

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA MES EM WEB PARA AS NOVAS INSTALAÇÕES DA TSA¹

Danilo Martins da Silva Junior²
Flávio Waltz Moreira e Silva³
Marcelo Mello⁴
Marcos Barbosa⁵
Ronaldo Mendes⁵
Widson Porto Reis⁶

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento e implantação de um sistema web para fábricas de processo discreto, tomando como base o sistema MES da Tubos Soldados Atlântico (TSA). Este sistema foi concebido para dar suporte à produção fazendo a comunicação com o sistema ERP, o controle de paradas de equipamentos, sequenciamento das etapas de produção e a impressão do certificado de qualidade dos tubos. O sistema foi baseado na tecnologia JavaEE, utilizando servidores WEB redundantes (cluster) e de código livre (sem custo de licenças). Sua arquitetura foi desenhada com uma divisão multicamadas, separando a camada de apresentação, as lógicas de negócios e os acessos ao banco de dados, aumentando a clareza no desenvolvimento e a manutenibilidade. O framework de persistência de dados utilizado foi o Hibernate 2.0 com auxílio do Spring. A unidade da TSA foi construída para atender a demanda por tubos soldados e possui tecnologia para a fabricação e revestimento de tubos de aço com solda helicoidal. O sistema foi desenvolvido para atender de forma padronizada tanto a manufatura dos tubos, como também seu revestimento. É importante ressaltar que a TSA é uma fábrica inaugurada recentemente e tanto o sistema MES quanto o SAP partiram em conjunto. O setup da comunicação entre MES-SAP foi o maior desafio ultrapassado, e hoje, a TSA dispõe de um sistema confiável e capaz de gerenciar e historiar sua produção.

Palavras-chave: Tubos soldados; MES; JavaEE.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF MES WEB BASED FOR A NEW TSA FACTORY

Abstract

The scope of this paper is to present the development and implementation of a web system for a discrete process factory, focusing in the MES developed to Tubos Soldados Atlântico (TSA). This system was conceived to give support to production establishing the communication with the ERP system, controlling maintenance stops, sequencing the production steps and printing Quality Certificate for the products. The system was based in JavaEE technology, using cluster web servers free of license costs. Its architecture was designed in a multi-tier division, splitting the presentation tier, the business rules and the database access, improving maintenance and simplifying development. The data persistence framework used was Hibernate 2.0 with Spring. The TSA unit was build for the demand to welded pipes and has technology to produce steel coated spiral welded pipes. The system was developed to be used in the pipes production and in the coating factory. It is important to emphasize that both MES and SAP start together. The MES-SAP communication setup was the greatest challenge. Now, TSA has a reliable system capable of managing and storing production information.

Key words: Welding pipe; MES; JavaEE.

¹ *Contribuição técnica ao XI Seminário de Automação de Processos, 3 a 5 de outubro, Porto Alegre-RS*

² *Líder de Projetos, Chemtech*

³ *Gerente, Chemtech*

⁴ *Gerente Administrativo e de Qualidade, TSA*

⁵ *Gerente de Projetos, V&M Brasil*

⁶ *Gerente de Projetos, Chemtech*

AS INDÚSTRIAS DE PROCESSO DISCRETO E OS SISTEMAS MES

Os processos discretos são caracterizados por produzir produtos distintos e separados. São exemplos deste tipo de processo as indústrias de eletro-eletrônicos, automóveis, auto-peças e manufaturas em geral.

Nestes tipos de processo, o produto é contável e sua concepção é caracterizada por uma seqüência de tarefas que agregam ou desagregam partes, moldam forma ou verificam a qualidade do mesmo. Tais tarefas possuem uma seqüência entre elas, além de início e término bem definidos, gerando resultados que podem ser de grande utilidade para empresa e para comprovar a qualidade do produto final.

Uma das funções dos sistemas MES (Manufacturing Execution System) é poder programar e acompanhar a produção, possibilitando o lançamento dos resultados da mesma em telas específicas. Esses dados são criticados segundo as regras de negócio da empresa e armazenados para futuras consultas e geração de relatórios. O MES pode estar integrado ao sistema ERP, recebendo informações de planejamento e enviando dados de produção coletados de sistemas de chão de fábrica, além dos dados gerados no próprio MES.⁽¹⁾

Pelas características de uma indústria de processos discretos, o sistema MES pode ser concebido através de telas padrões projetadas para eventos comuns às atividades produtivas e telas específicas para tarefas de suporte à produção. São exemplos de eventos comuns o início e término de cada atividade, e o lançamento dos resultados da mesma. Já as tarefas como parada de equipamentos, ensaios destrutivos e programação da produção, consideradas atividades de suporte, possuem telas construídas especificamente para estes fins.

