rotativo dos discos. Cada disco é composto por diversos setores independentes. Cada setor está conectado a um tubo do eixo central e é forrado com tecido filtrante.

Guimarães (2011) relata que os filtros de disco executam as seguintes etapas de modo cíclico: formação de torta, secagem e descarga da torta. Em uma rotação do disco (um ciclo), o vácuo (pressão negativa) aplicado ao meio filtrante aspira a polpa que está submersa na bacia, possibilitando a formação da torta. Ainda sob a ação do vácuo, a água é retirada da torta que está presa à estrutura (etapa de secagem). O filtrado passa através do meio filtrante para o setor e depois para o eixo central onde ocorre a descarga da torta através do sopro do ar no meio filtrante, ou seja, o fluxo de ar é invertido, retirando vácuo e aplicando ar comprimido para desprender a torta sem umidade da estrutura do filtro.



O filtro é o elemento principal da filtragem, porém outros componentes fazem parte do processo, como as bombas e as linhas de vácuo, além dos dispositivos que controlam o sistema de transporte da polpa (alimentação do filtro), da torta e do filtrado (água que retorna ao processo).

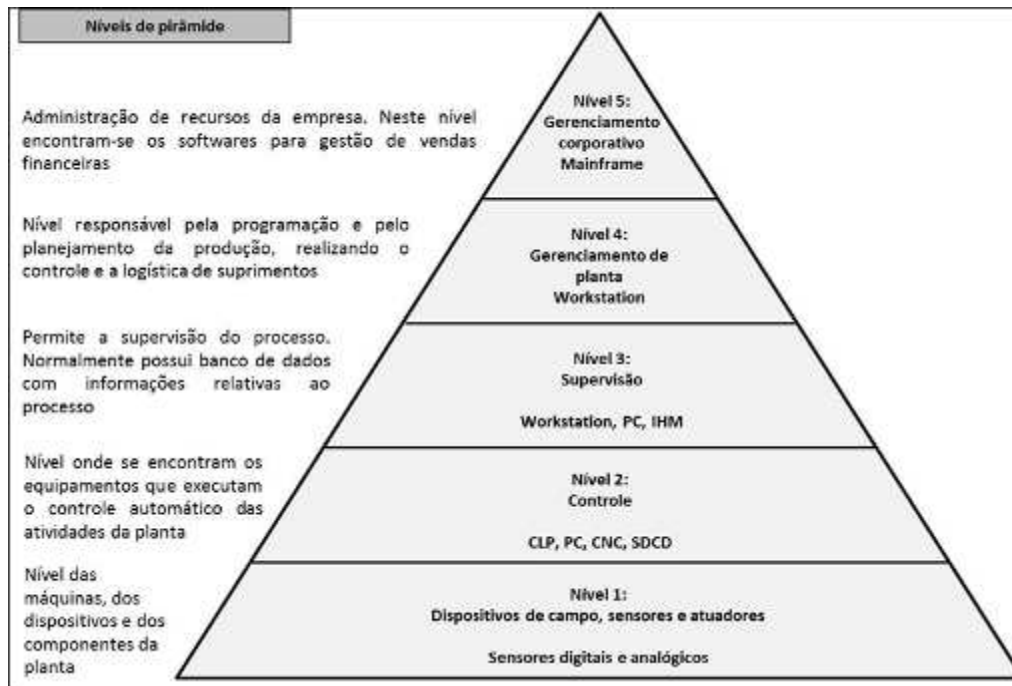
3. Automação industrial

O conceito de automação é baseado em sistemas que utilizem os computadores para substituir o trabalho humano em prol da segurança das pessoas, da redução de custos e do aumento da velocidade e qualidade dos processos produtivos, de forma a atender aos objetivos das indústrias (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

Para Groover (2011) a automação em sistemas produtivos é dividida em duas categorias: automação dos sistemas de produção da fábrica e controle computadorizado dos sistemas de apoio à produção. A estruturação hierárquica dos sistemas de automação também é citada por Moraes e Castrucci (2007), que resumem a funcionalidade da Pirâmide de Automação como uma arquitetura utilizada para categorizar os diversos níveis de automação encontrados em uma planta industrial, conforme figura a seguir.



Figura 2 – Pirâmide de automação



Fonte: adaptado de MORAES; CASTRUCCI, 2007, p. 13.

Na base da pirâmide estão os dispositivos de chão de fábrica e no topo da pirâmide estão os sistemas informatizados ligados aos setores corporativos da empresa. A automação industrial está embutida em muitas funções da organização e a dependência dos níveis deve ser analisada de baixo para cima.

