

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS - CCE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRICA – DEL
Pós-Graduação em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais

WESLEY DIAS DE CARVALHO

**Otimização de Sistema de Controle no Beneficiamento do Minério de Ferro na Usina de
Concentração Unidade Mina de Fábrica VALE S/A**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Viçosa
Dezembro 2018

WESLEY DIAS DE CARVALHO

**Otimização de Sistema de Controle no Beneficiamento do Minério de Ferro na Usina de
Concentração Unidade Mina de Fábrica VALE S/A**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais, da Universidade Federal de Viçosa, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista em Automação e Controle de Processos Agrícola de Industrial.

Orientador: Tarcísio de Assunção Pizziolo
Coorientador: Alonso Antônio do Nascimento

Viçosa

Dezembro 2018

Agradecimentos

- Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.
- A todos os professores do curso, que foram importantes na minha vida acadêmica e no meu desenvolvimento profissional.
- Aos meus pais, meus irmãos e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, nunca deixaram de acreditar no meu potencial, incentivando-me na busca pelo conhecimento.
- Ao meu coorientador Alonso Nascimento pelas orientações técnicas e por nunca deixar de repassar seus conhecimentos, aos meus amigos do curso pelo apoio e conselhos que me fizeram suportar até o fim nessa caminhada.
- Dedico este trabalho a todos aqueles que de alguma forma contribuíram com meu desenvolvimento. Principalmente a minha família que esteve sempre presente.

Resumo

O Brasil é o segundo maior produtor de minério de ferro do mundo, sendo este um dos principais produtos responsáveis pela balança comercial do país. A extração do minério de ferro é responsável pela geração de empregos, abastecimento do mercado interno e externo para fabricação de aço, chaparias, automóveis, eletrodomésticos, etc.

O problema apresentado neste estudo de caso é o controle de alimentação da usina de beneficiamento de minério de ferro, que sofre constantes variações devido ao grande número de variáveis que influenciam no controle do produção. A grande importância deste trabalho é garantir a eficiência do processo, que ao ser controlado automaticamente irá obter ganho de produção, economia de energia e uma operação eficiente da usina de beneficiamento.

O objetivo é realizar o controle automático do processo de beneficiamento de minério de ferro, ajustando a malha de controle dos transportadores de entrada da usina. Através deste controle o operador de sala não irá realizar o pedido de SET-POINT e toda a lógica será automática ajustando velocidade, densidade, fluxo e vazão dos equipamentos envolvidos no processo.

Neste trabalho foi observado a grande variação na taxa de alimentação da usina, onde ocorre perda de produção devido à falta de controle automático. Com os ajustes nas malhas de controle dos transportadores de entrada o ganho na produção diária foi melhorado sendo viável a aplicação da lógica de controle.

Abstract

Brazil is the second largest producer of iron ore in the world, being one of the main products responsible for the country's trade balance. The extraction of iron ore is responsible for the generation of jobs, supplying the domestic and foreign markets for steelmaking, plating, automobiles, household appliances, etc.

The problem presented in this case study is the feed control of the iron ore beneficiation plant, which undergoes constant variations due to the large number of variables that influence the control of production. The great importance of this work is to guarantee the efficiency of the process, which when controlled will obtain production gain, energy saving and an efficient operation of the beneficiation plant.

The objective is to perform the automatic control of the process of iron ore processing, adjusting the control mesh of the conveyors of entrance of the plant. Through this control the room operator will not perform the SET-POINT request and all the logic will be automatic adjusting speed, density, flow and flow of the equipment involved in the process.

In this work it was observed the great variation in the feed rate of the plant, where loss of production occurs due to lack of automatic control. With the adjustments in the control meshes of the input conveyors the gain in the daily production was improved, being possible the application of the control logic.

Sumário

1	Introdução	7
2	Objetivo	7
3	Funcionamento do processo.	8
	3.1 Limites e Parâmetros Operacionais.	10
	3.2 Critérios de Controle.	11
	3.3 Balanças Integradoras.	13
	3.4 Medidor de densidade.	14
	3.5 Medição de Nível.	15
	3.6 Cálculo de SET-POINT.	16
4	Interface.	17
	4.1 POPUP de ajuste do controlador.	19
5	Resultados e Discussões.	20
6	Conclusão.	22
7	Referências Bibliográficas	22

1 Introdução

A automação de processos começou a se popularizar nas década de 50, nessa época, também conhecida como anos dourados, que descrevia-se a movimentação automática de materiais. Vale a pena destacar que desde a segunda metade do século XVIII o homem já estava tentando avançar no campo da automação quando o sistema de produção agrário e artesanal da Inglaterra transformava-se em industrial.

A automação industrial de um sistema é um procedimento mediante o qual as tarefas de produção que são realizadas por operadores humanos são transferidas a um conjunto de elementos tecnológicos levando-se em consideração possíveis eventualidades que possam ocorrer mantendo sempre a segurança e a qualidade.

O controle de alimentação automática implantado leva em consideração parâmetros para os ajustes de produção assumindo o controle das malhas, dos PID's de alimentação da usina de beneficiamento. O automatismo irá verificar as regras em um período de 10 minutos e então irá calcular o novo SET-POINT para as malhas de controle dos transportadores AB04/A e AB04/B respeitando os limites operacionais. A malha de controle possui critérios para aumento e redução da produção de acordo com os parâmetros técnicos que definem a amplitude de trabalho da malha. As variáveis utilizadas no controle são: totalização da produção por transportador, densidade do material e nível são as informações necessárias para realizar o controle e calcular o novo SET-POINT dos transportadores de entrada.

No que tange à organização deste trabalho, serão abordados o funcionamento da malha de controle, os limites/parâmetros operacionais, critério de controle para aumento de produção, critérios para redução, ajustes de SET-POINT, interface de controle homem-máquina.

2 Objetivo

O trabalho apresentado tem como finalidade otimizar a malha de controle dos transportadores AB04/A e AB04/B, obtendo ganhos de produção no beneficiamento do minério de ferro e melhorando o desempenho dos equipamentos instalados no processo. O estudo de caso realizado na mineradora VALE S/A na cidade de Congonhas, Minas Gerais Unidade Mina de Fábrica. Na Figura 1 a seguir mostra os transportadores de entrada AB-04A / AB-04B responsáveis pelo transporte do minério de ferro para a usina de concentração.