Atualmente, tem sido muito difundido o uso de sistemas WEB no meio industrial. A principal característica desses sistemas é a utilização do browser para acessá-los, dispensando instalações de softwares para utilização do sistema. Além da vantagem do processamento não ser nos computadores do cliente, tem-se um melhor gerenciamento da manutenção do sistema, pois a equipe de manutenção concentra suas atividades praticamente só nos servidores.

Em termos de desenvolvimento de sistemas WEB, a grande vantagem em uma indústria de processos discretos é a pequena demanda por atualização automática dos estados nos browsers, possibilitando que a atualização seja feita somente em uma nova requisição do usuário quando a tela for recarregada. Isso é possível, pois normalmente as informações inseridas por um usuário são referentes ao produto que ele está trabalhando, e somente este usuário necessitará de informações deste produto naquele instante.

Vale lembrar que um processo discreto, apesar da existência das vantagens apresentadas em termos de desenvolvimento, possui uma lógica de negócios muito mais rebuscada e detalhada devido às variações das atividades para cada tipo de produto e até às diferentes exigências de cada cliente. Por este fato, um sistema MES torna-se essencial para o planejamento e a execução das tarefas na seqüência e nos padrões determinados.

O MES da TSA

A TSA (Tubos Soldados Atlântico) é uma empresa nascida da joint-venture entre a Europipe, Vallourec & Mannesmann do Brasil e a Interoil. A empresa está sediada na Grande Vitória-ES e possui tecnologia para fabricação e revestimento de tubos com solda helicoidal. A empresa é subdividida em Fábrica de Tubos, de

Revestimento Interno de Tubos, de Revestimento Externo de Tubos e de Acoplamentos, que são as fábricas responsáveis por cada atividade da TSA.

O processo da TSA consiste na alocação de uma bobina de aço que é desenrolada gradativamente na entrada da máquina de solda. A bobina é desempenada e suas laterais são usinadas pela máquina que posteriormente volta a enrolar a bobina em um movimento espiral, soldando as laterais da bobina e dando formato ao tubo.

A seguir, o tubo sofre uma série de atividades e testes, tais como:

- Inspeção Visual: controle das dimensões do tubo e checagem visual da qualidade da solda;
- Amostragem para ensaios destrutivos: uma amostra de tamanho determinado pelo sistema MES é retirada para os ensaios de tração transversal, longitudinal e outros testes mecânicos;
- Teste hidrostático: as extremidades do tubo são vedadas em uma máquina que injeta água pressurizada no interior do tubo para verificar vazamentos e resistência à pressurização;
- Teste de Ultra-som e Radiográfico: teste para verificar possíveis imperfeições no corpo do tubo e nas soldas; e
- Marcação do tubo e liberação: pesagem, marcação e liberação do tubo.

Em cada uma das atividades acima, a operação faz uso do sistema MES para lançamento dos dados de produção.

O funcionamento do MES na TSA tem início com o recebimento de mensagens do SAP R/3, cujo servidor situa-se na V&M do Brasil, em Belo Horizonte. A comunicação entre o SAP é realizada através do InfoPlus21 que baixa dados de Ordens de Processo, Bobinas e outros dados essenciais para o planejamento e a produção. Essas mensagens são recebidas por tabelas de transferência em um banco Oracle que fazem um DBLink com tabelas de transferência em outro banco Oracle situado em Vitória.

No próprio sistema MES existem algumas rotinas em Java desenvolvidas com a biblioteca Quartz que verificam novas mensagens nas tabelas transferência e funcionam como um ETL, extraindo a informação e gerando dados como Ordem de Venda, Ordem de Processo, Bobina em estoque, Fases de Processo (seqüência de atividades para produção), parâmetros de processos e outros dados necessários à produção.

