

JÉSSICA PONTES RANGEL

ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA REDUÇÃO DE
PARTICULADO SUSPENSO DE MINERIO DE FERRO DURANTE O TRANSPORTE
EM VAGÕES DA EMPRESA VALE – MINA DA FÁBRICA

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2020

JÉSSICA PONTES RANGEL

ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA REDUÇÃO DE
PARTICULADO SUSPENSO DE MINERIO DE FERRO DURANTE O TRANSPORTE
EM VAGÕES DA EMPRESA VALE – MINA DA FÁBRICA

Trabalho apresentado ao
Departamento de Engenharia Elétrica do
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
da Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação *Lato sensu* em Automação e
Controle de Processos Agrícolas e
Industriais.

Orientador: Daniel Khéde Dourado Villa

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2020

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. SISTEMA SUPERVISÓRIO	3
2. MATERIAIS E MÉTODOS	3
2.1. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO	4
2.2. ENTENDIMENTO DO PROCESSO REDUÇÃO DE PARTICULADO SUSPENSO DE MINÉRIO DE FERRO DURANTE O TRANSPORTE EM VAGÕES	4
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	5
3.1. CORES E STATUS	5
3.2. NÍVEIS DE ACESSO	5
3.3. TELA PRINCIPAL	6
3.4. TELA DE ALARMES	6
3.5. TELA DE GRÁFICOS DO PROCESSO.....	7
3.6. ELABORAÇÃO DE TAGS.....	7
4. CONCLUSÃO	8
5. AGRADECIMENTOS.....	8
6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
ANEXO	10

ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA REDUÇÃO DE PARTICULADO SUSPENSO DE MINÉRIO DE FERRO DURANTE O TRANSPORTE EM VAGÕES DA EMPRESA VALE – MINA DA FÁBRICA

Jéssica Pontes Rangel¹, Daniel Khéde Dourado Villa¹

¹Departamento de Engenharia Elétrica – ELT;

Universidade Federal de Viçosa – UFV

Viçosa, MG – Brasil

RESUMO

Uma das principais cadeias produtivas do Brasil está associada ao setor de mineração. Contudo, a poluição do ar induzida pelo processo de extração do minério de ferro é responsável por diversos problemas de saúde. Atualmente, o sistema para redução desse tipo de poluição na empresa VALE, mais especificamente em Mina da Fábrica, é acionado manualmente. Sendo assim, o trabalho objetivou a criação de um sistema supervisório que seja capaz de tornar automático o sistema de redução de partículas suspensas de minério de ferro dos trens de transporte da empresa VALE. A proposta possibilitou a concepção de uma interface homem/máquina que permite que o operador do processo possa visualizar e intervir de maneira remota no sistema, melhorando a ergonomia dos trabalhadores.

Palavras-chave: interface homem/máquina, sistema de controle, mineradoras.

1. INTRODUÇÃO

A demanda global por minério de ferro aumentou nos últimos anos, devido ao crescimento de países como a China, Índia e outros emergentes (Carvalho et al., 2014).

O Brasil, no cenário internacional, está entre as cinco maiores economias minerais do mundo, em virtude da diversidade de recursos naturais e depósitos minerais, além da produção de minério (BRASIL-AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2020).

De acordo com o Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030), o setor de mineração representa cerca de 4,3 % de todo o PIB brasileiro e 16,9 % do PIB Industrial brasileiro, visto que o setor está associado a várias outras cadeias produtivas, segundo dados do IBGE (2013).

O faturamento do setor de mineração em 2019 cresceu no país cerca de 39,2%, apesar da tragédia ocorrida em Brumadinho, Minas Gerais, em janeiro do mesmo ano, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2019).

Existem diversas etapas associadas ao processo de mineração, dentre elas, destaca-se o transporte do minério, que pode ser realizado para os locais de beneficiamento, armazenamento, escoamento e, ainda, os portos. Grande parte do transporte é realizado com o auxílio de locomotivas.

