

UM CASO DE SUCESSO NO RASTREAMENTO EM TEMPO REAL PEÇA A PEÇA NAS LINHAS DE LAMINAÇÃO, AJUSTAGEM, TRATAMENTO TÉRMICO E LINHAS ACABADORAS DA VSB¹

Turíbio Tanus Salis²
Andre Ribeiro Almeida³
Marcelo Vale Ferreira Menezes⁴
Tiago de Lima Pereira⁵
Cadson Alexandre Alves⁶
Vladimir de Miranda Lopes⁷
Anderson Reis Nascente⁸

Resumo

A capacidade de identificar um produto ao longo das diferentes etapas de seu processo de fabricação e a capacidade de recuperar a história do seu processo produtivo, conhecendo onde, quando e como cada atividade do processo ocorreu, são fatores de fundamental importância para a garantia da qualidade. A importância da rastreabilidade do processo é ainda mais crítica para uma fábrica de tubos de aço sem costura cuja garantia da qualidade de seus produtos pode evitar desastres e prejuízos de várias dimensões. Este trabalho busca apresentar as ferramentas e as técnicas utilizadas no desenvolvimento dos Sistemas de Tracking da Produção e Garantia da Qualidade, que são responsáveis pelo acompanhamento peça a peça da produção, regulação dos equipamentos e PLCs, decisão de destinos, bloqueios de equipamentos, detecção de paradas e coleta de dados ao longo de todo o processo produtivo nas linhas de Laminação, Ajustagem, Têmpera e Linhas Acabadoras da VSB.

Palavras-chave: Material tracking system; Nível 2; Rastreamento da produção; Garantia da qualidade.

A SUCCESSFULLY CASE OF PIECE TO PIECE ONLINE TRACKING IN THE ROLLING MILL, ADJUSTMENT, HEAT TREATMENT AND FINISHING LINES AT VSB

Abstract

Being able to identify certain product throughout the various stages of its manufacturing process, being able to recover the products production process history, knowing where, when and how each process activities occurred, are all key factors for quality assurance. The importance of process traceability is even more critical for a seamless steel tubes factory, which quality assurance of their products can prevent disasters and losses of various dimensions. This paper aims to present the tools and techniques used during the development of the VSB's quality assurance and production tracking systems. These systems are responsible for piece to piece production monitoring, equipments and PLCs tuning, pieces destination decision, equipments blockages, stoppages detection (downtime) and for collecting data throughout the entire production process in Rolling Mill line, Adjustment, Quenching and Tempering and finishing lines at VSB.

Key words: Material tracking system; Level 2; Production tracking; Quality assurance.

¹ *Contribuição técnica ao 17º Seminário de Automação e TI Industrial, 24 a 27 de setembro de 2013, Vitória, ES, Brasil.*

² *Analista de Sistemas de Informação. Msc. Analista de Automação. VSB – Vallourec e Sumitomo Tubos do Brasil. Jeceaba, MG, Brasil.*

³ *Eng.de Controle e Automação. MBA. Vallourec e Sumitomo Tubos do Brasil. Jeceaba, MG, Brasil.*

⁴ *Eng. de Controle e Automação.PMP.Gerente de Sistemas Industriais. Vallourec e Sumitomo Tubos do Brasil. Jeceaba, MG, Brasil.*

⁵ *Eng.de Controle e Automação. Vallourec e Sumitomo Tubos do Brasil. Jeceaba, MG, Brasil.*

⁶ *Eng.de Controle e Automação. MBA. Vallourec e Sumitomo Tubos do Brasil. Jeceaba, MG, Brasil.*

⁷ *Eng. Mecatrônica. Techsteel Sistemas Especiais. Belo Horizonte, MG, Brasil.*

⁸ *Eng. de Controle e Automação. Techsteel Sistemas Especiais. Belo Horizonte, MG, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

A rastreabilidade dos produtos em tempo de execução ao longo da cadeia produtiva é crucial para o controle e a garantia da qualidade. Para auxiliar a tarefa de rastrear a produção em linhas de conformação mecânica, linhas de ajustagem, acabamento e tratamento térmico, usualmente adota-se sistemas denominados Sistemas de Rastreamento, ou às vezes conhecidos pelo nome em inglês *Material Tracking System* (MTS) ou ainda pelo termo bilíngue “Sistemas de Tracking”. De forma geral, os MTS monitoram em tempo real a movimentação física de peças ao longo da linha produtiva e refletem tais movimentações em uma interface utilizada por operadores nas cabines de produção. Os sistemas de *tracking* mais antigos adotavam interfaces textuais. Os sistemas mais recentes utilizam interfaces gráficas sofisticadas que representam a linha de produção. A idéia é refletir as movimentações físicas das peças e demais elementos rastreados na interface gráfica que representa a linha de produção. Isto para que os operadores possam saber instantaneamente onde está cada elemento rastreado (barras, blocos, placas, tarugos, tubos, bobinas...) ao longo de uma determinada linha.

Apesar de não haver um completo consenso, nas usinas siderúrgicas, os sistemas de *tracking* usualmente são chamados de sistemas de Nível 2. Na Pirâmide da Automação se localizam entre o MES (*Manufacturing Execution System* - Nível 3) e o Nível de Controle/Supervisão (Nível 1). Os sistemas de rastreamento nas usinas siderúrgicas são considerados sistemas de tempo real, pois obedecem a determinadas restrições temporais, principalmente no que se refere à comunicação com o nível de controle e à atualização gráfica da posição das peças e outros elementos rastreados na linha. A bibliografia que trata de sistemas de rastreamento em tempo real no chão de fábrica não é vasta. Bibliografias referentes à rastreabilidade em sistemas MES são mais freqüentes. Cita-se aqui os trabalhos Oliveira, et al., 2007⁽¹⁾, Salis et al., 2007⁽²⁾, Ribeiro & Barbosa, 2011⁽³⁾, Neto et al., 2011⁽⁴⁾, Pimentel & Costa, 2006⁽⁵⁾, Junior H. et al., 2005⁽⁶⁾ que também abordam o rastreamento da produção, no Nível 2, em tempo real no chão de fábrica.