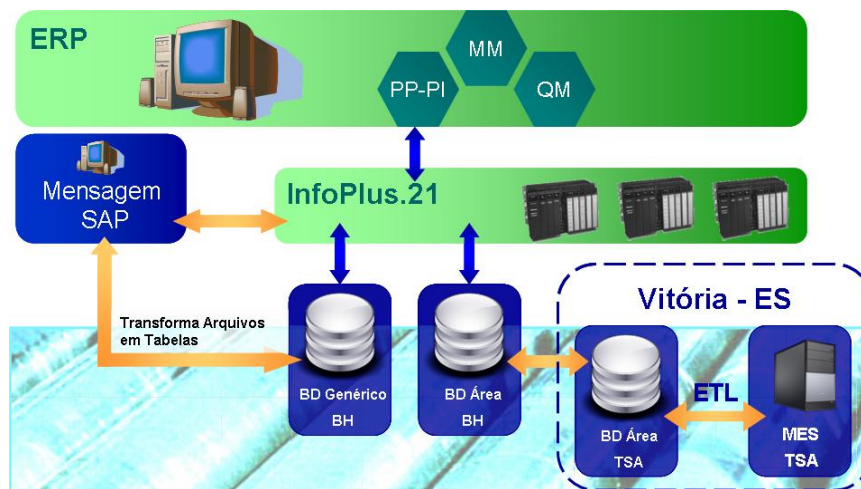


Figura 1 - Esquema da integração do MES com o SAP

Com o recebimento desses dados, o usuário pode checar as características da matéria-prima (bobinas ou tubos dependendo da fábrica) liberando-as para alocação nas Ordens de Processo. Nas telas de planejamento, é possível escolher a Ordem de Processo que se deseja produzir alocando-a para um determinado equipamento. A Figura 2 exibe a tela de seleção de Ordem de Processo para produção na máquina 1, no processo de Formação de Tubos da Fábrica de Tubos.

As telas do MES foram desenvolvidas para atender as quatro fábricas da TSA, bastando ao usuário selecionar a fábrica que deseja trabalhar. O fluxo de navegação nas telas para se entrar com os dados de produção são semelhantes para cada fábrica e consiste basicamente em:

- liberar matéria-prima;
- selecionar Ordem de Processo para Produção
- alocar matéria-prima à Ordem de Processo;
- iniciar e finalizar Processos (atividades);
- lançar resultados de Processos;
- lançar resultados de ensaios destrutivos das amostras;
- gerar certificado de qualidade; e
- despachar o produto.

OP	Data Entrega	OY	IOY	Cliente	Num.Tubos	Matéria-Prima	Estoque
LS00012230	21/12/2006 00:00	0000175001	10	AÇOTUBO INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.	947090	00000000002204645	1130590
LS00007600	12/01/2009 00:00	0000174578	10	PETROLEO BRASILEIRO S/A - PETROBRASE-ES	200	00000000002203920	1
LX00007600	12/01/2009 00:00	0000174578	10	PETROLEO BRASILEIRO S/A - PETROBRASE-ES	200	00000000002203920	1

Figura 2 - Tela para seleção de Ordem de Processo

Como dito anteriormente, algumas telas são padrões para diversas atividades das fábricas. Tal característica pode ser considerada como ponto positivo neste projeto, visto que traz agilidade na construção do sistema, já que não foi preciso elaborar uma tela para cada processo existente na empresa. Além disso, o sistema ganha a flexibilidade para receber novos processos que as fábricas venham incorporar. As telas de iniciar e finalizar uma fase de processo, bem como de lançamento desses resultados são exemplos desse tipo de tela.

Na tela de início e fim de processo, o usuário digita o código do tubo e o sistema verifica qual processo deve ser iniciado ou finalizado, carregando a tela com as informações adequadas. A Figura 3 exibe as telas para registro de processo, as características da tela são comuns a qualquer processo que o tubo irá sofrer, modificando apenas o nome do processo e o equipamento em questão.

De forma semelhante, a tela de lançamento de resultados de processos possui a mesma estrutura independente do processo. O sistema carrega as informações referentes ao processo em questão, o usuário registra o resultado para cada parâmetro do processo e salva. Os parâmetros são valores cadastrados no sistema e que fazem referência a um determinado processo. Caso novos processos sejam

incorporados nas atividades da empresa, basta cadastrar seus parâmetros sem a exigência de modificação de código.

A Figura 4 exibe a tela de lançamento de resultados para o processo de Inspeção Visual e Dimensional.

Figura 3 - Telas de Registro de Processo

Parâmetros		
Parâmetro	Valor	Unidade
Altura máxima do cordão de solda externo (OK ou NOK)	OK	indefinida
Altura máxima do cordão de solda interno (OK ou NOK)	OK	indefinida
Offset (OK ou NOK)	OK	indefinida

[1] Página 1 de 1

Figura 4 - Tela de Lançamento de Resultado de Processos

A Arquitetura do Sistema

Outro ponto positivo para o desenvolvimento do sistema, foi a arquitetura de software elaborada para o reaproveitamento de código. A arquitetura foi concebida nas atividades iniciais do projeto em paralelo com algumas outras atividades de suporte como a integração com o SAP. Após o estabelecimento de uma arquitetura mais definida, foram feitos pequenos ajustes das atividades iniciadas em paralelo.