O transporte por trens pode promover problemas associados a poluição do ar, visto grande volume de material particulado em suspensão na atmosfera, ocasionado pela desagregação do minério de ferro. O transporte do produto da mineração contribui para a disseminação das partículas para diferentes áreas, influenciando a qualidade do ar e, por conseguinte, a saúde da população (SANTI et al., 2000; SILVA e SOUSA, 2002).

Os particulados advindos do processo de mineração presentes na atmosfera podem afetar, de maneira considerável, a saúde provocando desde desconfortos a problemas sérios do sistema respiratório, como redução da capacidade pulmonar, redução da imunidade, e da capacidade física, dores de cabeça, asma, bronquite e enfisema (ALMEIDA, 1999).

Sendo assim, a VALE utiliza de sistemas que auxiliam a redução dos valores emitidos de particulados de minério de ferro no ar. O sistema, atualmente, utilizado é basicamente de aspersão de mistura de água com aglomerante. Esse agente químico em

contato com a água é responsável por aglutinar os particulados de minério de ferro, formando uma espécie de camada protetora que mantém os particulados finos juntos, impossibilitando a dispersão durante o transporte do minério.

O sistema em funcionamento em Mina da Fábrica, localizada no município de Ouro Preto – MG, atualmente, possui dois tanques, um de aglomerante e outro onde ocorre a mistura com a água, realizada com o auxílio de pás, acionados por um motor. Posteriormente, a mistura, ocorre a aspersão sobre os vagões cheios. A Figura 1 apresenta a dinâmica do processo de aspersão da mistura para redução de particulado suspenso de minério.

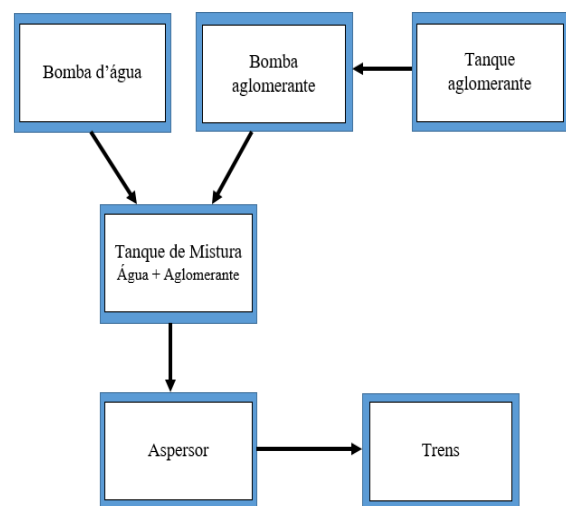


Figura 1. Esquema de funcionamento do sistema de aspersão existente na VALE – Mina da Fábrica.

Todo o processo é realizado por acionamento manual em campo. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi de propor um sistema supervisorizado automatizado do

sistema de condicionamento de particulado de minérios, a fim de garantir a ergonomia para os operadores, diminuindo os riscos de contaminação por parte dos trabalhadores.

1.1. SISTEMA SUPERVISÓRIO

A automação industrial avança constantemente em consequência da necessidade de aperfeiçoar os métodos de controle automatizados e sobrepor os métodos manuais (COSTA, 2011). Os sistemas supervisórios são responsáveis por promover a interação entre homem e o processo/máquina, permitindo que o usuário seja capaz de coletar dados do processo, analisá-los, além de monitorá-los e atuar diretamente com algum controle em nível de supervisão sobre o processo produtivo (MARTINS, 2007).

O SCADA, termo que vem do inglês “*Supervisory Control And Data Acquisition*”, ou Controle Supervisório e Aquisição de Dados, define-se como um sistema de supervisão e controle de um determinado processo de produção ou instalação física, mediante comutação de dados entre uma estação central e uma ou mais unidades remotas, e por meio de dispositivos de campo que empregam tecnologias computacionais (SILVA e SLAVADOR, 2005).

