

SISTEMA DE EVENTOS DE QUALIDADE PARA UM LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE

Fernando José Martinelli ¹

Luciano Milanez Mazzi ¹

Ricardo Souza Mendonça de Lima ²

Marco Antonio Barbosa Sena ³

Geraldo Martins de Andrade ⁴

Anderson Esteves Bragança ⁵

Mauro Miranda de Castro ⁶

Ângelo Campos Moreira ⁷

Resumo

Este artigo apresenta o Sistema de Eventos de Qualidade do Laminador de Tiras a Quente da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão). O conceito de Evento de Qualidade representa uma visão pró-ativa do processo de avaliação da qualidade de um produto, evidenciando situações que podem influenciar negativamente em sua qualidade. O sistema consiste basicamente num software de aquisição e tratamento de dados com a finalidade de identificar os eventos de qualidade ocorridos durante a laminação de uma Bobina a Quente (BQ). O artigo discute os conceitos envolvidos no desenvolvimento, apresenta a arquitetura adotada e sua intercorrelação com os níveis de automação adotados na Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão). Discute ainda o seu desenvolvimento e por fim apresenta algumas das funcionalidades presentes no sistema e alguns dos resultados já alcançados.

Palavras-chave: Laminador de tiras a quente; Qualidade.

QUALITY EVENTS SYSTEMS FOR A HOT STRIP MILL

Abstract

This paper presents the Quality Events System from the Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão) Hot Strip Mill. The Quality Event concept represents a pro-active vision for the quality evaluation process which highlights situations that may influence in the final product quality. This system consists in a software system that acquires and process the production data in order to identify quality events that had happened during a hot strip production. The paper presents the concepts involved in the system development, presents also the adopted architecture and its correlation with the automation levels adopted in the Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão) structure. It also discusses about the development phase and presents some of the systems functionalities and some of its application results.

Key words: Hot strip mill; Quality.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta o Sistema de Eventos de Qualidade desenvolvido para o Laminador de Tiras a Quente da Companhia Siderúrgica de Tubarão. O conceito de Evento de Qualidade representa uma visão pró-ativa do processo de avaliação da qualidade de um produto, neste caso uma bobina produzida a quente. Assim um Evento de Qualidade indica uma situação ocor-

rida durante a laminação de uma bobina a quente (BQ) que pode influenciar negativamente em sua qualidade. Ele não representa diretamente uma deficiência de qualidade do material produzido, mas sim uma constatação oriunda do processo produtivo que alerta, aos responsáveis pela avaliação da qualidade, para a necessidade de uma ponderação sobre os efeitos desta constatação na qualidade requerida pelo cliente.

O conceito de Evento de Qualidade não é novo. Ele é aplicado a alguns anos dentro mesmo da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão), no processo de produção dos

¹ Especialista em Automação - CST

² Especialista em Automação - IHM

³ Especialista em Controle Integrado de Produtos - CST

⁴ Especialista em Controle Integrado de Produtos - GMA

⁵ Analista de Sistemas - CST

⁶ Especialista em Manutenção Elétrica - CST

⁷ Especialista em Laminação a Quente - CST

Lingotamentos Contínuos. Assim, surgiu a idéia de aplicar este conceito também na avaliação de bobinas laminadas a quente.

Inicialmente investigou-se a adoção de tal conceito em outras usinas. Apesar de haver indícios do uso, não foi possível comprovar este uso dentre as usinas contatadas. Investigou-se também o que as empresas fornecedoras possuíam a respeito e identificou-se apenas um fornecedor que possuía um software com características similares as necessárias para o desenvolvimento do conceito. Contudo, tal software não se mostrou promissor para ser aplicado na realidade da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão). Assim, decidiu-se desenvolver internamente o Sistema de Eventos de Qualidade do Laminador de Tiras a Quente da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão).

O Sistema de Eventos de Qualidade consiste em um software de aquisição e tratamento de dados com a finalidade de identificar eventos ocorridos durante a laminação de uma bobina a quente (BQ), registrando-os e reportando-os ao sistema de julgamento de qualidade e aos técnicos de controle integrado de processo.