O código do sistema foi subdividido em módulos de acordo com o atendimento às camadas de Apresentação (*View*), Negócios (*Business*) e Dados (*Data*). Existem dois outros módulos: um específico aos *drivers* para integração com equipamentos de chão de fábrica e outro com métodos de suporte para todos os outros módulos. A Figura 5 mostra os módulos e os relacionamentos de dependência entre eles. Tal

subdivisão permitiu o reaproveitamento de código comum concentrados no módulo *Common*.

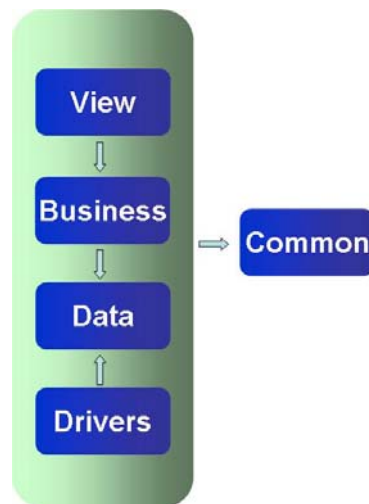


Figura 5 - Módulos do Sistema MES e seus inter-relacionamentos

Em termos de hardware, a arquitetura utilizada consiste em várias camadas de servidores todos com redundância contra falhas. Essa estrutura de servidores foi montada para os testes integrados, fase em que a planta da TSA ainda não estava em operação, utilizando servidores situados na V&M do Brasil, em Belo Horizonte. Após a finalização dos testes integrados e validação da arquitetura de hardware, esta infra-estrutura foi utilizada para o treinamento dos funcionários e, paralelamente, foi montado o ambiente de produção nas próprias dependências da TSA, em Vitória.

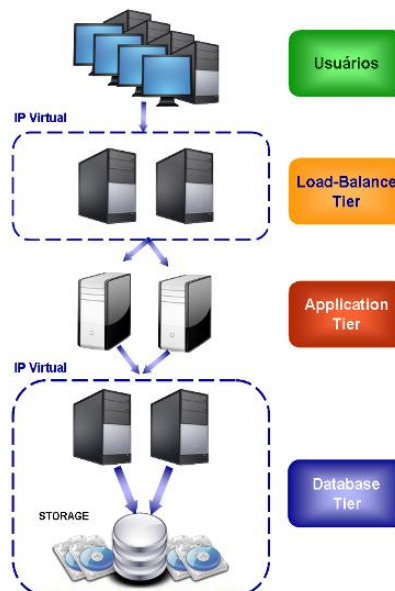


Figura 6 - Arquitetura de Hardware do MES

A vantagem da criação do ambiente de testes nas dependências da V&M do Brasil foi de garantir que a fase de testes integrados ocorresse independente da infra-estrutura da TSA que ainda estava sendo construída. Além disso, os testes geraram um ambiente estável e populado com dados que puderam ser aproveitados para o treinamento dos funcionários da TSA.

Tecnologias Utilizadas

Para o desenvolvimento do sistema foram utilizadas diversas tecnologias para suporte, tais como:

- Struts 1.2 aliado ao Tiles como frameworks para MVC: Estes frameworks permitem a criação de telas com padrões definidos ao projeto. Além disso, toda navegação entre telas e recebimento de requisições dos usuários é feito pelo Struts;
- Hibernate com suporte do Spring: estes frameworks foram utilizados como meio de mapeamento e persistência de dados no banco. O Spring possui uma facilidade para a criação das classes de gerenciamento de comunicação entre os objetos do hibernate e o banco de dados.

A tecnologia utilizada aumenta a agilidade na programação da lógica do sistema e na construção de telas. Por exemplo, sem a utilização de frameworks de persistência, os desenvolvedores teriam o trabalho exaustivo de desenvolver todo código SQL para persistir qualquer modificação no banco de dados.

Existe certa complexidade na aprendizagem dessas ferramentas, mas esse preço é pago no decorrer do desenvolvimento. Além disso, essas ferramentas são de uso comum e já consagradas no mercado.