O sistema supervisório é responsável pela aquisição de informações

sobre os estágios do processo. Esses dados coletados, bem como, as informações adquiridas por sensores são manipuladas, analisadas, armazenadas e, posteriormente podem ser apresentadas ao operador de diferentes modos: gráficos, relatórios ou banco de dados (COELHO, 2010).

O sistema supervisório permite a realização de operações de comando e controle direto em atuadores e equipamentos automaticamente sobre o sistema em diferentes situações impostas pelo próprio supervisório (AZEVEDO, 2013). IEEE (2008) elucida que essa interação entre o sistema supervisório e o processo supervisionado exige diálogo contínuo por parte do projetista.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração de um sistema supervisório exige o entendimento das etapas do projeto de construção de uma Interface Homem/Máquina (IHM). Diversos autores como Cábus et al. (2004), Reyes (2007), IEEE (2008) e Preduzzi (2014) apresentam um conjunto de diretrizes que devem ser empregadas para a construção de um sistema supervisório eficiente.

2.1. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO

O sistema supervisório foi elaborado de acordo com os procedimentos descritos por Pedruzzi (2014). O autor aponta nove etapas fundamentais para a elaboração de um sistema supervisório, sendo essas: compreensão do processo; coleta de dados (fatores); planejamento do banco de dados; criação de alarmes; organização de hierarquia de telas de navegação; *layout* das telas; gráficos de tendência; planejamento de um sistema de segurança e padrão industrial.

Entretanto, no supervisório deste estudo não foram utilizadas todas as etapas citadas pelo autor, uma vez que não foi percebida a necessidade de utilização de todas citadas.

2.2. ENTENDIMENTO DO PROCESSO REDUÇÃO DE PARTICULADO SUSPENSO DE MINÉRIO DE FERRO DURANTE O TRANSPORTE EM VAGÕES

Algumas soluções têm sido projetadas com a finalidade de diminuir os níveis de agregados suspensos nos vagões que transportam minério de ferro, visto os efeitos nocivos à saúde dos trabalhadores ocasionados por esse problema. Deste

modo, segue as informações sobre as etapas do sistema supervisório automatizado de vagões que será distribuído em duas etapas.

A primeira etapa do sistema automático é composta por dois tanques, um com aglomerante e outro com mistura (água mais aglomerante). Neste último, existe um misturador, acionado por motor elétrico. Ambos os tanques são equipados com sensores de nível, para indicação de necessidade de reposição de material, realizada por bombas.

O tanque de mistura só é alimentado se há material no tanque do aglomerante, visto que a alimentação de água é realizada de forma direta para o tanque de mistura com o auxílio de uma bomba. Sendo assim, o aglomerante é bombeado para o tanque de mistura ao mesmo tempo que a água.

Na unidade de mistura é imprescindível que o misturador esteja funcionando “sempre”, por possíveis problemas de acúmulo no reservatório e na tubulação de acionamento.

A mistura deve ser aspergida sobre cada vagão, a fim de formar uma camada protetora, impedindo, assim, a suspensão de particulados finos de minério de ferro. Dessa forma, existe a necessidade de que o sistema reconheça a presença dos vagões, bem como, possa ser capaz de indicar o lançamento da mistura sobre todos os vagões.

A presença dos vagões e, conseqüentemente, a aspersão da mistura, são auxiliadas por sensores de presença que indicam a necessidade de início e término da tarefa.

Utilizando o sistema supervisório SCADA a ser implementado, o processo inteiro poderá ser controlado por um operador de maneira remota, o que garante maior segurança aos operadores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de programas que auxiliam na interação homem/máquina, como o SCADA, permite que sejam executadas alterações e ajustes diretamente no sistema supervisório, sem a necessidade de alterações na rotina do CLP, ação normalmente realizada pelo programador.

Além disso, a velocidade na tomada de decisões, como realização de manutenções e melhorias no projeto, aumenta devido a um maior conhecimento e controle do sistema em tempo real, sem a necessidade de parada do processo.