No primeiro nível estão as máquinas, dispositivos e componentes da planta. Para Groover (2011), os sensores coletam os dados do processo e convertem a variável física em outra variável de interesse, de modo que a variável possa ser interpretada como um valor numérico. Estes sensores possuem diferentes categorias de estímulos que variam de acordo com a variável física. Alves (2005) simplifica este conceito ao dizer que o sensor é o primeiro que sente o valor da variável de processo, fornecendo informações e correspondendo às entradas do controlador. Esses podem indicar variáveis físicas tais como pressão e nível através de sinais discretos ou analógicos. Os atuadores são dispositivos responsáveis pela realização de trabalho no processo, sendo os acionamentos hidráulicos, pneumáticos e elétricos os tipos mais comuns. O controlador é elemento responsável pelo acionamento dos atuadores, levando em



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

conta o estado das entradas (sensores) que são comparadas com os valores desejados (parâmetros de entrada). Nos controles sem realimentação existe risco de o atuador não causar o efeito esperado no sistema, pois o controle é feito sem medir a variável de saída (GROOVER, 2011).

No segundo nível estão equipamentos que executam o controle automático das atividades. O controlador programável é responsável por receber informações do processo, comparar com a situação desejada e enviar comandos para que o processo se mantenha estável e de acordo com os parâmetros pré-estabelecidos. Segundo Alves (2005), o Controlador Logico Programável (CLP) foi desenvolvido para a indústria automobilística que, a partir de 1968 sentiu a necessidade de substituir painéis de controle a relés por dispositivo programável que reduzisse custos com instalação e manutenção das plantas industriais. Inicialmente o CLP substituiria os relés, recebendo os sinais discretos (chaves digitais) e acionando as saídas (válvulas solenoides ou partidas de motores sequencialmente) conforme programa armazenado na sua memória. Com a evolução da tecnologia, foram introduzidas funções aritméticas, terminais de programação e os subsistemas remotos. Os subsistemas remotos reduziram ainda mais os custos, já que as entradas e saídas poderiam estar distanciadas da Unidade Central de Processamento (CPU). Natale (2008) afirma que o CLP é um computador com características similares ao computador pessoal, porém sua aplicação é dedicada à automação de processos.

No terceiro nível está a supervisão. Segundo Alves (2005), os programas de supervisão, também conhecidos como Interface Homem Máquina (IHM) ou programas para controle supervísório, em inglês *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)*, são configurados de forma a cumprirem as funções do Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), composto pelos módulos de gerenciamento do sistema, configuração e visualização. O SDCD possui a função de fazer a interface com o processo (integração entre os CLPs e as unidades de aquisição de dados), fazer a interface entre o homem e a máquina e possibilitar a troca de dados entre as funções citadas (via de dados). Em síntese, as ferramentas de supervisão simplificam as atividades de controle de processo, pois além de possibilitarem a visualização das informações da planta em tempo real, disponibilizam tais informações em uma interface favorável para os profissionais responsáveis pelo acompanhamento e análise das informações,





visto que estes não precisam interpretar os dados em linguagens de programação de máquinas.

4. Procedimentos metodológicos

O método adotado foi a pesquisa de campo, de abordagem qualitativa. A principal característica deste método é o contato direto com o fenômeno que se deseja conhecer (GIL, 2010; MARCONI; LAKATOS, 2010; HAIR JÚNIOR et. al., 2007). Este método auxiliou na compreensão acerca do problema pesquisado, pois através das observações e visitas ao local onde ocorreu a automatização, foi possível analisar a realidade do processo e a maneira no qual as atividades são realizadas. Além disso, a visão dos sujeitos amostrados acerca do tema estudado foi percebida e interpretada pelo pesquisador.

O universo desta pesquisa foi uma unidade operacional, aqui denominada Mina X, de uma empresa mineradora da cidade de Itabira, que tem sede no Brasil e está presente em mais de 30 países. A amostra foi composta por dois setores que mantêm a operacionalização do processo estudado, bem como a implantação e manutenção da automatização: Automação e Operação. Na Mina X, o setor de Automação é responsável pela implantação de projetos e sustentabilidade de sistemas de automação e engenharia das instalações. Já o setor de Operação faz a coordenação e o gerenciamento da operação dos processos de beneficiamento do minério de ferro, de forma a garantir o desempenho destes.

A escolha da Mina X como universo desta pesquisa se deve ao fato de ser uma unidade operacional do ramo da exploração mineral que possui o processo de filtragem automatizado.

Participaram da pesquisa quatro funcionários do setor de Automação (dois supervisores e dois analistas) e sete funcionários do setor de Operação (cinco técnicos, um supervisor e um operador). Pelo fato do quadro de funcionários do setor operacional ser maior que do setor de Automação, a amostra do estudo contemplou um número maior de sujeitos do setor de Operação.