O objetivo deste trabalho é apresentar as principais técnicas e ferramentas adotadas no desenvolvimento do conjunto de sistemas de *tracking* denominados QTS, *Quality and Traceability System*, que consistem nos MTS das linhas de acabamento de barras, laminação de tubos sem costura, ajustagem, tratamento térmico e 2 linhas acabadoras da VSB em Jeceaba, MG. Os principais objetivos dos sistemas QTS são: rastreamento peça a peça da produção em tempo real, decisão de destino das peças, bloqueio e liberação de equipamentos, coleta dos resultados de produção ao longo das linhas, abertura automática de paradas operacionais, contabilização do uso de ferramentas, apontamentos de qualidade e interface com outros sistemas industriais como o MES, o LIMS (*Laboratory Information Management System*) e o WMS (*Warehouse Management System*). Outra funcionalidade principal do QTS é a regulagem dos equipamentos, sistemas supervisórios e PLCs para processarem adequadamente cada tipo de material produzido. O QTS calibra os equipamentos em função das características (diâmetro, comprimento, temperatura, tipo de aço, espessura...) do material (peça) que será trabalhado. Ao processar as peças, cada equipamento gera diversas variáveis de processo e resultados. O QTS coleta tais resultados e variáveis de produção e os persiste de forma vinculada à peça em questão em uma base de dados relacional. Como o QTS executa a rastreabilidade das peças em tempo de execução e parametriza o nível de controle, pode-se considerar que o QTS é um sistema de missão crítica. É necessário, portanto, que

sua disponibilidade seja alta. A meta estipulada para os sistemas QTS é 99.95% de disponibilidade. Não há produção sem o devido acompanhamento no sistema QTS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A seguir descreve-se alguns conceitos computacionais, técnicas e ferramentas adotadas no desenvolvimento dos sistemas QTS. Inicialmente aborda-se os conceitos referentes a rastreamento de material e em seguida descreve-se a arquitetura e as ferramentas adotadas no desenvolvimento do sistema.

2.1 Mapeamento das Zonas de Rastreamento: O Mapa de *Tracking* do Sistema

Após o levantamento detalhado dos requisitos de software, iniciou-se o modelamento dos mapas de *tracking* (mapas de rastreamento). Os mapas de *tracking* consistem em uma representação lógico-gráfica dos caminhos por onde as peças podem passar ao longo de uma linha produtiva. Os mapas de *tracking* foram elaborados por meio de análises dos desenhos mecânicos e elétricos dos elementos que compõem as linhas de produção. A Figura 1 mostra parte do mapa de *tracking* da linha de laminação de tubos de aço sem costura. Os mapas de *tracking* possuem subdivisões discretas denominadas Zonas de *tracking* ou zonas de rastreamento.

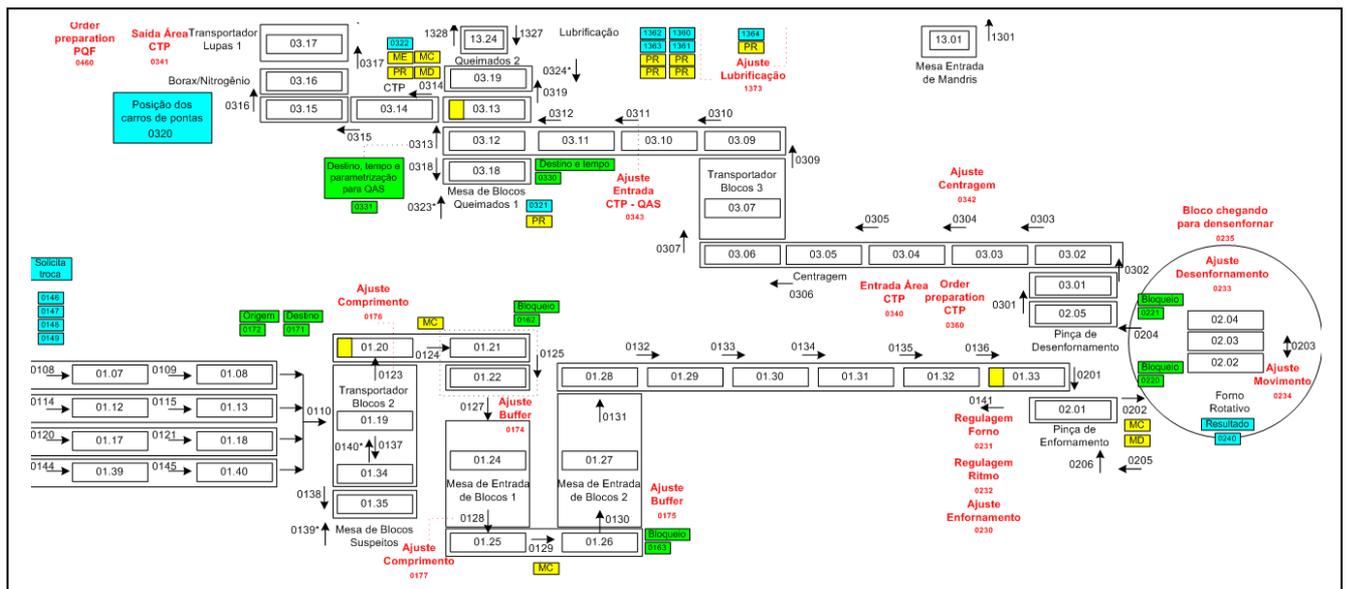


Figura 1 - Parte do mapa de *tracking* modelado para a laminação de tubos de aço sem costura.

2.2 Zonas de *Tracking* (Zona de Rastreamento)

As zonas de *tracking* são as posições pré-definidas como locais de acompanhamento das peças (elementos de rastreamento) ao longo da linha. As zonas de *tracking* refletem as posições que os elementos rastreados podem assumir fisicamente na linha. Tais posições de rastreamento são estipuladas em função da necessidade do processo e do sensoriamento da linha.

Uma determinada zona de *tracking* no sistema pode armazenar um ou mais elementos rastreados, por exemplo, peças. As movimentações físicas das peças disparam a movimentação de peças entre as zonas de *tracking* no sistema. Como o mapa de *tracking* é um recurso compartilhado entre os vários processos e *threads*

que compõe o sistema, a movimentação de peças entre zonas deve ser realizada de forma atômica. Ou seja, não pode haver falhas nem preempção e troca de contextos durante a movimentação de peças entre zonas de *tracking*. Deste modo, no sistema, uma peça só é retirada de uma zona ou posição origem, quando existe a garantia que a inserção na zona destino foi bem sucedida.