3.1. CORES E STATUS

A fim de estabelecer um padrão e, conseqüentemente, facilitar a visualização e entendimento do funcionamento do processo no supervisório, foram indicadas diferentes cores para sinalizar, de maneira

mais assertiva, cada situação definida. As cores utilizadas foram definidas da seguinte forma:

Vermelha – indicação de emergência;
Verde – acionamento;
Preta – parada ou desligamento;
Azul – processo.

3.2. NÍVEIS DE ACESSO

Para a maior segurança referente as informações do processo, foram determinados diferentes níveis de acesso, considerando a hierarquia dos funcionários e, assim, a disponibilidade do conteúdo que cada um pode obter.

Deste modo, no supervisório do estudo foram definidos dois tipos de usuários padrões que possuem acesso ao sistema supervisório. Cada um possui um limite de acesso estabelecido aos dados, considerando suas respectivas funções. Isso também se mostra importante quanto ao controle de acessos, visto que, pelo programa é sabido quem acessou as informações e a que horas.

Para o SCADA elaborado, foram criados arbitrariamente dois usuários: operador (Login: joao; Senha:123456), e supervisor (Login: jorge; Senha:123456).

O usuário operador possui permissão aos acionamentos e interferências nos elementos disponíveis na

aba principal do sistema supervisorio. Já, o usuário supervisor tem autonomia de acesso a todas as telas, logo, esse usuário pode interferir, controlar e acessar todas as informações e especificidades do processo. A Figura 2 apresenta o modelo de *faceplate* contento a tela de entrada dos usuários.

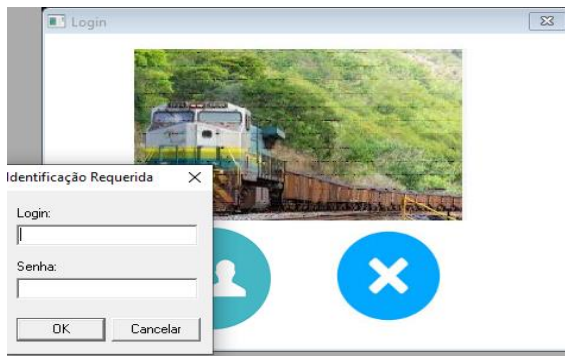


Figura 2. Tela Login.

3.3. TELA PRINCIPAL

Na Figura 3 é possível observar a interface proposta para a tela principal do supervisorio. Nesta tela o operador poderá visualizar o funcionamento do processo, além de verificar quantidade de trens e tempo de aspersão do trem. Além disso, poderá visualizar os últimos alarmes e as possíveis intervenções que deverão ser realizadas.

O operador, ainda, poderá intervir de maneira direta em ações do processo, caso ocorra necessidade. Ainda, caso seja preciso, o operador será capaz de navegar para as outras telas através dos botões do menu, localizados no canto superior direito.



Figura 3. Tela Principal e detalhamento das etapas do processo.

Na Tela inicial, os ícones do menu trazem o de geração de relatórios. Estes podem ajudar, posteriormente, na tomada de decisões com relação ao processo. Detalhamento das Figura 3, 4 e 6 são apresentadas em Anexo.

3.4. TELA DE ALARMES

O controle do processo de redução de poluentes foi realizado com o auxílio e gerenciamento de alarmes, com a finalidade de indicar situações que possam se tornar danosas ao sistema.

Na Figura 4 é apresentado a tela de alarmes. Esta tela apresenta os alarmes com diferentes cores com a finalidade de visualização da hierarquia de funções, além de facilitar a comparação entre dados, bem como, plotar e/ou armazenar dados dos alarmes para futuros diagnósticos.

Os dados referentes aos alarmes possibilitam a especulação e avaliação de problemas, que por sua vez possam

demandar reparos e ajustes na operação do sistema.