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevista semiestruturada, pesquisa documental e observação não participante. Após a coleta foi realizada a análise das informações através da análise de conteúdo. Esta técnica tem por finalidade buscar o significado de materiais





textuais. Como produto da análise, a interpretação do material pesquisado já reduzido e/ou simplificado deve ser feita (APPOLINÁRIO, 2009).

5. Automatização do processo de filtragem na mineradora pesquisada

Segundo o documento “Automação dos Filtros Verticais, Filtros Horizontais e Bombas de Vácuo”, a filtragem vertical está contida no beneficiamento do minério, tendo como entrada do processo o produto oriundo da etapa concentração, mais especificamente da flotação, e da primeira etapa de desaguamento, que ocorre via espessamento ou ciclonagem. A filtragem recebe esse material, retira o excesso de água do minério e disponibiliza o produto final para um cliente interno que é o pátio de produtos, local de armazenagem. O processo de filtragem da empresa estudada é similar ao processo descrito por Luz, Sampaio e Almeida (2004), em que os autores descrevem espessamento, filtragem e secagem como sendo responsáveis pelo desaguamento do minério proveniente da etapa de concentração.

Segundo documentação do escopo do projeto, bombas de vácuo foram inseridas no processo de automatização dos filtros verticais visando obter redução do consumo de energia, flexibilidade operacional, aumento da garantia operacional e eficiência das bombas e racionalização da mão de obra necessária à operação. Foram instalados sensores e válvulas para permitir o controle de vácuo através de parada e partida automática das bombas, controle adequado da água de *spray* na entrada das bombas e controle da pressão/vazão da água de selagem. Outra premissa era interligar todas as bombas de vácuo em um único foco, que alimentaria os 12 filtros verticais e os seis filtros horizontais, possibilitando deixar outras seis bombas em *stand by*, economizando energia e proporcionando flexibilidade.

Sobre o que foi feito na automatização da filtragem, dois funcionários da área de Automação fizeram menção à automatização das bombas de vácuo.

[...]foi considerada a integração das tubulações de vácuo, pois ficavam posicionadas em pontos diferentes, então se tinha em dado momento dois operadores. (ENTREVISTADO G1).

[...]existiam quatro válvulas e atualmente só existe uma, pois a tubulação de vácuo foi unificada. (ENTREVISTADO G3).





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Percebe-se pelos relatos dos gestores da Automação e pela documentação do projeto que, aliada à automatização da filtragem, estava a automatização das bombas de vácuo. De acordo com Chaves (2004), na filtragem uma força deve incidir sobre o mineral que passará pelo processo de separação sólido-líquido. No caso estudado, esta força é obtida através do vácuo, o que reforça a tese de que o desempenho das bombas de vácuo reflete na operacionalização dos filtros. Outra justificativa citada na documentação e reforçada pelo Entrevistado G1, é que pelo fato dos filtros estarem em localização distinta das bombas de vácuo, a não automatização destas bombas dificultaria a execução de uma das propostas do projeto que era racionalização da mão de obra.

Houve divergência de opinião dos entrevistados do setor de Automação e do setor de Operação quanto à automatização da bomba de vácuo. Ao contrário do que disse o primeiro grupo, funcionários da área de Operação citaram que as bombas de vácuo estão operando no modo manual e que a presença do operador ainda é requerida.

[...] os equipamentos auxiliares como bombas de vácuo foram automatizados em alguns pontos, não totalmente [...]. ainda há necessidade da presença do operador na filtragem. (ENTREVISTADO TEC4).

Através da observação não participante realizada em agosto de 2014, foi possível confirmar as afirmações dos funcionários do setor de Operação. As bombas de vácuo estão operando em modo manual, com presença do operador.

Em consulta ao relatório “Diagnóstico bombas de vácuo automático”, elaborado em agosto de 2013 pelo Entrevistado ANA1, constatou-se que o setor de Automação está ciente do não funcionamento em automático das bombas de vácuo e trabalha para reativá-lo.

[...] conclui-se que, para operação em modo automático das bombas de vácuo, deve-se realizar a substituição dos instrumentos com defeito, além da inspeção e testes das partes pneumáticas das válvulas e posicionadores. (DIAGNÓSTICO BOMBAS DE VÁCUO AUTOMÁTICO, 2013, p.7).



Dos componentes da filtragem citados por Guimarães (2011), somente os filtros verticais da empresa estudada estão operando automaticamente. Assim, a análise da automatização do processo de filtragem será focada nos filtros verticais e não na filtragem como um todo.