Figura 1: Transportadores AB-04A / AB-04B que são responsáveis pela entrada de minério para a Usina de Concentração

3 Funcionamento do processo

A usina de beneficiamento de minério instalada as margens da BR-040, quilometro 598 na cidade de Congonhas, Mina Gerais é composta atualmente por dois transportadores de entrada AB-04-A e AB-04-B, que são controlados por duas malhas de controle PID. Nesse modo de operação o operador da sala de controle realiza o pedido de SET-POINT baseados nas taxas os transportadores AB-05, CB-01, CB-10 e CB-09 que estão inseridos no processo, e também analisando a densidade do tanque de polpa TTMS. Este trabalho depende de muita concentração, conhecimento técnico e de análises gráficas do processo, dessa maneira o trabalho torna-se cansativo e vulnerável, devido a possibilidade de falha do operador.

Através da otimização da malha de controle, o ajuste do novo SET-POINT será calculado usando como base alguns critérios pré-definidos e outros parâmetros como totalização de balanças por transportador, densidade e nível do material no tanque de polpa TTMS. O controle verifica as regras estabelecidas em intervalos de 10 minutos e então efetua o cálculo do novo SET-POINT paras as malhas de controle respeitando os limites operacionais que definem a amplitude do controlador. A seguir as Figuras 2 e 3 mostram as correias

transportadoras AB-05, CB-01, CB-10 e CB-09 instaladas no processo e o tanque de polpa de minério TTMS respectivamente.

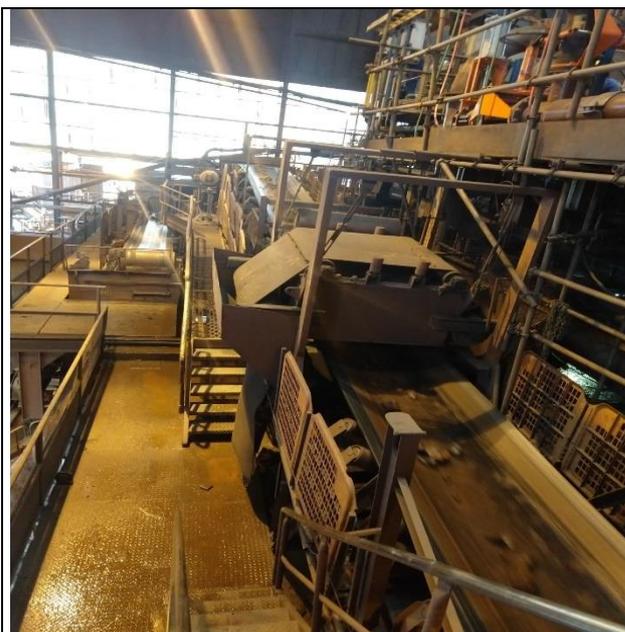
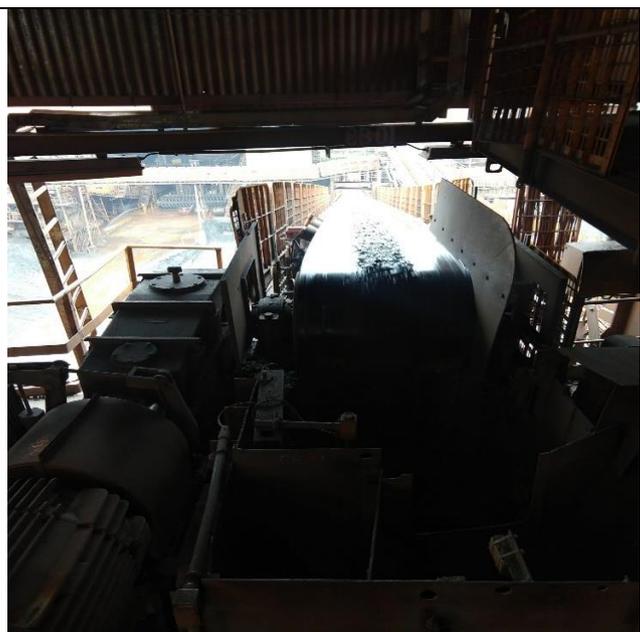
**AB-05****CB-01****CB-09****CB-10**

Figura 2: Correias transportadoras usadas no processo para movimentação do minério de ferro dentro da Usina de concentração



Figura 3: Tanque usado para armazenamento de polpa de minério de ferro

3.1 Limites e Parâmetros Operacionais.

Os parâmetros mencionados na Figura 4 abaixo foram definidos de acordo a capacidade de produção da usina e são estes que definem a amplitude de trabalho do controlador PID de alimentação do processo de beneficiamento do minério de ferro, que busca concentrar o minério de maior teor de ferro através do processo de separação magnética.

SET-POINT DE LIMITE OPER					
LINHA A- OPER - 1 LINHA		LINHA A OPER - 2 LINHA		DEN- TT-MS	
SP-MAX	650	SP-MAX	1050	SP-MAX	1.70
SP-MIN	450	SP-MIN	700	SP-MIN	1.55
LINHA B-OPER - 1 LINHA		LINHA B-OPER - 2 LINHA		NIV- TT-MS	
SP-MAX	650	SP-MAX	1050	SP-MAX	70
SP-MIN	450	SP-MIN	700	SP-MIN	40

Figura 4: Tela de controle com seus limites operacionais.

Na tela de limites operacionais temos o processo separados por duas linhas A e B, onde as linhas são subdivididas em linha A1 e A2, linha B1 e B2. Dentro dessas divisões tem-se a opção em trabalhar com meia linha onde o SET-POINT MÁXIMO de trabalho será 650 t/h e o SET-POINT MINIMO 450 t/h para ambas as linhas A e B. Ao trabalhar utilizando as duas linhas completas o SET-POINT MÁXIMO será 1050 t/h e o SET-POINT MINIMO 700 t/h. A direita da tabela temos o valor de referência da densidade do tanque de polpa TTMS com SET-POINT MÁXIMO 1.70 t/m³ e SET-POINT MINIMO 1.55 t/m³ e os valores de nível do tanque com SET-POINT MÁXIMO 70% e SET-POINT MINIMO 40% da sua capacidade total.

3.2 Critérios de Controle

A malha de controle possui critérios para aumento e redução da produção de acordo com os parâmetros técnicos mencionados e as variáveis medidas como: totalização da produção por transportador, densidade e nível do material no tanque de polpa. Com essas informações a malha de controle irá aumentar ou diminuir a velocidade dos transportadores AB-04A e AB-04B reduzindo ou aumentando o volume de material para o beneficiamento na usina de concentração. A Figura 5 mostra o posicionamento dos transportadores dentro do processo.