Figura 4. Tela de Alarmes

3.5. TELA DE GRÁFICOS DO PROCESSO

O controle e entendimento das variáveis associadas ao processo de redução de particulados foi feita por meio de gráficos de tendência. Esses diagramas apresentam de forma rápida e ilustrativa o desempenho das variáveis do processo, o que se mostra valioso na tomada de decisões. Com o uso do sistema supervisor os dados presentes nos gráficos de tendência podem ser armazenados para análises posteriores.

A Figura 5 refere-se aos gráficos de trens limpos e de tendência de tempo para aspersão da mistura (aglomerante mais água), variáveis essas associadas ao entendimento e melhorias do processo.

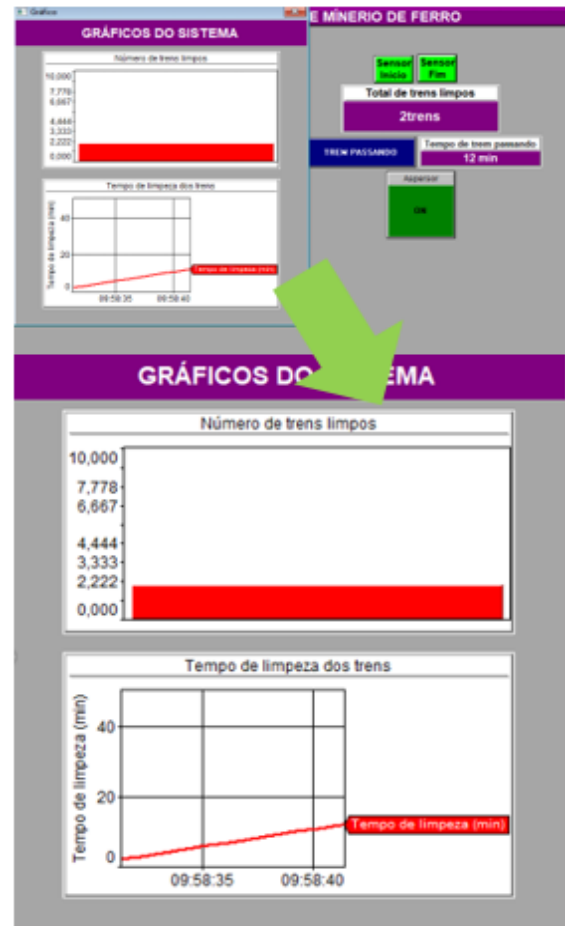


Figura 5. Tela dos Gráficos.

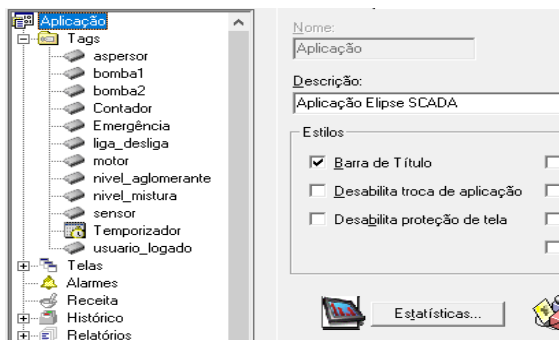
Os gráficos anteriores (Figura 5) mostram o funcionamento do sistema, na seguinte situação: ocorreu a limpeza de um trem; o tempo, em minutos, decorrido já foi mensurado para este; e no momento é exibido o incremento da contagem do segundo trem e do tempo transcorrido para a limpeza do mesmo.

3.6. ELABORAÇÃO DE TAGS

Neste trabalho, as *tags* representam às diversas variáveis do processo responsáveis por estabelecer a ligação entre o CLP e o sistema físico. O

software SCADA assessora o reconhecimento dos diferentes tipos de *tags*, e assim, estabelece a hierarquia e os comandos que devem ser executados pelo CLP.

Conforme os valores apresentados pelas *tags*, é possível mostrar aos usuários do sistema supervisorio as informações atribuídas ao processo estudado. A Figura 6 apresenta todas as *tags* criadas para atender as especificações desse projeto.