2 ARQUITETURA

Um elemento que influenciou fortemente a definição do escopo de atuação do sistema foi a constatação da possibilidade de tratamento diferenciado que pode ser dada a diferentes classes de Eventos de Qualidade. Duas classificações de eventos são indicadas abaixo:

2.1 Eventos de Processo ou Eventos Associados ao Pedido

Em nossa visão é possível haver eventos associados única e exclusivamente ao processo produtivo, ou eventos resultantes de demandas do cliente. Sendo assim, pode-se ter:

- eventos de processo - Ocorrem para qualquer tipo de material laminado, independente do pedido em que este está associado. Dependem única e exclusivamente do processo operacional. Exemplo: Bobina produzida após troca de cilindro - Pode gerar mais carepa, seja qual for a bobina produzida, seja qual for seu cliente; e
- evento associado ao pedido - Ocorrem em função de algum resultado de processo que não está adequado em relação à instrução de laminação do mesmo. Exemplo: Temperatura de bobinamento fora da faixa solicitada pelo cliente - pode estar adequada para outro cliente.

2.2 Eventos Fixos ou Eventos Tratáveis

Outra consideração observada no que diz respeito a eventos foi a possibilidade de um evento ser ou não removido, gerando a classificação indicada abaixo:

- eventos fixos - Indicam um problema ocorrido com uma bobina que não pode ser eliminado por algum processo suplementar de tratamento da mesma. Exemplo: Bobina de abertura de instrução. Será sempre uma bobina de abertura; e
- eventos tratáveis - Podem ser eliminados em função de algum tratamento subsequente a ser aplicado à bobina.

Exemplo: Desvio de largura na cabeça. Pode ser eliminado pelo corte de parte do material.

Este tipo de classificação sugeriu que a arquitetura do sistema deveria permitir a modificação dos eventos atribuídos a uma bobina logo após a sua produção no LTQ.

A Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão) adota em seus sistemas de automação uma filosofia baseada em diferentes níveis. Neste sistema considerou-se o uso dos níveis 1, 2 e 3. O nível 1 consiste diretamente nos sistemas aquisição de dados e controle dedicados, em geral baseados em PLCs. O nível 2 consiste nos sistema de otimização, baseado em computadores de processo, com uma visão mais ampla do processo e responsável por definir os setups de operação para os sistemas de nível 1. O nível 3 consiste nos sistemas de planejamento e controle da produção e são responsáveis por definir o material a ser produzido e registrar os resultados finais do processamento deste material. Diante desta filosofia, a arquitetura inicial com a qual trabalhávamos era a indicada abaixo, ou seja:

- os sistemas de nível 1 seriam os responsáveis por suprir os sistemas nível 2 com os dados operacionais diretamente coletados dos equipamentos de medição. Ocasionalmente, dependendo do tipo de evento, o nível 1 poderia inclusive enviar a indicação do evento detectado; e
- os sistemas de nível 2 seriam os responsáveis por realizar o tratamento nos dados enviados pelo nível 1 gerando dados operacionais mais estruturados e com características úteis ao suporte a decisão para geração dos eventos. Através da análise destes dados seria possível o nível 2 realizar a definição de novos eventos de processo. Estes dados e eventos de processo seriam enviados, então, aos sistemas de nível 3 para armazenamento de longo prazo e uso do sistema de julgamento.

Com relação aos eventos de pedido foi, então, requerida uma decisão estratégica. A primeira hipótese estudada seria realizar a geração em um sistema intermediário (o qual foi chamado naquele instante de nível 2,5). Esta solução estava diretamente vinculada à possibilidade de se adquirir uma ferramenta já disponível no mercado que permitisse a geração dos eventos. Esta solução acabou sendo descartada em função da pouca disponibilidade de ferramentas disponíveis, diretamente, para uso em sistema de laminação com estas características e,

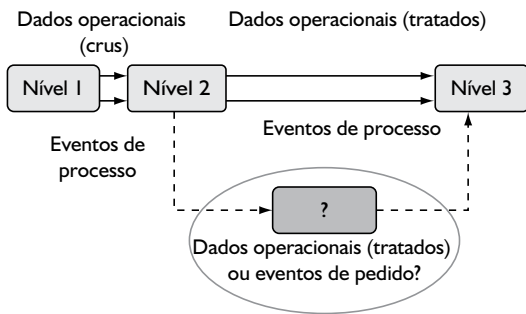


Figura 1. Arquitetura genérica de geração de eventos.