O desenvolvimento do MES

Para o desenvolvimento foi utilizado a IDE Eclipse com o plugin MyEclipse que foram instalados em cada máquina de desenvolvimento. Além disso, os desenvolvedores contavam em suas máquinas com um servidor de aplicações JBoss de código livre e sem custo de licenças. Este servidor de aplicações foi o mesmo utilizado no próprio ambiente de produção, gerando uma economia significativa com licenciamento e mantendo a qualidade no atendimento aos requisitos do sistema.

Cada desenvolvedor desenvolvia e testava parte do sistema em sua própria máquina, fazendo uso de um banco de dados em um servidor compartilhado. Neste servidor, foi instalado o controlador de versões Subversion no qual todo desenvolvedor compartilhava toda codificação mais atual e suas versões.

Em períodos de duas a três semanas era realizado uma checagem de codificação, na qual cada desenvolvedor revisava o código de outro. O resultado dessa checagem é um relatório com os principais desvios de padronização ou de boas práticas que era enviado para o desenvolvedor e para o Arquiteto. O código revisado era corrigido e os erros mais comuns eram compilados para uma reunião de alinhamento com a equipe.

As reuniões de alinhamento de desenvolvimento eram bem menos freqüentes que a checagem de código. Elas eram importantes tanto para manter a padronização e as boas práticas, como também uma forma de treinamento, pois sempre que um problema era abordado era proposta uma solução para o mesmo.

Com o fechamento do desenvolvimento de alguns casos de uso, era gerada uma nova versão do sistema para testes internos, geralmente realizados pelo líder do projeto. Apesar de o desenvolvedor testar o código durante sua construção, isso não isenta o código de erros devido a testes viciados pelo próprio desenvolvedor. Além disso, uma oportunidade de melhoria seria intensificar a construção e a automatização de testes unitários durante o desenvolvimento. Existem ferramentas

para o desenvolvimento de testes unitários que são classes desenvolvidas pelo próprio desenvolvedor para testar seu código.

A utilização de testes unitários traz benefícios para o desenvolvimento ao longo do tempo, pois garante que a parte do sistema testada continuará funcionando. Além disso, os testes unitários dão uma garantia ao desenvolvedor para o *refactoring* da aplicação, monitorando o comportamento após as modificações. ⁽²⁾

Outro ponto importante para o desenvolvimento foi a realização de uma auditoria executada por uma equipe externa. Essa auditoria avaliou a qualidade da codificação, da documentação e realizou testes de carga e de invasão de sistema. O produto final dessa auditoria foi um relatório com os pontos adequados e pendentes de melhoria entregue ao cliente e à equipe de desenvolvimento.

Os Testes Integrados

Durante os testes integrados, todas as funcionalidades do MES foram testadas desde o início com a baixa de informações do SAP, passando por todos os apontamentos de produção, até o fim com a subida de dados de produção ao SAP e a geração do certificado de qualidade do tubo no MES.

A etapa mais exaustiva do teste foi a integração com o SAP, pois nessa etapa surgiram pequenas modificações e inconsistências com o que havia sido desenvolvido. Além disso, essa foi a etapa de teste que demandou maior sinergia entre a equipe de teste do lado MES e a equipe de teste do lado SAP.

Foi nesta fase do projeto que os sintomas da falta de utilização de testes unitários mais impactaram. Nesta fase, algumas correções demandadas geraram novos erros em funcionalidades já testadas. Tal problema poderia ser minimizado com o uso mais amplo de testes unitários na fase de desenvolvimento.

O Treinamento

Como dito anteriormente, o treinamento foi realizado utilizando-se os servidores dos testes integrados. Foram treinadas duas turmas de usuários simulando todo o funcionamento do sistema em um fluxo semelhante ao o que ocorreria na fábrica.

Cada turma foi subdividida em grupos de acordo com a função do usuário na fábrica. O instrutor exibia em um projetor cada passo de utilização do sistema e informava qual grupo iria executá-lo. Posteriormente, o grupo designado executava os passos no sistema e o instrutor passava para o próximo passo e para o próximo grupo, sucessivamente, até a produção total dos tubos e a finalização da Ordem de Processo.

A Implantação

Um dos grandes desafios da realização desse projeto foi o fato de tanto a fábrica quanto o sistema serem novos. Existia uma grande preocupação com a finalização e entrega do MES, pois o início de atividades da fábrica não podia atrasar e dependia da implantação do sistema, dada a necessidade de um sistema para o processo produtivo.

A fase de implantação do sistema teve início logo após a finalização dos treinamentos, mas devido a problemas decorrentes da própria implantação da fábrica essa fase teve de ser adiada por cerca de um mês.