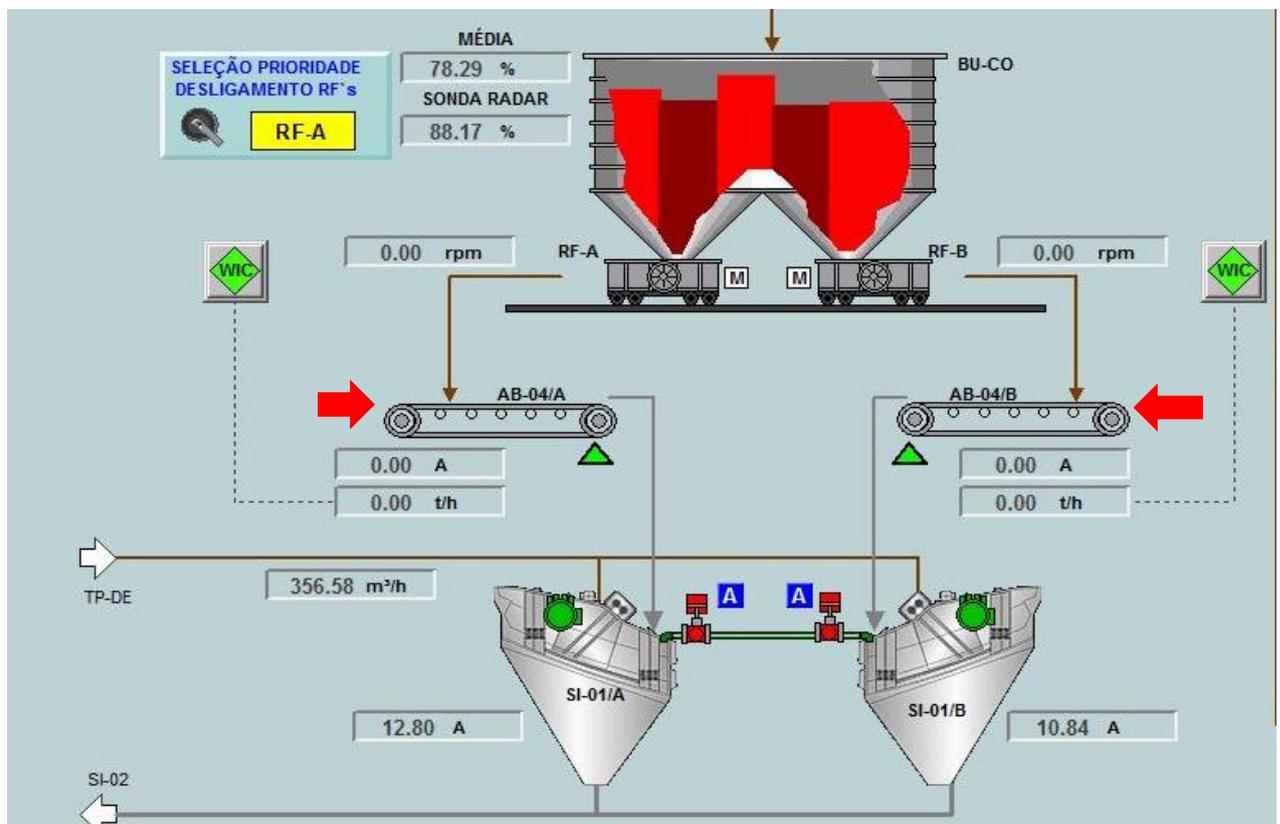


Figura 5: Tela de operação evidenciando o posicionamento dos transportadores AB-04A e AB-04B no processo.

Condição para aumento de produção do minério de ferro

- Taxa média transportador AB-05 + transportador CB-01 para transportador CB-10 < 700 t/h.
- Taxa média transportador AB-05 + transportador CB-01 para transportador CB-02 < 450 t/h.
- Taxa média transportador CB-09 + transportador CB-01 para transportador CB-10 < 700 t/h.
- Taxa média transportador CB-09 + transportador CB-01 para transportador CB-02 < 450 t/h.

As taxas médias são as toneladas por hora de minério de ferro que foi totalizado na balança de cada transportador no período de 10 minutos, onde somadas com o outro transportador como em cada situação acima listada, iram satisfazer as condições para que o novo SET-POINT seja ajustado para aumento da produção de minério de ferro.

Condições para redução de produção do minério de ferro

- Taxa média transportador AB-05 + transportador CB-01 para transportador CB-10 > 700 t/h.
- Taxa média transportador AB-05 + transportador CB-01 para transportador CB-02 > 450 t/h.
- Taxa média transportador CB-09 + transportador CB-01 para transportador CB-10 > 700 t/h.
- Taxa média transportador CB-09 + transportador CB-01 para transportador CB-02 > 450 t/h.
- Densidade do material no tanque TT-MS >1,70 t/m³
- Nível do tanque TT-MS >70%
- Transportador CB-01 operando para transportador B1.3 >500 t/h
- Transportador AB-05 operando para transportador B1.3 >400 t/h

As taxas médias são as toneladas por hora de minério de ferro que foi totalizado na balança de cada transportador no período de 10 minutos, onde somadas com o outro transportador como em cada situação acima listada, iram satisfazer as condições para que o novo SET-POINT seja ajustado para redução da produção de minério de ferro. A condição de densidade do tanque TTMS acima de 1.70 t/m³ ao ser satisfeita reduz a produção devido à falta de qualidade ideal para manter o processo em funcionamento. Ao atingir nível alto do tanque acima de 70% o processo é reduzido para que seja corrigido qualquer distúrbio dentro do processo.

Os transportadores CB-01 e AB-05 operando com vazão do material para o transportador B1.3, isso indica que o material está recirculando no processo e não está sendo contabilizado como produto final, gerando perda de produção e gasto de energia, sendo necessário reduzir a produção para realizar ajustes no processo de produção. A Figura 6 abaixo ilustra a tela do supervisor com suas indicações de acordo com as condições de aumento e redução da produção de minério de ferro acima referenciadas.