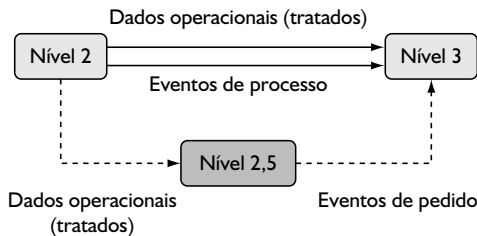


Figura 2. Arquitetura de geração de eventos baseado em sistema "standalone".

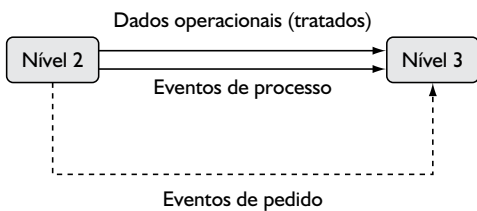


Figura 3. Arquitetura com geração de eventos de pedido no nível 2.

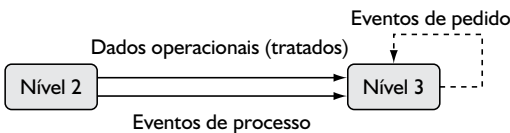


Figura 4. Arquitetura com geração de eventos de pedido no nível 3.

em função desta requerer um grande esforço de desenvolvimento de interfaces.

Descartada a hipótese anterior, passou-se a considerar as arquiteturas indicadas abaixo. Na primeira os eventos de pedido seriam diretamente gerados no nível 2 e enviados ao nível 3. Na segunda os eventos de pedido seriam diretamente gerados no nível 3.

A primeira arquitetura tem como principal vantagem a geração imediata, em tempo de laminação dos eventos de pedido e a disponibilização de tais eventos diretamente para os operadores para avaliação de necessidades de intervenção no processo. A segunda arquitetura tem como vantagem a possibilidade de realizar a alteração posterior dos eventos de pedido, em um caso de reaproveitamento do produto para outro cliente.

Diante destas duas arquiteturas optou-se por utilizar a primeira delas, com a geração dos eventos de produto diretamente no nível 2. Foram fundamentais nesta decisão a consideração da necessidade de manutenção do histórico dos eventos para uma bobina, a necessidade de análise direta pelos especialistas para reaproveitamento do material, e, principalmente, a realimentação rápida de desvios para o processo produtivo.

3 DEFINIÇÃO DOS EVENTOS DE QUALIDADE

A definição dos eventos a serem gerados foi realizada por um grupo composto por membros das equipes responsáveis pelo desenvolvimento do sistema nos níveis 1, 2 e 3 e pelos usuários finais do sistema representados pela equipes de operação do laminador e análise metalúrgica do produto. Esta equipe definiu um total de 87 eventos.

Cada um dos eventos pode ter um processo de geração diferenciado, caracterizando-se por:

- eventos automáticos - São gerados diretamente com base nos dados capturados durante o processo de laminação. O Sistema de Eventos de Qualidade os detecta e os registra associando-os a bobina produzida sem a intervenção do homem. A maior parte dos eventos é gerada desta forma;
- eventos manuais - Advêm de alguma observação direta dos operadores e são inputados por estes no sistema de eventos de qualidade através de uma interface apropriada. Um exemplo deste evento é a detecção de carepa aderida ao esboço. Evento que, hoje, só pode ser gerado pela observação do operador; e
- suporte a geração de eventos pelo nível 3 - Alguns eventos não podem ser gerados diretamente no nível 2, devido ao seu instante de captura; no entanto, em alguns casos, o nível 2 fornece ao nível 3 dados que permitem a geração do evento. Um exemplo disto é o evento BQ's de final de instrução, cujo cilindro apresenta desgaste irregular. As informações usadas na geração deste evento só estão disponíveis algum tempo depois de a bobina ser produzida (após a troca de cilindros). Assim, o nível 2 apenas informa os dados ao nível 3, que gera o evento para as bobinas.

4 PROCESSAMENTO DOS EVENTOS

Os eventos podem surgir em qualquer dos 3 níveis de controle.