Por se tratar de uma nova fábrica, essa pequena defasagem entre treinamento para o sistema e a real implantação do sistema, decorrente da implantação física da fábrica, impactou na utilização do MES, visto que a operação não possuía uma experiência cotidiana de seu processo conjugado com um sistema de manufatura. Como consequência, a fase de operação assistida teve de ser ampliada de três meses para cinco meses, para dar suporte tanto a pequenos acertos como também ao uso do sistema, pois muitos usuários não se sentiam confortáveis em utilizar o sistema sem apoio. A Figura 7 exibe um cronograma ilustrativo com o impacto na Operação Assistida decorrente da defasagem entre o treinamento e a implantação do sistema.

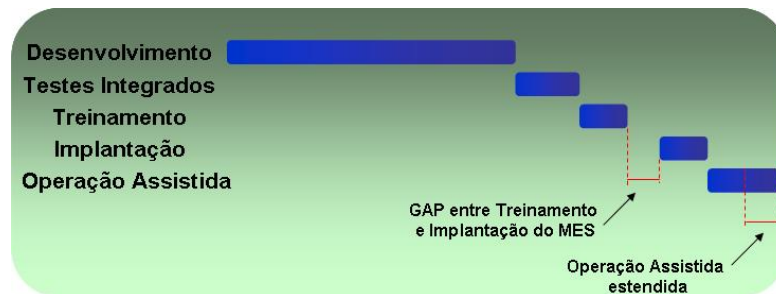


Figura 7 - Impacto no cronograma

Atualmente, a fase de operação assistida foi finalizada e o sistema se encontra em operação. Os usuários já estão seguros quanto à utilização do sistema e existe um contrato de manutenção para apoio, pequenos acertos e melhorias.

CONCLUSÕES

O grande desafio do projeto foi desenvolver um sistema capaz de suprir as necessidades de uma fábrica em nascimento. As dificuldades encontradas não estão apenas no âmbito técnico de desenvolvimento de software, elas residem também no fato da fábrica ser nova e os requisitos implantados não atenderem conforme o que se pensou na fase de levantamento. Existe dificuldade até em se encontrar disponível um usuário-chave com conhecimento total das necessidades da empresa, pois as prioridades da construção da fábrica poderão exigir deste usuário um esforço maior.

Outro ponto de observação é o gerenciamento de riscos sendo importante um plano bem elaborado de contingência. Os cronogramas de implantação da fábrica e do sistema devem estar perfeitamente alinhados. A fábrica teria problemas caso o sistema se atrasasse, pois o recebimento das informações do SAP e a emissão do certificado de qualidade são dependentes do sistema. Além disso, atrasos na implantação da fábrica podem trazer impactos de alocação de recursos para a implantação do sistema, pois com o desenvolvimento finalizado as pessoas envolvidas seriam posicionadas em outros projetos. Para contornar o impacto deste risco é essencial a comunicação de qualquer alteração nos cronogramas de construção da fábrica, dessa forma é possível acelerar ou desacelerar o desenvolvimento do sistema ajustando o escopo do projeto ou a quantidade de recursos alocados tentando manter o orçamento original do projeto, porém é importante que a empresa contratante possua reservas para possíveis problemas.

Uma característica vantajosa na implantação de um sistema em uma nova fábrica é a ausência de um sistema legado e de uma rotina de trabalho engessada. Isso facilita a incorporação da utilização de um sistema no processo produtivo, pois não há o fator cultural para ser superado.

Além disso, a implantação do sistema junto com startup da fábrica possui a vantagem de permitir um alinhamento dos procedimentos operacionais fabris com o planejado na fase de concepção do MES. Dessa forma, é possível evitar vícios operacionais baseados em procedimentos pouco planejados, sendo desejável o amadurecimento tanto dos processos fabris quanto do MES em paralelo.

Agradecimentos

Os autores desse artigo não o escreveram sem ajuda, apenas transcreveram a história de todo o esforço das equipes da Chemtech, V&M do Brasil e TSA que, em conjunto, trabalharam para o sucesso do projeto. Fica registrado aqui o agradecimento a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para essa realização.

BIBLIOGRAFIA

- 1 ALVES, C. H. N., Almeida, P. I. F. Integração do chão-fábrica com o sistema empresarial, uma realidade que veio para ficar. Revista Intech Brasil nº 71, 2005.
- 2 Gazola, A., David, E. A. Testes unitários para camadas de negócios no mundo real. Revista Mundo Java, nº 23, 2007.