Definiu-se dois tipos de zonas de rastreamento nos sistemas QTS:

- *Zonas de posições fixas*: neste caso, a zona possui uma quantidade fixa de posições para apresentação dos elementos rastreados. Esta quantidade poderá variar de uma posição apenas, para locais onde nunca poderá existir mais de uma peça, ou várias posições, nos casos onde existe a possibilidade de haver mais de uma peça como soleiras com separação entre peças, leitos e bancas.
- *Filas*: neste caso, a zona possui uma quantidade variável de posições de rastreamento. Uma quantidade limite poderá ser fornecida, porém, apenas para geração de erros. Este tipo de zonas deverá ser utilizado quando a posição de rastreamento poderá receber um ou mais elementos rastreados, variando-se a quantidade de acordo com alguma característica física do material, por exemplo.

De forma geral as zonas de rastreamento buscam mostrar graficamente qual peça ou, quais peças, estão ali presentes. As informações exibidas pelas zonas de *tracking* podem variar em função do tipo de elemento rastreado (barras, blocos, lupas, ou tubos). A

Figura 2 exemplifica as informações exibidas por uma zona de *tracking* cujo elemento rastreado é um tubo.

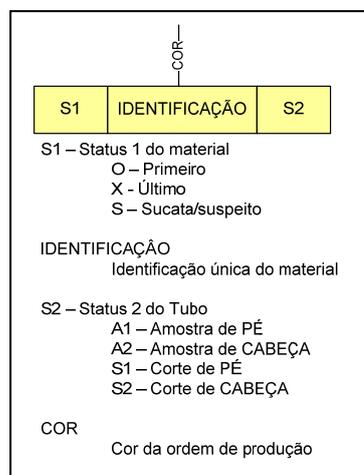


Figura 2 - Exemplo de conteúdo exibido por uma zona de tracking.

2.3 Eventos de Rastreamento

Alguns eventos físicos ou lógicos que influenciam no rastreamento das peças devem ser tratados pelo sistema. Por exemplo, os eventos físicos de movimentação de peças na linha e a checada de mensagens com dados. Os eventos de rastreamento utilizados no QTS são:

- *Eventos de movimentação*: consistem nos eventos de movimentação das peças na linha. O tratamento de tais eventos no sistema de rastreamento busca movimentar uma ou mais peças de uma posição (zona de *tracking*)

para outra. Por meio do tratamento de um evento de movimentação, a movimentação física das peças é refletida graficamente no mapa de *tracking* existente na interface do operador.

- *Eventos de movimentação e dados*: nestes casos, além da notificação de movimentação, o Nível de controle (Nível 1) envia alguns dados que devem ser associados às peças. Tais dados devem ser persistidos vinculados ao número identificador da peça e exibidos na interface do operador. Usualmente estes dados consistem em medições de temperatura, medições dimensionais, determinadas durações de processos e pesos.
- *Eventos de Dados*: são eventos de envio de dados que são recebidos e tratados pelo sistema de rastreamento. Nestes casos o sistema recebe as mensagens com os dados e os persiste de forma vinculada à peça correta por meio de seu número identificador (número único para cada peça produzida).

2.4 A Arquitetura do Sistema

Os sistemas de rastreamento QTS foram desenvolvidos adotando-se arquitetura multicamadas baseada no modelo cliente/servidor. A arquitetura multicamadas prevê que cada camada possui responsabilidades específicas. Ou seja, o objetivo é distribuir as responsabilidades dos sistemas em diferentes camadas de software. Esta arquitetura possui algumas vantagens em relação a outros modelos. Dentre estas vantagens pode-se destacar: a modularização da solução; independência entre as camadas, o que facilita a manutenção geral do sistema; permite elevar a escalabilidade do sistema; viabiliza o desenvolvimento distribuído dos módulos de software. A Figura 3 exibe um diagrama com a divisão de camadas e suas respectivas funções adotadas no desenvolvimento dos sistemas de rastreamento QTS da VSB.

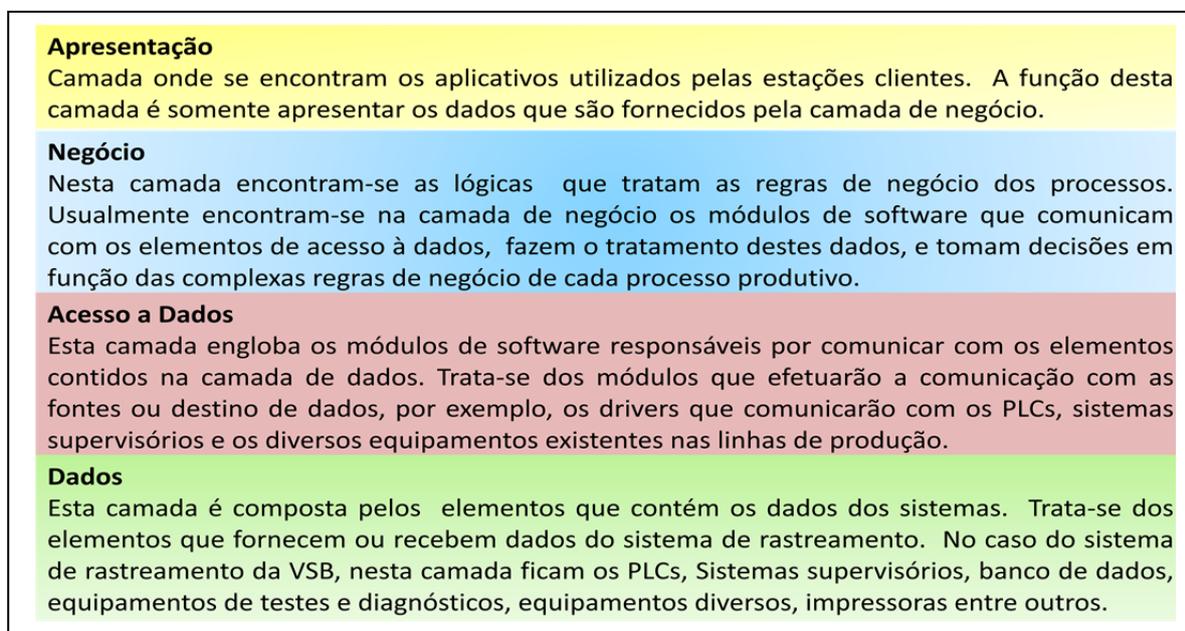


Figura 3 – Divisão das camadas adotadas na concepção dos sistemas de rastreamento QTS e suas respectivas funções.