Condições Para Aumento de Produção	Condições Para Redução de Produção
Taxa média AB-05 + CB-01 p/ CB-10 < 700 t/h	Taxa média AB-05 + CB-01 p/ CB-10 > 700 t/h
■ Taxa média AB-05 + CB-01 p/ CB-02 < 450 t/h	■ Taxa média AB-05 + CB-01 p/ CB-02 > 450 t/h
Taxa média CB-09 + CB-01 p/ CB-10 < 700 t/h	Taxa média CB-09 + CB-01 p/ CB-10 > 700 t/h
Taxa média CB-09 + CB-01 p/ CB-02 < 450 t/h	Taxa média CB-09 + CB-01 p/ CB-02 > 450 t/h
■ Densidade > 1,70	
■ Nivel TT-MS > 70	
CB-01 Operando p/ B1.3 > 500 t/h	
AB-05 Operando p/ B1.3 > 400 t/h	
Condições : Controle Sem Ação	

Figura 6: tela de supervisor, condições para aumento e redução de produção

Ao aplicar algumas das regras para aumento ou redução de produção, o texto na tela do supervisor aparecerá na cor preta e na cor verde a figura à frente do texto. As regras inativas aparecem na cor cinza.

3.3 Balanças Integradoras

São usadas para medição contínua de fluxo de materiais sólidos a granel em transportadores de correia. O equipamento é composto por estação de pesagem com célula de carga, sensor de velocidade e eletrônica dedicada para medição de fluxo, com sistema de compensação eletrônica de influência da correia BIC – Belt Influence Compensation, que melhora a correção da tara. Sua instalação e fixação são livre de articulações e partes móveis, a balança permite alinhamento e nivelamento do conjunto, o que evita desajustes, imprecisão e desgaste prematuro. O equipamento é instalado diretamente nos transportadores de correia com tamanhos padronizados para as larguras de 400 a 2.000 mm, para capacidades de até 20.000 t/h e com precisão que vai de menos 0,25% até mais 0,25% do valor real.

A balança integradora SCHENCK é usada para totalizar o fluxo de material por transportador que necessitamos conhecer sua produção de minério por tonelada/hora. O seu funcionamento é baseado na velocidade em que o transportador opera pela quantidade de

massa sobre sua plataforma de pesagem. A balança como mostra a Figura 7 abaixo é composta por um tacômetro que mede a velocidade do transportador realizando os cálculos de pesagem no modulo eletrônico.



Figura 7: Balança integradora instalada no transportador e módulo de pesagem

Formula para cálculo de produção e totalização.

$$T = \frac{(M \times V \times 3.6)}{Gt} \times \cos 0$$

T: Totalização

M: Massa de minério sobre a plataforma de pesagem

V: Velocidade em m/s do transportador

Gt: Comprimento da plataforma de pesagem

Cos 0: Ângulo de instalação da balança no transportador

3.4 Medidor de densidade

A medição de densidade do tanque de polpa TTMS é medida usando o densímetro radiométrico MINITRAC 31 Vega. O densímetro radiométrico é um medidor que, utilizando a tecnologia da radiometria, mede a variação de radiação conforme o aumento ou diminuição da densidade de um determinado fluido dentro de uma tubulação. Sua função é medir a densidade da polpa de minério que está passando pela tubulação para verificação se não há

sujeira ou excesso de água pelo duto, pois a polpa de minério possui densidade ideal para que seja mantida sua qualidade.

O densímetro para realizar a medição utiliza da emissão de radiação gama emitida pelo Isótopo Césio 137. A radiação é recebida na câmara de cintilação que fica instalada na face oposta da tubulação juntamente com a eletrônica do sensor, ao captar a radiação a câmara de cintilação transforma essa radiação em feixes de luz que será convertida em sinal analógico (4-20 mA) para controle da malha no CLP e em valor numérico para visualização no display do sensor. A Figura 8 a seguir mostra como é feita a montagem na tubulação e a foto do sensor MINITRAC 31.

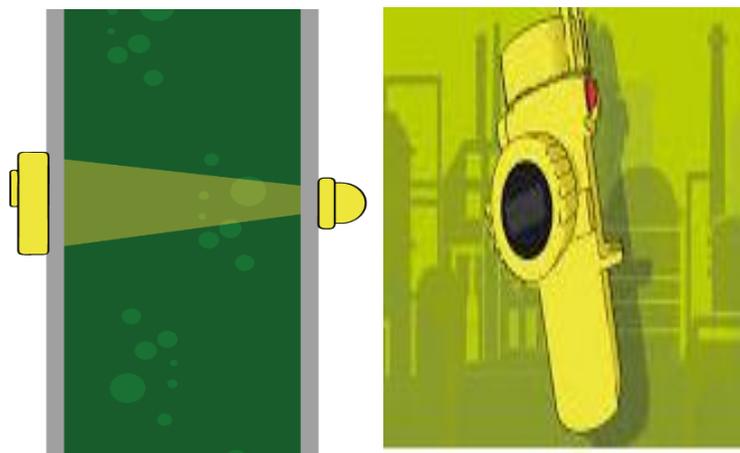


Figura 8: Modo de instalação e Densímetro radiométrico

3.5 Medição de Nível

A medição de nível do tanque de polpa TTMS é feita usando o medidor MULTIRANGER 100 da SIEMENS que utiliza a tecnologia ultrassônica para medição de nível, instrumento resistente à poeira, umidade, vibração, enchentes e altas temperaturas e com faixas de medição até 40 metros.

Os transdutores emitem um pulso acústico em um feixe estreito perpendicular à face do transdutor. O transceptor de nível (Multiranger) mede o tempo de propagação entre a emissão do pulso e a recepção do eco para calcular a distância entre o transdutor e o material. As variações na velocidade do som devido à mudanças de temperatura são automaticamente compensadas (dentro da faixa permissível para o transdutor) pelo sensor de temperatura integrado. As Figuras 9 e 10 abaixo ilustram o sensor de nível e método de instalação respectivamente.



Figura 9: Medidor ultrassônico / Controlador de nível ultrassônico

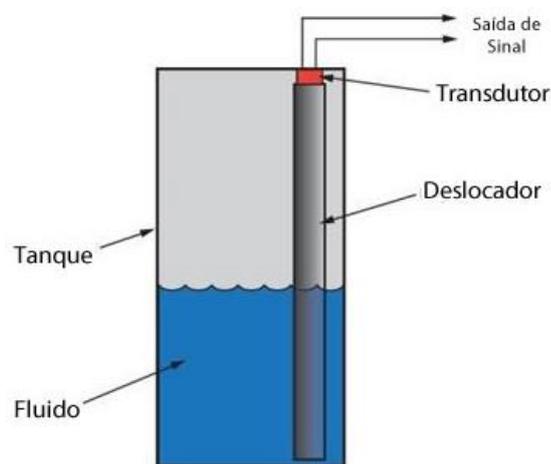


Figura 10: Método de instalação do transdutor ultrassônico

3.6 Cálculo de SET-POINT

O controle do novo SET-POINT automático será calculado a cada 10 minutos após verificar os critérios de controle citados acima, respeitando os limites e parâmetros operacionais já pré-determinados na lógica de controle. Para realizar este cálculo são monitorados a totalização das balanças integradoras instaladas nos transportadores AB-05, CB-01, CB-10 e CB-09, equipamentos de grande importância na produção. O sinal de totalização dos quatro transportadores são enviados ao CLP através de entrada analógica 4-20 mA onde iram atualizar os dados de produção dentro da lógica de controle atuando nos critérios de aumento ou redução da produção.