Os filtros utilizados no processo de filtragem pesquisado possuem a mesma estrutura dos filtros verticais descritos por Guimarães (2011). A semelhança estrutural foi constatada através da observação não participante realizada em agosto de 2014. Na figura é possível identificar a estrutura do filtro vertical com discos dispostos verticalmente, interconectados pelo eixo central e setores forrados por tecido filtrante. Com o filtro em funcionamento, observou-se ação do vácuo através da formação da torta.

Figura 3 – Filtro Vertical



Fonte: dados do autor, 2014.

De acordo com o documento “Automação dos Filtros Verticais, Filtros Horizontais e Bombas de Vácuo”, o escopo para o projeto de automação consistiu em automatizar de forma completa a operação dos 12 filtros com implementação de lógicas de controle de acidez, densidade e vazão na alimentação dos filtros, lógicas para controle adequado de vácuo de formação, vácuo de secagem, velocidade do disco, nível na bacia, ar de sopro, sobrecarga nos filtros, controle da água de selagem dos filtros, selagem das pernas barométricas e detecção de furos em setores. O escopo também contemplou implantação de lógica de limpeza automática dos filtros e modificação do trajeto das tubulações de água proporcionando maior pressão durante limpeza das telas. Foi instalada bomba dedicada à limpeza dos filtros. Para a realização do controle das variáveis, inicialmente foram instalados sensores e atuadores:

Figura 4 - Sensores e atuadores instalados



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Sensores discretos	Atuadores discretos	Medidores contínuos	Atuadores contínuos
Sensor indutivo para ar de sopro (existente)	Válvula solenoide para ar de sopro (existente)	Medidor de pressão manométrico para vácuo de formação	Válvula de controle contínuo tipo obturador excêntrico para vácuo de formação
Sensor indutivo para identificação de posição de setores	Válvula solenoide para água de selo dos filtros	Medidor de pressão manométrico para vácuo de secagem	Válvula de controle contínuo tipo obturador excêntrico para vácuo de secagem
Sensor indutivo para agitador (existente)	Válvula guilhotina para alimentação de polpa	Medidor de nível capacitivo para bacia do filtro	Inversor de frequência para controle de velocidade
	Válvula esfera para água de limpeza	Medidor de densidade na alimentação dos filtros	Válvula geral para controle da pressão do ar de sopro dos filtros
	Válvula solenoide para perna barométrica do vácuo de formação	Medidores de vazão na alimentação dos filtros	
	Válvula solenoide para perna barométrica do vácuo de secagem	Medidor de corrente pelo inversor	
	Válvula guilhotina para descarga do filtro		

Fonte: dados da pesquisa

Dando sequência à análise da documentação, pelo relatório “Automação dos Filtros Verticais, Filtros Horizontais e Bombas de Vácuo”, o próximo passo foi a implementação da programação do CLP. Foram implementadas as lógicas de partida e parada dos filtros verticais em modo remoto automático e limpeza dos mesmos em modo remoto automático. Em seguida foram feitas as lógicas de controle das variáveis do processo, como controle do vácuo de formação, controle do nível da bacia do filtro, controle de acidez no *overflow* do espessador de concentrado, controle de velocidade e de sobrecarga dos filtros.

Foi constatado que o projeto de automatização da filtragem não contemplou a aquisição de novos CLPs, gerando ocupação excessiva da memória no CLP existente.

Durante observação foi possível identificar que as válvulas de controle de formação de vácuo foram substituídas por controle discreto, culminando na eliminação de alguns controles propostos na fase de implantação. Atualmente a automatização do processo de filtragem está concentrada nos filtros verticais, sendo que os 12 filtros disponíveis na planta de beneficiamento estão operando em modo automático, com a sequência de parada e partida dos filtros e a limpeza temporizada das telas dos discos. Dos controles propostos, somente o





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

controle de acidez na alimentação do filtro está ativo. O controle do vácuo na filtração é feito manualmente pelo operador.

A instalação da instrumentação possibilitou ao operador visualizar as variáveis do processo e efetuar interferências para mantê-las controladas. Segundo os entrevistados, as variáveis do processo podem ser acompanhadas remotamente via IHM e Supervisório.

Nós temos uma IHM na cabine de operação que nos dá a possibilidade de executar parte do processo manual remotamente. (ENTREVISTADO OP1).

Os operadores nem abriam o supervisório, porque já que não estavam vendo o que estava acontecendo, não davam nem comando para as válvulas. (ENTREVISTADO ANA1).