Buscando atender ao requisito de alta coesão e baixo acoplamento, ou seja, independência entre os vários elementos que compõe os sistemas de rastreamento, optou-se por adotar uma arquitetura modularizada, na qual cada um dos módulos

possui funções bem específicas. A utilização de módulos facilita o reaproveitamento de códigos, facilita a manutenção, que fica focada apenas no módulo que apresenta um eventual problema e também viabiliza o desenvolvimento distribuído de módulos por diferentes empresas. A questão do desenvolvimento distribuído é interessante visto que alguns módulos são desenvolvidos pelos próprios fornecedores dos vários equipamentos que precisarão comunicar com o sistema de rastreamento QTS. A Figura 5 mostra os principais módulos do sistema de rastreamento QTS e a sua distribuição nas camadas.

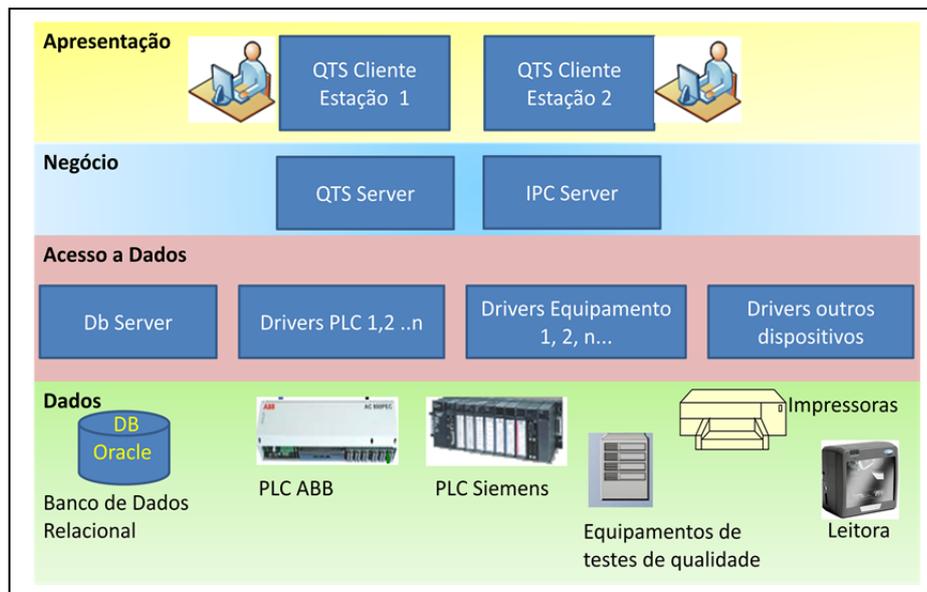


Figura 4 - Principais módulos do sistema de rastreamento QTS e a sua distribuição nas camadas.

Cada módulo corresponde a um processo (executável) distinto, o que leva naturalmente à utilização de vários executáveis. Com a inclusão de vários executáveis no sistema surge a necessidade de adotar uma forma de comunicação entre os processos. A comunicação entre processos usualmente é realizada por meio de algumas técnicas já conhecidas, a saber: *socket*, *pipes*, *named pipes*, *message queues*, *remote procedure calls* e *shared memory*. Dentre estas optou-se pela interface *socket*, pois atende à arquitetura cliente/servidor e apresenta as seguintes vantagens: não existe custo associado a licenciamento como é o caso das soluções de "message queue" mais robustas; facilidade no gerenciamento de mensagens síncronas; possibilidade de distribuição dos processos em mais de uma máquina, aumentando a escalabilidade do sistema; facilidade no desenvolvimento, visto que o *socket* é um padrão já estabelecido e conhecido mundialmente; *sockets* possuem uma robustez considerável. A Figura 5 ilustra os principais módulos do sistema e a interligação entre eles. A Teoria sobre formas de comunicação entre processos pode ser encontrada em Filho, C.S. & Szuster, M., 2003 ⁽⁷⁾.

Figura 5 – Interligação entre os principais módulos do sistema de rastreamento QTS.

A seguir apresenta-se brevemente as funcionalidades dos principais elementos que compõe o sistema de rastreamento QTS.

2.4.1 QTS Cliente

O QTS Cliente consiste na camada de apresentação do sistema. Trata-se do aplicativo usado pelos operadores nas cabines ou nos púlpitos. Por meio deste aplicativo os operadores podem acompanhar peça a peça a execução da produção. É possível visualizar diversas informações referentes à cada uma das peças que está na linha de produção. Tanto informações de planejamento da produção quanto informações reais de resultados obtidos durante a execução das atividades produtivas ao longo da linha, por exemplo, temperaturas, pesos, comprimentos, status dos equipamentos e das peças, taxa de utilização de ferramentas, gráficos que auxiliam o controle estatístico de processo entre outros. Por meio do processo QTS Cliente os operadores podem ainda entrar com dados no sistema, por exemplo, apontamentos referentes à qualidade, não conformidades e detalhamento de paradas operacionais.

2.4.2 QTS Server

O QTS Server representa a camada de negócio propriamente dita. Este processo trata das regras de negócio referentes ao processo produtivo. O QTS Server é responsável por processar as mensagens de movimentação das peças, tratar mensagens de dados, processar mensagens de alteração de status das peças, definir o destino das peças, determinar o bloqueio de determinados equipamentos, definir regulagens para os equipamentos em função das características das peças, manter o mapa de *tracking* e os dados das peças rastreadas atualizado no RTDB e fazer a abertura automática de paradas operacionais em função de regras pré-definidas.

2.4.3 IPC Server

O IPC Server é o processo central que gerencia a comunicação entre os vários processos. Trata-se do processo que intermedia a troca de mensagens entre os diferentes processos. Funciona como um *message broker*, recebendo mensagens e repassando-as aos destinatários. A troca de mensagens pode ser executada de duas maneiras. Envio direto: quando um processo envia uma mensagem diretamente a outro processo. Nesta situação, o IPC Server apenas redireciona a mensagem ao processo de destino. Produtor/consumidor: processos registram-se para receber determinadas mensagens. Dessa forma, quando a mensagem em questão é recebida, a mesma é repassada pelo IPC Server a todos os processos registrados. A comunicação entre os processos do sistema de rastreamento é baseada em *sockets* TCP/IP. As instâncias de objetos com os dados são serializadas em formato binário, e são então transmitidas através das conexões *socket* estabelecidas entre os diversos processos e o IPC Server. Pode-se destacar as seguintes funcionalidades do IPC Server: padronização na forma de conexão dos diferentes processos (informando um IP/Porta); padronização do protocolo de comunicação entre os vários processos; garantia de entrega de mensagens aos processos que estão temporariamente inativos; registro de mensagens a serem consumidas por um determinado processo; monitoramento de informações relacionadas ao tráfego de mensagens entre processos. Os diversos processos que comunicam com o IPC Server possuem funções padronizadas para indicação de problemas em seu funcionamento. Esta funcionalidade permite, de forma padronizada, a verificação dos estados dos processos, facilitando a criação de interfaces para detecção e diagnóstico de problemas. Dentre outras vantagens, o a utilização do IPC Server busca garantir que os processos que executam as regras de negócio possam realizar suas tarefas, independentes do estado dos demais processos.