Outra medição importante da malha de controle PID do processo é a medição de densidade e de nível do tanque de polpa TTMS. Este tanque é usado no processo para armazenamento da polpa de minério que irá passar pelo processo de separação magnética, onde o minério mais rico em teor de ferro é extraído através da aplicação do campo magnético. Para que a produção se mantenha constante e com boa qualidade é utilizado o tanque, pois a

densidade do material é de grande importância nessa etapa do processo mantendo-se na faixa de 1,70 t/m³ e para manter a produção constante é necessário que o SET_POINT do nível esteja entre 40 e 70% para que o processo não sofra com variações no ciclo de produção.

Após analisar todas as regras e calcular o novo SET-POINT a malha de controle atua no controle de velocidade dos transportadores AB-04A e AB-04B, aumentando suas velocidades quando os critérios de aumento de produção são satisfeitos e com isso proporcionando uma maior vazão de minério de ferro para a usina. Para os critérios de redução de produção as velocidades das correias serão diminuídas, reduzindo a vazão de minério para o processo. Na Figura 11 a seguir temos o bloco PID de controle usado para o controle automático da produção.

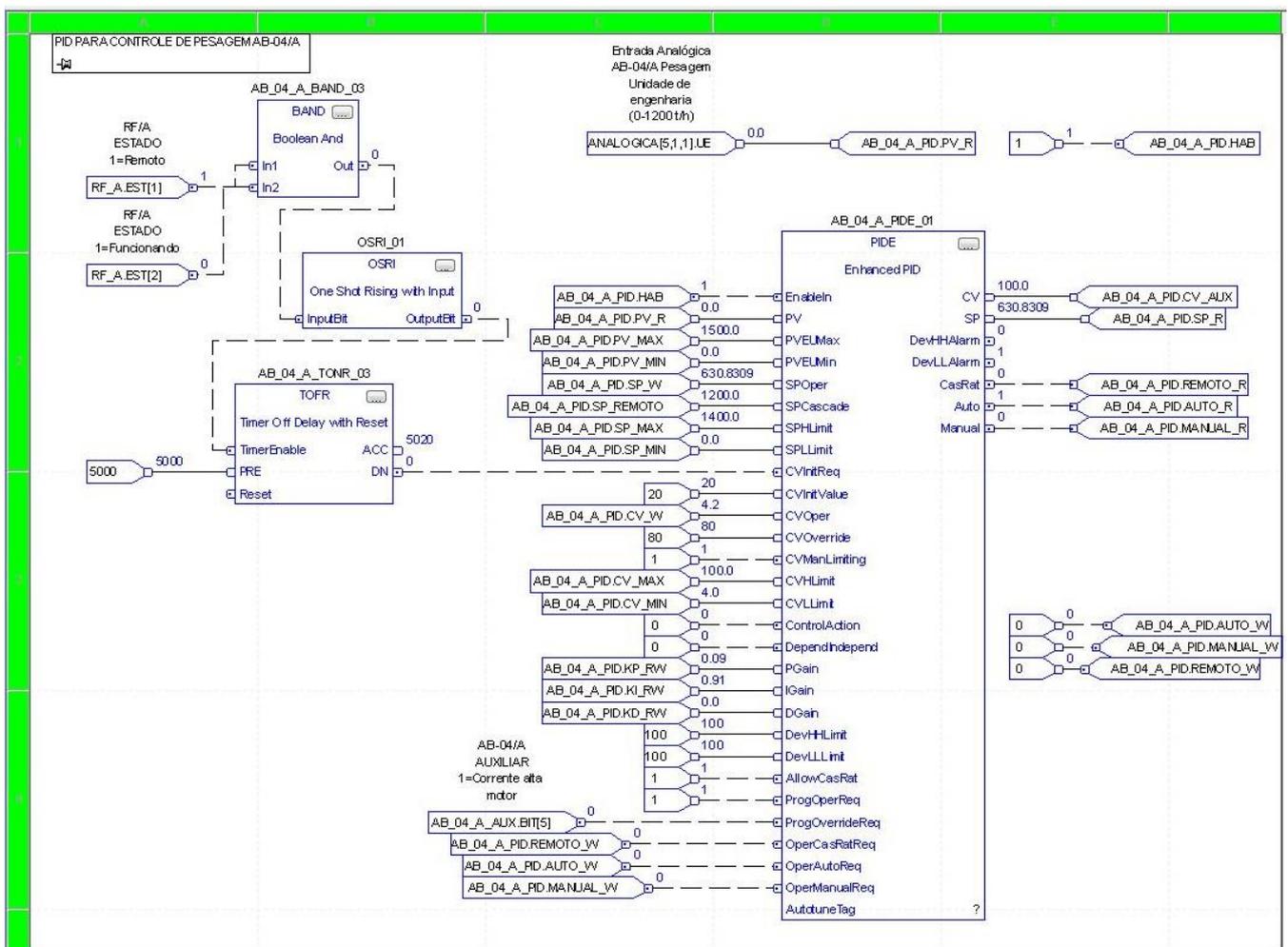


Figura 11: Bloco PID para controle automático

4 Interface

A interface de controle do sistema nas Figuras 12 e 13 foi desenvolvida com o objetivo de apresentar ao operador uma visão ampla do controle e onde são os limites de atuação no

processo de alimentação da Usina. Para tanto foram criadas um tela de visão geral de controle e um pop-up de ajuste do controlador Figura 14 a seguir, que podem ser acessados a partir de um botão localizado no canto superior da tela de operação alimentação.