Tela 6. *Tags* do processo.

4. CONCLUSÃO

A proposta de sistema supervisorio realizada neste estudo, possibilitou o monitoramento completo do processo de aspersão de mistura para redução de particulado suspenso em vagões da empresa VALE.

Além disso, o supervisorio elaborado permite que a atuação ocorra de maneira remota, reduzindo a exposição dos trabalhadores aos efeitos nocivos dos particulados suspensos e garantindo, desta maneira, melhor ergonomia aos mesmos.

Deve-se destacar a necessidade de testar o supervisorio *in loco*, para averiguar a qualidade e necessidades de melhorias do sistema supervisorio proposto.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores envolvidos no curso de Pós-graduação em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais. Em especial ao orientador Daniel pela assistência e paciência.

6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, I. T. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. São Paulo, 1999. 194 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

AZEVEDO, P. K. C. **Desenvolvimento de um sistema supervisorio e lógicas de CLP no ambiente de Geração de Energia**. 92f, 2013. Monografia (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação) – Departamento de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC, 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais**

Substâncias Metálicas. Brasília: ANM, 2020. 35 p.

CABÚS, J. R.; NAVARRETE, D. G.; PORRAS, R. P. **Sistemas SCADA.** Miniproyecto Automatización Industrial. Especialidad (Electrónica Industrial). Escola Politècnica Superior d' Enginyeria de Vilanova i La Geltrú. Universitat Politècnica de Catalunya. 2004.

CARVALHO, P. S. L.; SILVA, M. M; ROCIO, M. A. R.; MOSZKOWICZ, J. **Minério de ferro.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 39, p. 197-233, mar. 2014.

COELHO, M. S. **Apostila de Sistemas Supervisórios.** Curso superior de tecnologia em automação e controle de processos industriais contínuos. Instituto federal de educação, ciência e tecnologia de São Paulo campus Cubatão, 2010.

COSTA, M. S. **Otimização de posicionamento de nós roteadores em redes de comunicação sem fio, aplicadas em automação industrial.** 2011. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.

PIA: Pesquisa industrial anual: empresa e produto. Rio de Janeiro, 2013.

IEEE Standard for SCADA and Automation Systems, IEEE Power Engineering Society, 2008.

MARTINS, G. M. **Princípios de automação industrial.** Notas de aula. Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

PEDRUZI, G. O. L. **Controle de nível de tanques conectados utilizando CLP CLIC-02 Elipse SCADA.** 62f, 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG, 2014.

REYES, D. A. H. **Las telecomunicaciones aplicadas a los procesos productivos de petróleos mexicanos.** México, 2007.

SILVA, A. P. G.; SALVADOR, M. **O que são sistemas supervisórios?** Elipse, 2005.

SILVA, M. G. S.; SOUZA, M. R. G. **Itabira – Vulnerabilidade Ambiental: Impactos e riscos socioambientais advindos da mineração em área urbana.** In: Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2002, Ouro Preto, Minas Gerais. 17p.

ANEXO

Figura 3. Tela Principal e detalhamento das etapas do processo.