2.4.4 DB Server

DB Server é o processo que faz a intermediação entre os diversos processos e o banco de dados relacional. Os comandos enviados pelos processos são repassados para o SGBD(sistema gerenciador de banco de dados) pelo DB Server. O banco de dados adotado é o Oracle Enterprise 11g e a forma de conexão é OLE/DB. Os comandos enviados ao SGBD são armazenados em filas. A fila de mensagens não dá suporte a níveis de prioridade; as requisições são atendidas na ordem de chegada. Por isso, existe a opção de o DB Server inserir a mensagem no início da fila, em vez de no final. Isso é feito com as mensagens que necessitam ser executadas em menor tempo ou que exigem resposta. As principais funcionalidades do DB Server nos sistemas de rastreamento QTS são: enfileirar as requisições/comandos de acesso ao SGBD feita pelos processos; enviar os comandos para o banco de dados; receber o resultado dos comandos enviados e repassar tais resultados para o processo que enviou o respectivo comando. A utilização do DB Server busca seguir a Camada de Acesso aos Dados, desacoplar os processos da base de dados relacional, permite estipular um nível de prioridade para execução dos comandos no SGBD. Além do banco de dados local Oracle, o SGBD propicia a conexão com outras bases de dados, por exemplo, o MySQL e o Interbase, que são repositórios de outros sistemas que interagem o sistema de rastreamento QTS.

2.4.5 SGBD Oracle

O propósito do banco de dados é funcionar como camada de persistência para os objetos do sistema de rastreamento. O SGBD é Oracle Enterprise em sua versão

11g. Cada um dos sistemas de rastreamento QTS (um por linha de produção) possui sua própria base de dados local Oracle 11g. A ferramenta de gerenciamento das bases é o Oracle Grid.

2.4.6 RTDB

O RTDB (*Real Time Database*) é o banco de dados de tempo real do sistema de rastreamento QTS. Trata-se de uma estrutura de dados que fica residente na memória principal (RAM) do servidor. Esta estrutura de dados residente em memória é adotada pelo sistema para fazer o gerenciamento das informações de rastreamento, principalmente do mapa de *tracking*. O RTDB é um repositório que detém todas as estruturas de dados que representam a situação corrente de uma determinada linha de produção. Pode-se encontrar no RTDB informações como: a identificação e a atual localização (*zona de tracking*) de cada elemento rastreado, os dados referentes a cada elemento rastreado, a taxa de utilização de cada ferramenta correntemente em uso, a situação corrente dos equipamentos, os valores atuais de determinadas variáveis de processo, entre outras informações sobre a situação corrente dos elementos rastreados ao longo de toda a linha de produção. O RTDB, com todo o seu conteúdo corrente de dados, é serializado pelo sistema e gravado em um arquivo binário no disco rígido (*storage*) do servidor. Isto ocorre a cada 30 segundos. Os arquivos com os dados do RTDB são nomeados segundo uma seqüência numérica cíclica, mantendo-se os últimos trinta arquivos gerados. Em seu procedimento de partida a quente, o QTS executa a leitura do último arquivo gravado, garantindo que a situação corrente do processo (identificação e a localização das peças, situação dos equipamentos, etc...) seja corretamente restabelecida e apresentada pelo sistema.

Avaliando alguns trabalhos referentes ao desenvolvimento de sistemas de rastreamento, percebe-se que os desenvolvedores adotam diferentes repositórios de dados para armazenamento das informações dos elementos rastreados. Por exemplo, bases relacionais desnormalizadas que são atualizadas por comandos SQL; bases relacionais normalizadas atualizadas por comandos SQL e/ou *stored procedures*; e ainda banco de dados de tempo real residente em memória. No que tange a execução do rastreamento, a base de tempo real em memória apresenta algumas vantagens em relação às bases relacionais. Destaca-se aqui: o menor tempo de acesso às informações do rastreamento (velocidade de escrita e leitura dos dados), fator de fundamental importância em sistemas de rastreamento em tempo real; evita problemas referentes ao controle de transações e gerenciamento de concorrência dos SGDBs; a agilidade para persistir todo o mapa de rastreamento, a facilidade na montagem de plataformas para testes do rastreamento. No final da produção de uma determinada ordem de produção, todos os dados referentes á esta ordem são gravados na base relacional Oracle e removidos do RTDB que, desta forma, sempre estará enxuto, contendo somente informações dos objetos que estão correntemente na linha de produção. O RTDB é acessado por várias *threads* do processo QTS Server simultaneamente, tratando-se portando de um recurso compartilhado. Deste modo, os acessos de leitura e escrita no RTDB é feito de forma atômica, protegida, por meio do uso de semáforos (*semaphore*) e *mutex*. A Teoria sobre Programação Concorrente pode ser encontrada em Filho, C.S. & Szuster, M., 2003⁽⁷⁾.

2.4.7 Drivers

Os *drivers* são processos do QTS utilizados para comunicação direta com PLCs ou comunicação com os diversos equipamentos das linhas. A comunicação com os equipamentos pode ser feita por meio dos sistemas supervisórios de tais equipamentos ou por meio dos seus PLCs. Existe no QTS um processo *driver* distinto para cada CPU (PLC), assim como um processo *driver* distinto para cada equipamento. O sistema comunica principalmente com PLCs ABB AC 800 PEC, com PLCs SIEMENS S7 400 e SINUMERIC 840D. Já os equipamentos consistem de leitores de código de barras e *Datamatrix*, equipamentos que efetuam testes de qualidade no material, serras, tornos, balanças, trena laser, entre outros...