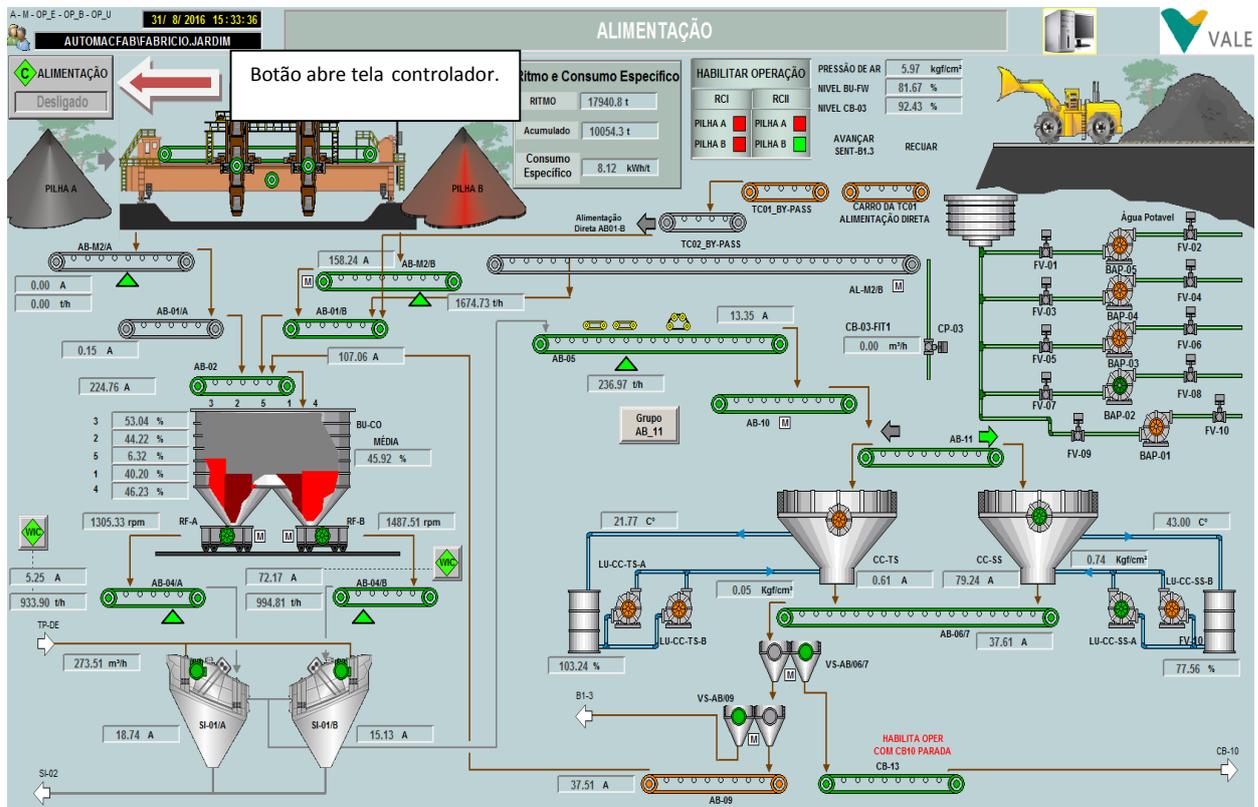


Figura 12: Tela de Alimentação Usina

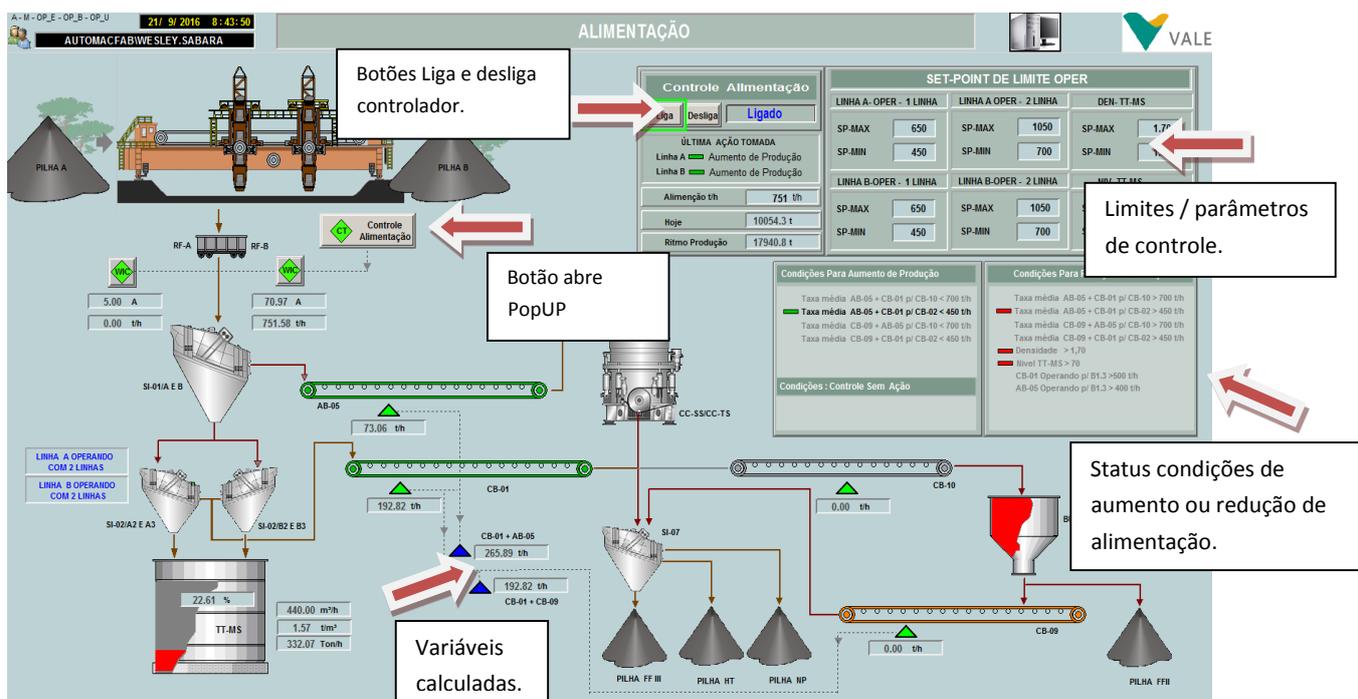


Figura 13: Tela de Visão Geral de Controle.

4.1 POPUP de ajuste do controlador

O Pop-Up foi desenvolvido exclusivamente para que a equipe de automação faça os ajustes necessários no controlador e está disponível para o operador somente para visualização.