Assim, o nível 1 gera, diretamente, alguns eventos aos quais ele envia ao nível 2. Por outro lado, ele também envia dados que permitem a análise dos eventos gerados e, também outros dados que permitem ao nível 2 gerar seus próprios eventos. Os dados e eventos do nível 1 são enviados ao nível 2, imediatamente após a sua captura.

No nível 2 é gerado o maior número de eventos. Tais eventos podem ser gerados com base em dados capturados do nível 1 ou com base em dados próprios presentes no nível 2. Os eventos e dados recebidos do nível 1 e os dados e eventos gerados pelo nível 2, são, também, armazenados temporariamente no nível 2, ficando o armazenamento de longo prazo no nível 3.

Tabela I. Distribuição de quantidade de eventos por área do laminador.

Área a que o evento está relacionado	Quantidade de eventos	Exemplo de evento
Programação de instruções	5	Quilometragem de laminação na instrução fora do especificado
Forno de reaquecimento	6	Tempo de forno acima do padrão
Descarepação	2	Baixa pressão de descarepação
Desbaste	10	Alteração do número de passes previstos de redução
Coil Box	3	Tempo de oscilação na coil box acima do previsto
Trem acabador	37	BQ's anteriores a troca não programada de cilindros por marca / desgaste
Mesa de resfriamento	6	Chuveiros desabilitados no Resfriamento
Bobinadeira	5	BQ's com uso de Track Spray fora do especificado
Outros	13	Ocorrência detectada pelo Parsytec.
Total	87	

O envio de informações ao nível 3 pode se realizar em dois instantes. Os eventos automáticos são enviados logo ao final do processamento da bobina. Contudo, os eventos manuais e os dados de suporte a geração de eventos pelo nível podem não estar disponíveis logo ao fim do processamento da bobina. Assim, desenvolveu-se uma interface onde um operador indica o fim do preenchimento dos dados manuais e envia tais dados para o nível 3. Existe, ainda, um mecanismo que, caso o operador demore muito a finalizar o preenchimento dos dados da bobina, realiza, automaticamente, este fechamento e o envio para o nível 3.

No nível 3 há também a geração de alguns eventos. Primordialmente, os eventos gerados pelo nível 3 são aqueles onde existe alguma impossibilidade de geração no nível 2.

5 DESENVOLVIMENTO

Com relação ao desenvolvimento do sistema, houve um esforço e uma estratégia diferenciada nos vários níveis de automação. O nível 1 possuía a maioria das informações necessárias para a geração de eventos já coletadas e sendo enviadas para os sistemas de nível 2. Assim, o esforço de desenvolvimento foi reduzido, concentrando-se na viabilização da coleta de dados de alguns eventos específicos. Todo o desenvolvimento foi realizado diretamente pelo pessoal da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão).

O desenvolvimento no sistema de nível 2 foi o que demandou o maior esforço dentro do projeto. Com a decisão de adotar a arquitetura indicada, anteriormente, na Figura 3, optou-se por desenvolver o sistema com uma funcionalidade integrada ao sistema de gerenciamento da linha principal do LTQ. Esta decisão eliminou a necessidade de criação de estruturas de comunicação e troca de informações complexas e, ainda, pode tirar proveito de outras funcionalidades já existentes neste sistema, como por exemplo o sistema de classificação de bobinas do LTQ (*Coil Classify*).⁽¹⁾ Houve, assim, uma concentração do desenvolvimento das atividades na lógica específica de geração de cada um dos eventos e na criação da infra-estrutura, para permitir o processamento, armazenamento temporário e visualização em tempo de laminação dos eventos gerados.

O desenvolvimento dos sistemas de nível 3 representou um esforço intermediário. O foco do desenvolvimento foi na criação da estrutura de armazenamento de longo prazo, para consulta dos especialistas de avaliação de qualidade do material. Os desenvolvimentos dos sistemas de nível 2 e 3 foram realizados por empresas

parceiras, com base na especificação técnica gerada pela Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão).