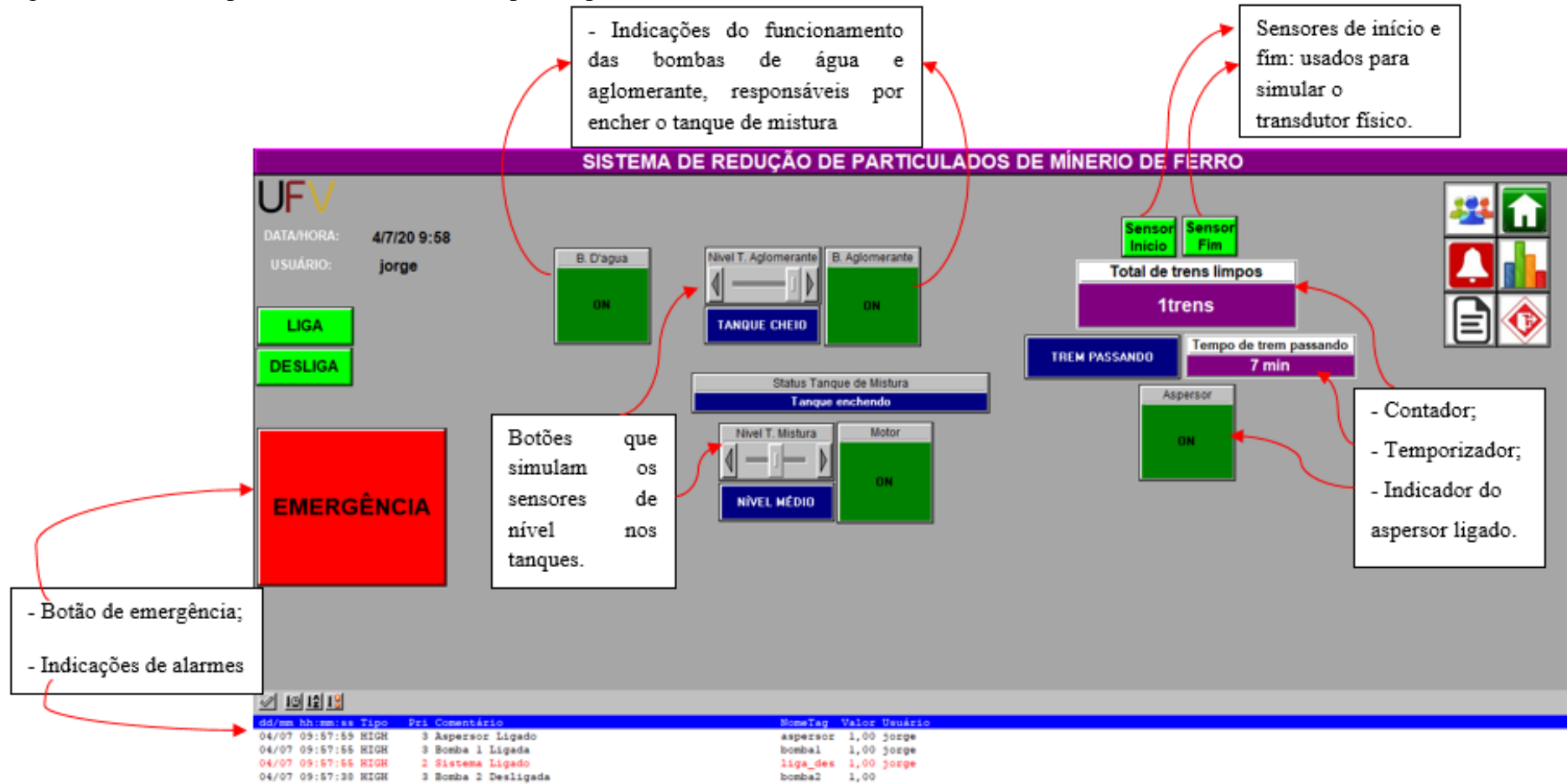


Figura 4. Tela de Alarmes.

SISTEMA DE REDUÇÃO DE PARTICULADOS DE MINÉRIO DE FERRO HISTÓRICO DE ALARMES

UFV

DATA/HORA:

USUÁRIO:

Histórico de Alarmes

dd/mm	hh:mm:ss	Tipo	Pri	Comentário	NomeTag	Valor	Usuário
03/07	13:39:59	HIGH	3	Bomba 2 Desligada	bomba2	0,00	
03/07	13:39:59	LOW	3	Aspersor Desligado	aspersor	0,00	
03/07	13:39:59	LOW	3	Bomba 1 Desligada	bomba1	0,00	
03/07	13:39:59	LOW	2	Sistema Desligado	liga_des	0,00	
03/07	13:39:59	LOLO	1	Suspender operação	nivel_ma	0,00	

Figura 6. Tags do processo.