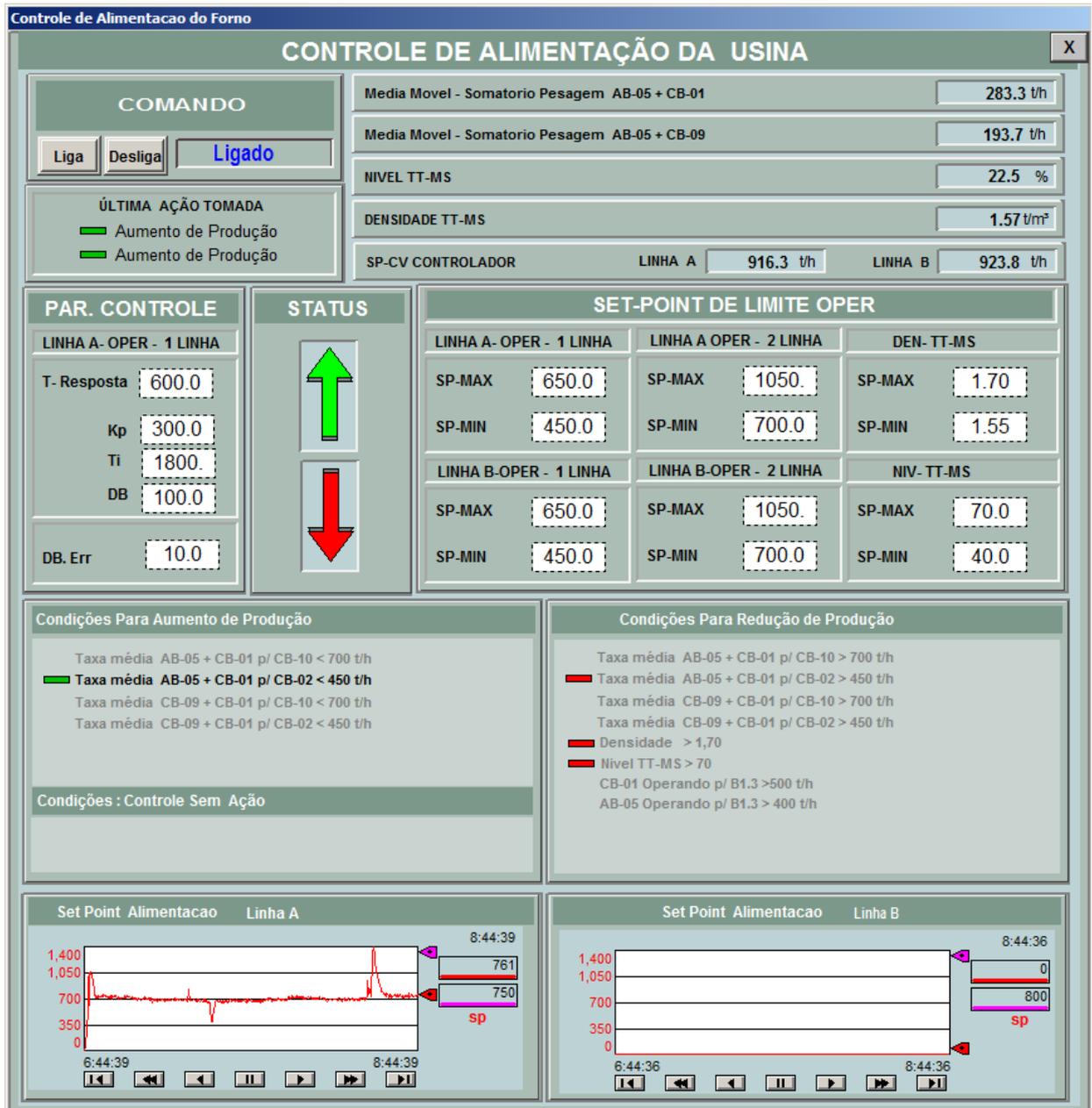


Figura 14: POPUP de Ajuste do Controlador.

5 Resultados e discussões

Após análise da malha de controle instalada no processo de beneficiamento de minério de ferro, observou-se a necessidade de implementar ajustes no controle de SET-POINT para obter um maior ganho de produção visando também um melhor desempenho dos equipamentos inseridos no processo devido à grande reincidência de manutenções corretivas.

Foram usados as informações de equipamentos já instalados como balanças, densímetros e medidor de nível para realizar o cálculo automático do novo SET-POINT. A otimização da malha de controle proporcionou aumento da produção, melhor desempenho da usina e economia de energia ao desligar equipamentos, quando estiver com baixo rendimento na produção. Após a realização da calibração das quatro balanças integradoras instaladas nos transportadores AB-05, CB-01, CB-10 e CB-09, da aferição do densímetro instalado na tubulação de saída do tanque TTMS e também a aferição na medição de nível do tanque, garantiu que os dados de entrada para o bloco PID da malha de controle são informações precisas, que a partir do STARTUP da lógica serão fundamentais para o funcionamento do PID de controle do processo. Segue abaixo na figura 15 o gráfico de totalização da produção diária e a condição do sistema de controle automático com uma amostra entre os dias 18/08/2018 a 29/08/2018. A linha em azul no gráfico demonstra a produção diária finalizando às 01:00 hora a totalização da produção do dia. A linha em vermelho mostra o status do controle automático ligado nível lógico “1” ou desligado nível lógico “0”.