O supervisório e a IHM deram autonomia para os operadores executarem comandos nos equipamentos sem estar próximos a eles. Foi constatado que o supervisório está disponível em uma sala de controle. Através do supervisório, o operador visualiza informações de toda a planta de beneficiamento do minério, incluindo a filtração. Já a IHM está instalada em cabine de operação ao lado da área dos filtros e possui informações somente da filtração.

Outro detalhe observado foi a utilização do PIMS por parte dos operadores. Segundo Souza (2005), os PIMS são softwares que armazenam as informações relevantes do processo em banco de dados e as disponibiliza através de diversas formas de representação. Há um computador utilizado pelos operadores para consultar histórico do processo localizado na cabine de operação. Foi percebido que ao se ausentarem da filtração, assim que retornavam, os operadores consultavam o PIMS para verificar fatos ocorridos na filtração.

Pode-se afirmar, com base nesta pesquisa, que a automatização do processo de filtração contemplou os três primeiros níveis da Pirâmide de Automação, considerando a classificação de Moraes e Castrucci (2007). No nível um, que é o nível das máquinas, dispositivos e componentes da planta, foi instalada instrumentação para monitoramento e controle das variáveis do processo, substituídos inversores de frequência do acionamento dos discos dos





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

filtros, unificada tubulação principal de vácuo e instalada bomba de água dedicada à limpeza dos filtros. No nível dois, que contempla os equipamentos que executam controle automático das atividades da planta, o investimento foi aplicado para implementar as lógicas de acionamento e controle no CLP utilizando-se hardware disponível. No nível três, responsável pela supervisão do processo, houve aquisição e instalação de uma IHM na cabine de operação que contemplou uma aplicação dedicada à operação da filtragem. Na sala de controle houve modificação da aplicação do supervisor, possibilitando ao operador acompanhar e atuar no processo remotamente. Por fim, os principais dados do processo foram cadastrados em um banco de dados para possibilitar consultas das variáveis do processo através do PIMS.

6. Considerações finais

A automação traz benefícios para o processo produtivo, pois na substituição do trabalho humano por máquina adquire-se agilidade e precisão na execução das atividades do processo. O objetivo geral dessa pesquisa buscou analisar a automação do processo de filtragem de uma mineradora.

De acordo com os dados obtidos, foi possível constatar que a automatização foi implantada tanto nos filtros verticais quanto nas bombas de vácuo, foram inseridos instrumentos no campo e elaborado lógicas no CLP, permitindo monitoramento e controle das variáveis do processo de filtragem, bem como o acionamento automático dos equipamentos e seus componentes. Além disso, as informações do processo foram disponibilizadas num sistema de supervisão, possibilitando ao operador acompanhar e atuar no processo de forma remota, sendo que os principais dados do processo foram cadastrados em um banco de dados para permitir consultas posteriores através do PIMS. Percebeu-se que atualmente as bombas de vácuo operam no modo manual e somente dois dos controles contemplados no projeto conceitual estão ativos. Dessa forma, as etapas do processo realizadas sem a intervenção humana são a sequência de partida e parada dos filtros e a limpeza temporizada das telas dos discos.

Conclui-se que na automatização da filtragem foram considerados tanto aspectos técnicos quanto humanos. Apesar de terem sido mapeadas intervenções corretivas no processo após a





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

automatização, na concepção dos entrevistados os objetivos do projeto foram alcançados, trazendo retornos para o processo produtivo e para os executantes da equipe operacional. Trabalhos futuros podem explorar os aspectos quantitativos desse estudo, confrontando a percepção dos funcionários que participaram da automatização com os ganhos tangíveis do projeto.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. L. L. **Instrumentação, controle e automação de processos**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.
- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- ARAUJO, L. R. **Malhas de controle típicas no beneficiamento a úmido de minério de ferro**. Ouro Preto: UFOP, 2010.
- BEGA, E. A. Introdução. In: BEGA, E.A (Org.). **Instrumentação industrial**. Rio de Janeiro: IBP, 2003.
- CHAVES, A. P. **Teoria e prática do tratamento de minérios**. v.2. São Paulo: Signus, 2004
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.
- GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo: Pearson Prentice, 2011.
- GUIMARÃES, N. C. Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando a sua disposição em pilhas. 2011. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) - Tecnologia Mineral, Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.
- HAIR JÚNIOR, J. F. et al. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- LUZ, A. B.; SAMPAIO, J.A.; ALMEIDA, S.L.M. **Tratamento de minérios**. Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2004.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2010.
- MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P.L. **Engenharia de automação industrial**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- NATALE, F. **Automação industrial**. São Paulo: Érica, 2008.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

SOUZA, A. J. **Sistema de gerência de informação de processos industriais via WEB.** Natal: UFRN, 2005.