O desenvolvimento do sistema ocorreu num período de sete meses (envolvendo período de contratação), com as implantações fazendo uso das paradas programadas do laminador. Após o período de desenvolvimento, iniciou-se um período de avaliação dos resultados gerados. O sistema foi disponibilizado para os especialistas de controle integrado de processo, que passaram a avaliar a eficácia da informação gerada por cada um dos eventos e a propor ajustes nos mesmos, para ser mais representativos de situações que precisavam ser consideradas. O sistema está hoje já disponibilizado para consulta pela Operação do laminador.

6 FUNCIONALIDADES DO SISTEMA

A funcionalidade mais utilizada é a de visualização dos eventos gerados. Nesta tela, o usuário pode selecionar o turno específico de produção que ele quer analisar e, observar os eventos que foram gerados para todas as bobinas produzidas naquele turno. A Figura 5 apresenta esta tela.

Em algumas situações, o usuário pode precisar ver em mais detalhes os eventos gerados para uma específica bobina. A Figura 6 apresenta uma janela disponível no sistema, onde o usuário tem acesso a estes detalhes.

Nesta tela é, ainda, possível consultar os dados que foram usados para se tomar a decisão da geração de um evento específico. Clicando-se sobre cada um dos eventos, uma janela auxiliar é apresentada com a informação que deu origem ao evento. Na Figura 7, apresenta-se uma tela com o detalhe dos dados gerados para um evento.

Diante desta perspectiva de permitir ao usuário analisar mais profundamente detalhes da bobina, foi disponibilizado na mesma interface uma tela onde é possível consultar os dados de medição de qualidade realizados para a bobina desejada, como mostra a Figura 8.

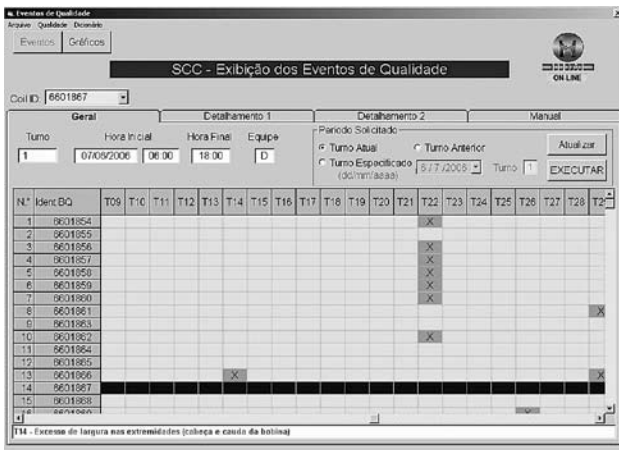


Figura 5. Tela de visualização dos eventos gerados por turno (nível 2).

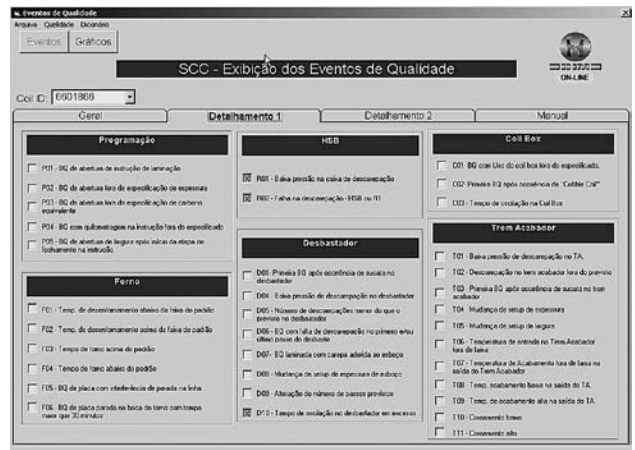


Figura 6. Tela de detalhes de eventos gerados para uma determinada bobina.

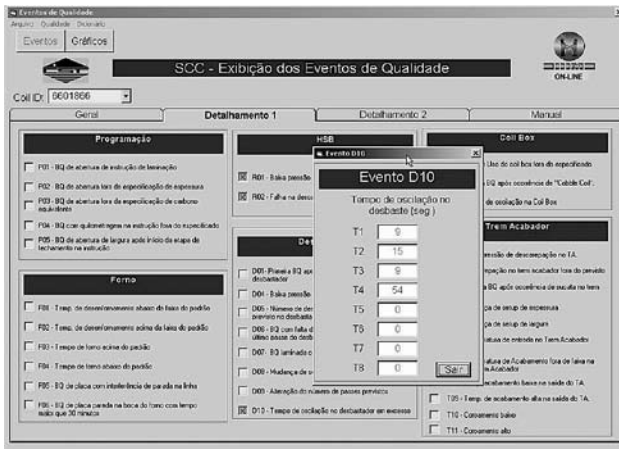


Figura 7. Tela com detalhe dos dados usados para a geração de um evento.