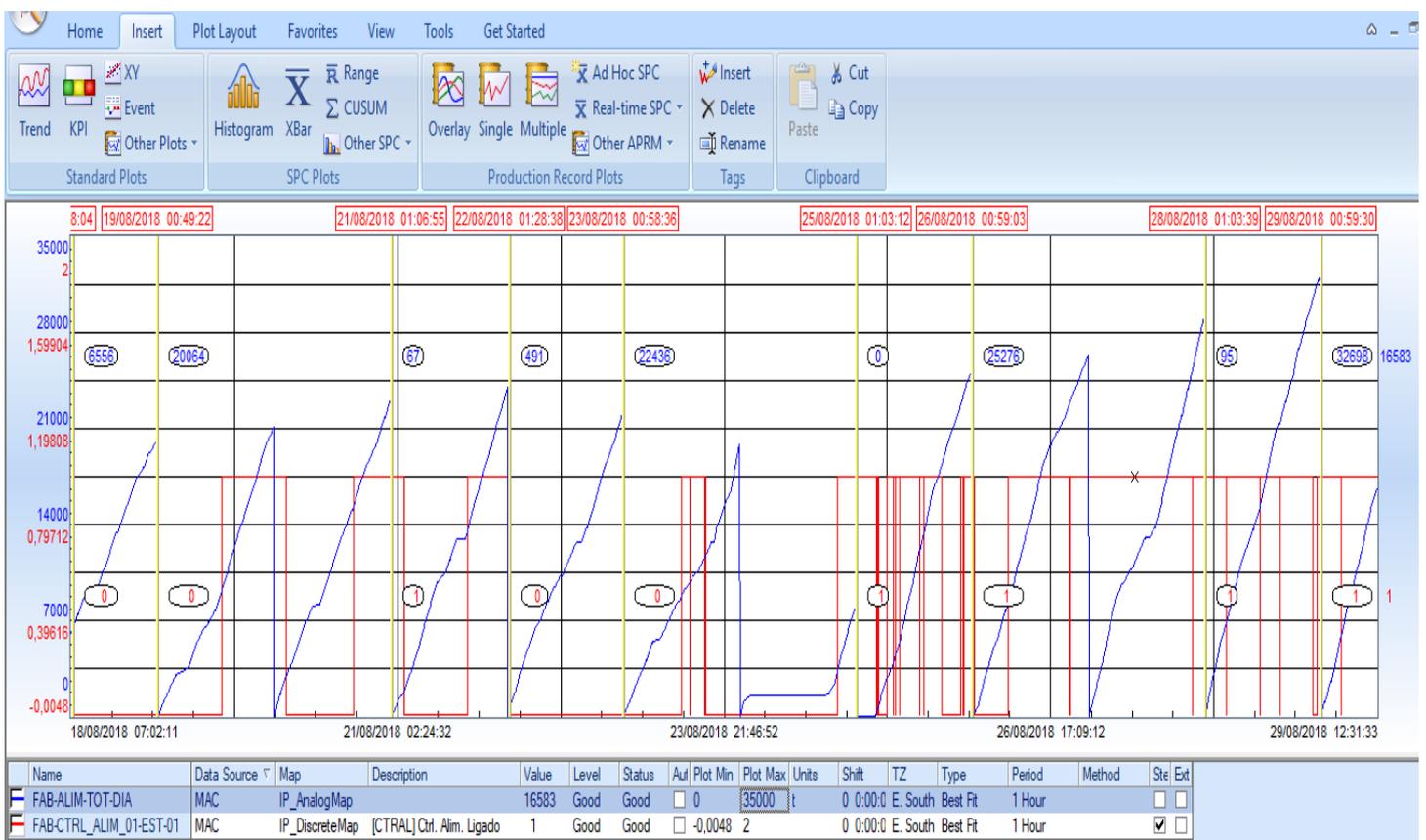


Figura 15: Gráfico de totalização de produção em relação ao controle automático ligado ou desligado.

Pela análise gráfica podemos verificar o aumento da produção quando o sistema de controle automático é mantido ligado durante o processo produtivo. Pode-se verificar a baixa produtividade entre os dias 18/08/2018 a 23/08/2018 onde o controle automático permaneceu desligado na maior parte do dia. Após o dia 23/8/2018 houve um aumento gradativo da produção diária devido o controle automático permanecer ligado durante grande parte do tempo de produção. No dia 29/08/2018 onde o controle permaneceu ligado a maior parte do tempo a totalização da produção diária foi de 32698 toneladas atingindo a maior produtividade no período de amostra. Segue abaixo a tabela de cálculo do ganho de produção tomando como referência o início do período de amostra no dia 18/08/218 e o último dia amostrado 29/08/2018.

Tabela de cálculo da média de produção de minério de ferro no período amostrado no gráfico acima e o valor do ganho em reais ao utilizar a malha de controle.			
Período de baixa Produção com malha de controle desligada		Período de melhor produção e malha de controle ligada	
Dia	Produção Diária em toneladas	Dia	Produção Diária em toneladas
18/08/2018	20664	25/08/2018	25276
19/08/2018	21098	26/08/2018	26968
20/08/2018	23120	27/08/2018	28832
21/08/2018	23960	28/08/2018	32698
22/08/2018	22436	29/08/2018	31425
23/08/2018	19263		
24/08/2018	7890		
		Média do Ganho de Produção no período em toneladas	33921
		Ganho em Reais	R\$ 8.449.381,89
		Preço por tonelada em dolar	\$ 64,20
		Preço por tonelada em reais	R\$ 249,09
OBS: Os dias em vermelho foram descartados para efeito de cálculo da média			

O resultado alcançado foi o aumento da produção de minério de ferro, devido à redução de paradas indesejadas por sobrecargas de materiais sobre os transportadores, que foi solucionado com a efetividade da malha de controle implementada e um melhor controle do processo produtivo.

6 Conclusão

Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que a otimização da malha de controle da Usina de Concentração na Unidade de Mina de Fábrica foi implementada corretamente, e consequentemente houve ganhos de produtividade com continuidade no processo de beneficiamento sem interrupções momentâneas e confiabilidade no funcionamento dos equipamentos.

Com a malha de controle otimizada a operação na sala de controle torna-se mais simples, tranquila e segura. O operador da sala de controle não necessita mais realizar o acompanhamento das vazões dos transportadores e também dos limites de carga com total atenção, pois com a implementação da malha de controle o processo tornou-se mais confiável, minimizando as perdas de produção que alguma das vezes não poderia ser evitada pela ação humana.

7 Referências Bibliográficas

Júnia Soares Alexandrino, Adriano Jose de Barros, Cibelle Cristina Martins Silva y Cínthia Alexandre da Silva Dornelas (2017): “Estudo de caso: tecnologias e processos utilizados no tratamento de minérios de ferro de baixo teor”, *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*, (octubre-diciembre 2017). Disponível em:

<http://www.eumed.net/rev/cccss/2017/04/tratamiento-minerios-ferro.html>
<http://hdl.handle.net/20.500.11763/cccss1704tratamiento-minerios-ferro>

Júlia Maria de Carvalho Vale (2014): “Monografia: Estratégias de Controle no Processamento de Minério de Ferro”. Belo Horizonte: UFMG, 2014. Disponível em:
http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/VRNS-9QBMC7/monografia_jv.pdf

Bayer, Fernando Mariano, Olinto César Bassi de Araújo. – 3. ed. (2011): “Curso técnico em automação industrial: controle automático de processos”, Santa Maria: Universidade Federal Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011. 92 p.: il. Disponível em:
http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_automacao/quinta_etapa/controle_automatgico_processos_2012.pdf

<http://www.nebalancas.com.br/produtos-schenck.html>

<https://instrumentacaoecontrole.com.br/densimetro-radiometrico/>

<https://digitrol.com.br/multiranger-100-200-siemens/>