2.4.8 Bibliotecas de PLCs para comunicação com o QTS

O QTS dispõe de bibliotecas para PLCs que implementam o protocolo que comunicação dos PLCs com os *drivers* do QTS. Tais bibliotecas rodam nos PLCs Siemens e ABB utilizados ao longo das linhas de produção. As bibliotecas foram desenvolvidas com objetivo de padronizar a comunicação dos PLCs com o sistema de rastreamento. Todos os fornecedores de equipamentos que adotam PLCs Siemens S7 300, 400 ou SINUMERIC ou ABB AC 800 PEC podem utilizar as bibliotecas para comunicar com o sistema QTS. Grosso modo, para enviar mensagens para o QTS, as bibliotecas serializam o conteúdo de um determinado *datablock* e o enviam para o QTS por meio de conexão *socket* TCP/IP. Para receber uma mensagem do QTS as bibliotecas quebram a mensagem recebida e armazenam os dados em *datablocks* específicos. As bibliotecas desenvolvidas possuem blocos de configuração e comunicação *socket* que recebem parâmetros como o endereço IP e a Porta, o *datablock* a ser enviado e o gatilho para envio do telegrama com o conteúdo do *datablock*. As bibliotecas implementam ainda algumas rotinas que tratam da garantia de entrega das mensagens (telegramas *socket* TCP/IP) e telegramas *watchdog* (telegramas de vida).

2.5 Informações Gerais e Alguns Números do Projeto QTS

Apresenta-se agora outras informações e algumas métricas do projeto de desenvolvimento dos sistemas de rastreamento QTS.

2.5.1 Ferramentas de desenvolvimento e números do projeto QTS

Para desenvolvimento do sistema de rastreamento QTS adotou-se a ferramenta Microsoft Visual Studio 2008 com a linguagem de programação C# (C Sharp). O sistema operacional adotado no servidor é o Microsoft Windows Server 2003 em cluster Microsoft Failover Clustering.

O desenvolvimento contou com vários programadores que compartilharam o mesmo código fonte. Para auxiliar o controle de versões neste ambiente de desenvolvimento distribuído adotou-se o gerenciador de versões Subversion com cliente Tortoise.

O Sistema gerenciador de banco de dados adotado é o Oracle 11g em cluster Failsafe. A ferramenta de monitoria e diagnóstico dos bancos de dados é o Oracle Grid.

A

Tabela 1 mostra alguns números envolvidos no projeto QTS.

Tabela 1 - Números do projeto QTS

Área atendida pelo QTS	Qty PLCs de Transporte	Qty de Equipms	Qty de tipos Mensag. Trocadas	Zonas de Tracking	Qty de Tabelas no BD Oracle	Qty de estações clientes	Qty de servidores em cluster
Acabamento de barras	0	6	125	62	52	6	2
Laminação de Tubos + Ajustagem	12	15	334	170	114	18	2
Tratamento Térmico	3	14	212	92	91	12	2
Linha de Rosqueamento	2	14	214	110	60	16	2
Linha de Chanfragem	2	9	232	123	84	16	2
Fábrica de Luvas	1	20	262	182	64	14	2
Total: 6 Linhas	20	78	1379	739	465	82	12

O sistema de rastreamento QTS atende às linhas de acabamento de barras do lingotamento contínuo (BFL), laminação de tubos sem costura (RM), linha de ajustagem, tratamento térmico (QT), linha de rosqueamento (Fast Casing - FC) e chanfragem (Flex Line - FL), conhecidas como linhas acabadoras, e ainda atende à fábrica de luvas (Coupling Shop - CS). Cada uma destas linhas possui seu próprio sistema de rastreamento QTS rodando em seus servidores em cluster, possui sua própria base de dados e comunica independentemente com outros sistemas industriais, por exemplo, o MES, o LIMS (Laboratory Information Management System), o WMS (Warehouse Management System) e o sistema de gerenciamento de calibração de instrumentos. A

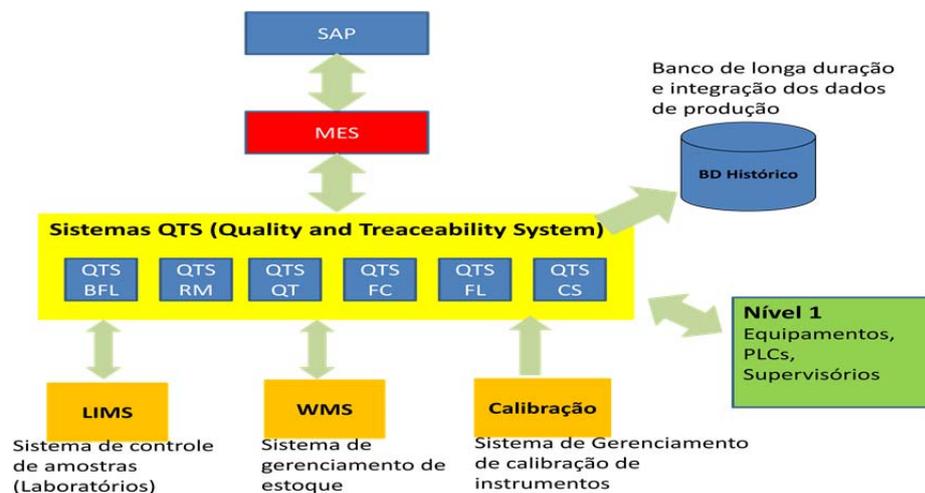


Figura 6 mostra o diagrama de contexto dos sistemas QTS e a comunicação com os principais sistemas industriais.

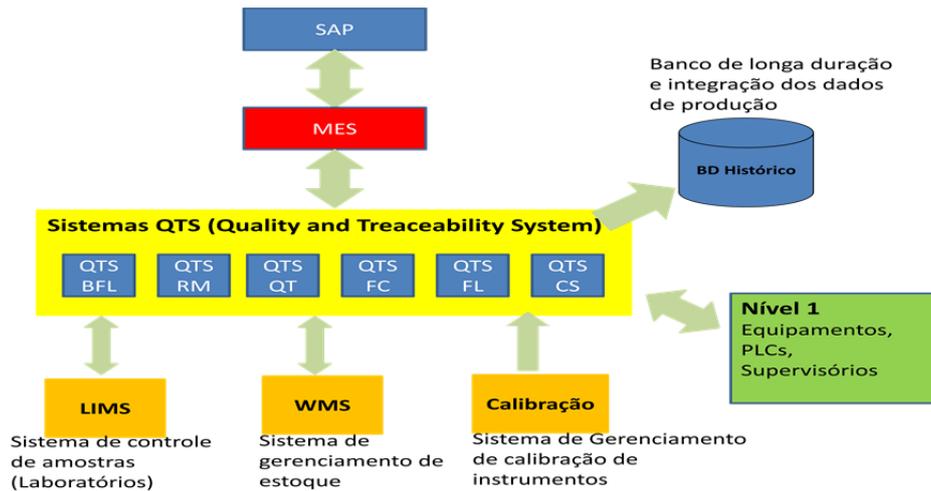


Figura 6 - Diagrama de contexto dos sistemas QTS. Comunicação com os principais sistemas industriais.