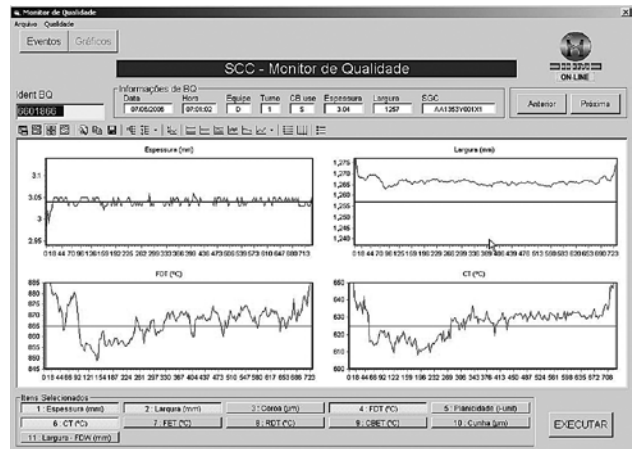


Figura 8. Tela com detalhe de dados de qualidade da bobina analisada.

7 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

De fato o desenvolvimento deste sistema se integra em um projeto maior dentro do planejamento da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão). O objetivo final é cobrir todo o processamento de bobinas da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão) com sistemas equivalentes a este e, a partir daí, usar tais eventos para influenciar diretamente no sistema de julgamento das bobinas produzidas na Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão). Este projeto constitui-se de 3 grandes fases:

- 1) implantação dos eventos de qualidade na área do laminador de tiras a quente da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão);

- 2) implantação dos eventos de qualidade na área das linhas de acabamento da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão); e
- 3) uso dos eventos no sistema de julgamento da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão).

A primeira das fases está praticamente concluída. Para sua conclusão estão sendo identificados novos eventos que serão em breve acrescidos aos 87 já existentes. Logo após a inclusão destes eventos, a fase 2 será iniciada. Apesar disto e em função do atual nível dos eventos, algumas ações já estão também sendo tomadas no ajuste do sistema de julgamento.

8 RESULTADOS E CONCLUSÃO

O objetivo inicial do projeto já foi plenamente alcançado, com a geração dos eventos relativos ao laminador de tiras a quente da Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão).

Alguns dos efeitos esperados já têm sido visualizados com o suporte dado aos especialistas de análise de qualidade na avaliação do impacto de situações específicas na qualidade do material produzido.

Entretanto um interessante efeito colateral tem sido observado. A ferramenta tem demandado um crescente interesse por parte dos próprios especialistas no processo produtivo. Através dela têm sido possível identificar causas de problemas, para os quais a mesma não foi diretamente planejada, ajudando a melhorar diretamente o processo produtivo.

REFERÊNCIAS

- I SILVA, C. N.; MARTINELLI, F. J.; FAGUNDES JÚNIOR, J.; AMORIM, L. R. A.; DE JESUS, R. E. O sistema de classificação da qualidade de bobinas laminadas a quente da CST. In: SEMINÁRIO DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSO, 8., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: ABM, 2004. ICD.

Recebido em: 26/03/07

Aceito em: 29/05/07

Proveniente de: SEMINÁRIO DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS, 10., 2006, Belo Horizonte. São Paulo: ABM, 2006.

Agradecimentos

O grupo responsável pelo desenvolvimento do sistema agradece a Companhia Siderúrgica de Tubarão (ArcelorMittal Tubarão) e ao seu corpo gerencial o suporte ao desenvolvimento do sistema em todas as suas fases.

Cabe ainda um agradecimento especial ao Sr. Hiroyuki Hirata pela sua contribuição na fase de definição do sistema e ao Sr. Welington Luis Soares na fase de implantação.