2.5.2 Desenvolvimento, testes e implantação dos sistemas de rastreamento QTS

O projeto de desenvolvimento dos sistemas QTS durou cerca de 20 meses. O projeto consumiu cerca de 16.000 HH (Homens-Hora) entre análise e desenvolvimento. Isto desde as fases de concepção e análise até a implantação e operação assistida. Os sistemas QTS foram comissionados em conjunto com o início de operação de cada linha. A primeira linha a entrar em operação foi a Laminação. O sistema QTS da linha de laminação foi comissionado e entrou em operação em conjunto com o início de operação da linha, acompanhando a laminação desde a primeira peça laminada. Os sistemas QTS foram previamente e exaustivamente testados, com foco principal nas rotinas de rastreamento, que possuem constantes trocas de dados com os PLCs (Nível 1). Elaborou-se uma plataforma exclusivamente para efetuar os testes de rastreamento envolvendo a equipe de desenvolvedores do QTS e também da automação propriamente dita (Nível 1). O laboratório de testes contou com PLCs, ativos de redes e um servidor do QTS com os aplicativos desenvolvidos e a base de dados. A fase de testes em laboratório durou cerca de 2 meses. Percebe-se que os testes tiveram considerável importância no projeto. A grande importância atribuída aos testes buscou evitar que futuras necessidades de alterações do sistema interferissem na partida das linhas.

2.6 O Fluxo e o Rastreamento da Produção

Cada corrida processada no forno elétrico recebe um número de identificação único. No momento do lingotamento contínuo desta corrida, as barras produzidas também recebem um número de identificação único. O número de identificação única das barras é formado pelo número da corrida seguido do número do veio em que foi lingotada, mais o número do corte que a gerou. Após o corte das barras nos veios elas seguem para a linha de acabamento de barras (*Bar Finishing Line, BFL*) aonde sofrem inspeções e recebem uma etiqueta de identificação codificada em código de barras e também *datamatrix*. As barras aprovadas pela área de qualidade seguem para a laminação de tubos. Na entrada da linha de laminação existe uma leitora de etiquetas que fará a identificação da barra por meio da leitura da etiqueta. Na linha de laminação as barras são cortadas em partes denominadas blocos. Cada barra pode gerar um ou mais blocos. Cada bloco gerado recebe um número de

identificação único que é formado pelo número da barra mais um número seqüencial. Durante o processo de laminação os blocos são convertidos em tubos de aço sem costura. Cada bloco pode gerar um ou dois tubos. Os tubos produzidos recebem uma identificação única formada pelo número do bloco mais um número seqüencial. O número do tubo gerado na laminação será adotado durante todo o restante das linhas de produção. Após a produção dos tubos na laminação e aprovação pela área da qualidade eles são identificados por meio de etiquetas e enviados para o estoque intermediário. Do estoque intermediário os tubos podem seguir para área de tratamento térmico ou para as áreas acabadoras (rosqueamento ou chanfragem) dependendo do material a ser produzido. Os tubos a serem processados na linha de tratamento térmico são identificados na entrada da linha por meio das leitoras de etiquetas que lêem as etiquetas dos tubos, os identificam e enviam a identificação para o sistema QTS. No final da linha de tratamento térmico os tubos recebem nova etiqueta e seguem para o estoque intermediário. Em seguida os tubos podem seguir para uma das áreas acabadoras (para *Fast Casing* ou para *Flex Line*) para sofrerem rosqueamento ou chanfragem respectivamente. Na entrada das linhas acabadoras também existem leitoras que identificam os tubos por meio da leitura das etiquetas. No final das linhas acabadoras, assim como nas linhas anteriores, os tubos são identificados individualmente por meio de etiquetas. Os tubos são então agrupados para formação de pacotes (*master bundle*). Cada pacote de tubos também possui uma identificação. Os pacotes são identificados por meio de etiquetas que vão amarradas no pacote. Cada ponto de saída de materiais das linhas de produção possui uma impressora de etiquetas de código de barras/*datamatrix* para identificação do material. Cada ponto de entrada de material possui uma leitora que consegue identificar o material e enviar o seu nº de identificação para o sistema QTS.

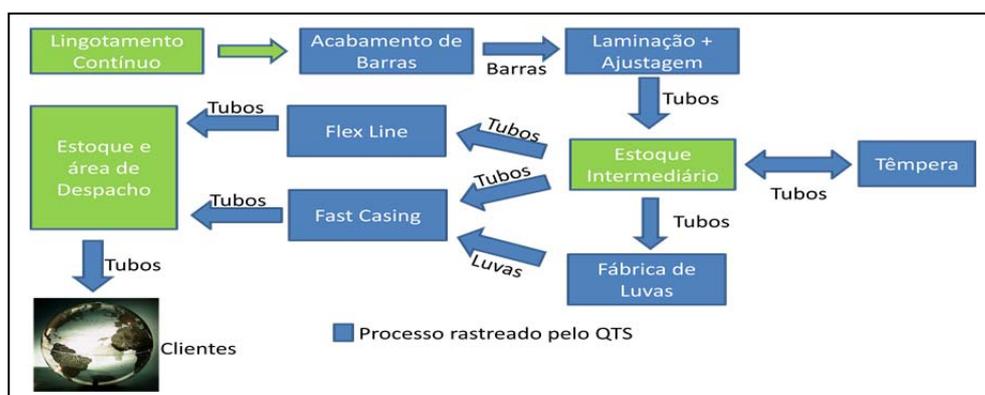


Figura 7 - Fluxo do processo rastreado pelo sistema QTS.

Como foi comentado anteriormente, existe um sistema de rastreamento QTS para atender à cada uma das áreas mostradas na Figura 7. Os QTS fazem o rastreamento completo dentro de cada linha de produção. A principal forma de rastreamento dentro das linhas é a identificação do material por meio de leitoras de etiquetas e o envio de telegramas de movimentação do Nível 1 para o QTS. A conexão entre linhas é feita pelo sistema MES. Ou seja, o rastreamento entre as diferentes linhas de produção é efetuado pelo MES.

3 RESULTADOS

O QTS efetua o rastreamento peça a peça dentro das linhas de produção e disponibiliza todas as funcionalidades previstas na fase de concepção. A disponibilidade (*Tempo Parado / Tempo Total do Período*) do sistema está acima da meta estipulada que é 99.95%.

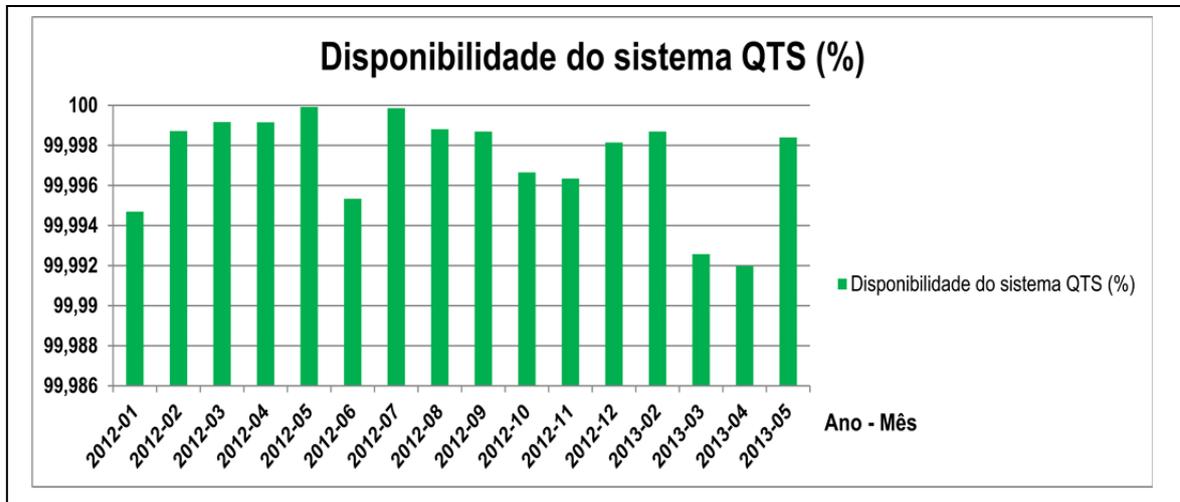


Figura 8 - Evolução da disponibilidade do sistema QTS.

A Figura 8 mostra a evolução da disponibilidade do sistema QTS entre 2012 e maio de 2013. O tempo de resposta referente à comunicação do QTS com o nível de controle atende às necessidades do processo. A curva de aprendizado dos operadores é relativamente pequena, pois, adotaram-se boas práticas de ergonomia de software no desenvolvimento das interfaces de operação. A base de histórico e integração de dados do processo tem crescido em uma taxa acima do previsto devido às novas funcionalidades acrescentadas nos sistemas, principalmente pelo fato de demandarem campos do tipo blob no banco de dados.

4 CONCLUSÃO

O rastreamento da produção é um fator chave para garantia da qualidade dos produtos. Os sistemas de rastreamento representam uma ferramenta consideravelmente útil em linhas de produção de peças de aço como tubos, blocos, placas, tarugos entre outros. A importância dos sistemas de rastreamento é ainda maior quando se busca rastrear a produção peça a peça durante todo o processo de fabricação. Neste contexto, o desenvolvimento do sistema de rastreamento QTS para a fábrica de tubos da VSB foi bem sucedido, pois atendeu a todos os requisitos previstos, principalmente no que se refere ao rastreamento peça a peça nas seis linhas de produção e à alta disponibilidade. O QTS permite o rastreamento peça a peça do processo de fabricação de tubos, efetua regulagens de equipamentos, coleta resultados e variáveis do processo, faz abertura automática de paradas operacionais, contabiliza o uso de ferramentas correntemente em uso, comunica com outros sistemas industriais como o MES o WMS e o LIMS, além de fazer o registro de apontamentos de qualidade, tudo isso sem causar atrasos na produção. A fase de testes teve uma considerável importância no projeto e minimizou a ocorrência de falhas do sistema durante seu comissionamento e partida das linhas de produção. O sistema de rastreamento QTS não interferiu no comissionamento do Nível1 e na partida das linhas de produção.

REFERÊNCIAS

- 1 OLIVEIRA, D. R., ABREU, M. V., SALIS, T. T., SA, N. L., MORAIS, R. D., CARVALHO, W. C. (2007). Reconstrução do Sistema de Acompanhamento e Controle da Produção da Linha de Inspeção de Tarugos da Gerdau Açominas. *XI Seminário de Automação de Processos* (p. 138 a 146). Porto Alegre - RS: ABM.
- 2 SALIS, T. T., OLIVEIRA, D. R., ABREU, M. V., PEIXOTO, T. F., MORAIS, R. S., & GUIMARÃES, F. D. (2007). Reestruturação dos ambientes de produção e MES da Laminação Primária da Gerdau Açominas usando MQSERIES como interface entre os Níveis. *XI Seminário de Automação de Processos* (pp. 528-535). Porto Alegre - RS: ABM.
- 3 RIBEIRO, F. J., & BARBOSA, A. C. (2011). Sistema de nível 2 para gerenciamento do pátio de barcas do terminal de barcas oceânicas (tbo) da ArcelorMittal Tubarão. *15º Seminário de Automação e TI Industrial* (p. 317 a 325). São Paulo - SP.: ABM.
- 4 NETO, R. V., SILVA, A. J., LOPES, D. C., BATISTA, D. A., & BARBOSA, S. L. (2011). Automatização da identificação e rastreamento de placas nas máquinas de lingotamento contínuo da aciaria nº 2 da Usiminas -Usina de Ipatinga. *15º Seminário de Automação e TI Industrial* (pp. 308-316). São Paulo, SP: ABM.
- 5 PIMENTEL, A. A., & COSTA, F. D. (2006). Sistema de rastreamento de tubos petrolíferos na V & M do Brasil. *10º Seminário de Automação de Processos* (pp. 250-258). Belo Horizonte, MG: ABM.
- 6 JUNIOR, H. M., DINIZ, M., JUNQUEIRA, P. J., & LOPES, V. D. (2005). Sistema de Controle, Rastreamento e Gerenciamento da Laminação Contínua da V&M. *IX Seminário de Automação de Processos* (p. 510 a 520). Curitiba, PR: ABM.
- 7 FILHO, C. S., & SZUSTER, M. (2003). *Programação concorrente em ambiente Windows - Uma visão de automação*. Belo Horizonte, MG. 2003: UFMG