

## “UPGRADE” DO SISTEMA DE CONTROLE AUTOMAX EM UM LAMINADOR DE FIO MÁQUINA

*Alexander Schultz Rizek<sup>1</sup>*

### **Resumo**

O trabalho que será apresentado irá descrever o projeto realizado de atualização tecnológica do sistema de controle com controladores Automax instalado em um laminador de fio máquina de dois veios, a Acerías Paz del Río, da Votorantim Siderurgia na Colômbia. Este projeto consistiu na substituição do antigo sistema de controle com PLC's Automax do laminador fio máquina de dois veios, mantendo-se parte do sistema antigo Automax convivendo com o novo sistema Controllogix. O novo PLC instalado para o controle do laminador foi o Rockwell ControlLogix, através do qual foi desenvolvido o controle principal do laminador, como: cascata de velocidade utilizando o fator R, que poderia ser ajustado do IHM (antes os ajustes eram feitos diretamente no rpm dos motores), controle de laços, controle das mesas de laço, as primeiras da Russula, produzidas e programadas em companhia com a Russula Itália exclusivamente para esse projeto, controle de tração, ciclos de posicionamentos manuais e automáticos, intertravamentos, etc.

**Palavras-chave:** Automax; Controllogix; Laminador

### **"UPGRADE" FROM AUTOMAX CONTROL SYSTEM ON A WIRE ROD MILL**

### **Abstract**

The work to be presented will describe the project conducted a technology upgrade of the control system with Automax controllers installed in a mill two-spindle machine wires, Acerías Paz del Río, the Votorantim Steel in Colombia. This project involved the replacement of old control system with PLC's Automax of the mill two-shaft machine wire, keeping part of the Automax old system coexisting with the new Controllogix system. The new PLC installed to control the mill was the Rockwell ControlLogix, which was developed by the main control of the laminator, such as: cascading speed using the R factor, which could be adjusted from the MMI (before adjustments were made directly in rpm engines), loop control, loop control tables, the first of Russula, produced and programmed in company with Russula Italy exclusively for this project, traction control, cycles of manual and automatic placements, interlocks, etc.

**Keywords:** Automax; ControlLogix; Laminator.

<sup>1</sup> *Engenheiro Eletricista, Engenheiro de Automação, Departamento Diretoria, Russula do Brasil Ltda., São Paulo, SP, Brasil.*

## 1 O LAMINADOR

Este laminador da Paz del Rio (Votorantim) instalado na Colômbia é uma laminador de fio máquina Morgan de fio-maquina, em dois veios. É um laminador antigo provavelmente dos anos 80 ou ainda antes. É constituído de um forno de 60ton/hora, que foi fornecido recentemente com objetivo de elevar sua capacidade. O laminador tem um trem de desbaste, um intermediário e um pré-acabador comum, onde se laminam dois tarugos por vez e logo após o pré-acabador, o laminador se divide em duas linhas acabadoras com blocos de alta velocidade e formadores de espiras.

- Tamanho do tarugo: 130 X 130 mm com 12m
- Velocidade do laminador: 50 m/s
- Produção mensal: 27.000 t/m com o REVAMP passamos para 30.000 t/m
- Forno: ton/hora; 60 t/h
- Produtos produzidos:
  - Redondo : 5,5 mm to 12.50 mm FM e Vergalhão de 6.30 a 12.50 mm
  - Aço: baixo carbono para FM.



Acierias Paz del Rio - Tren Morgan  
Nuevo Sistema de Control

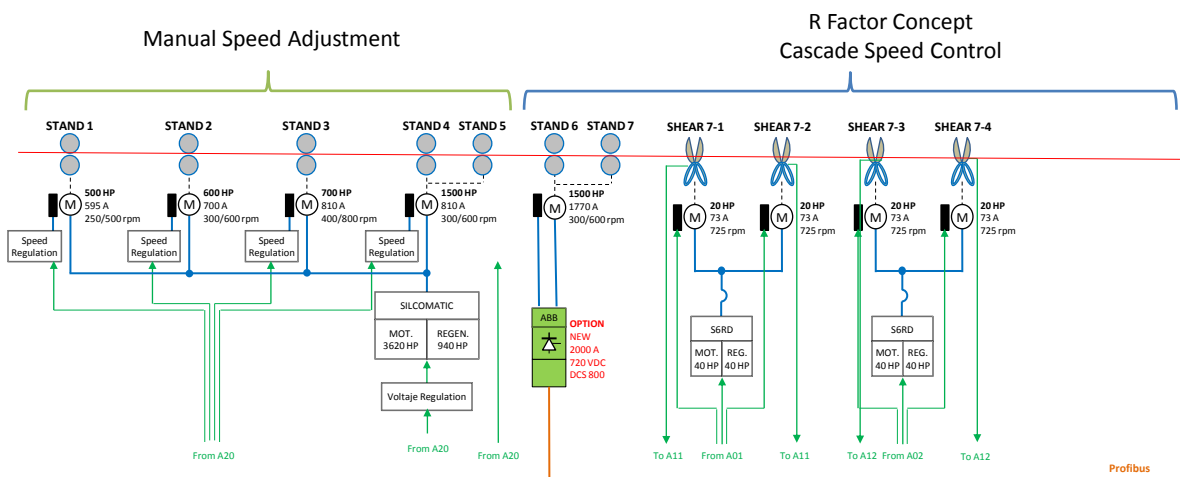


Figura 1. Desbaste e Intermédio

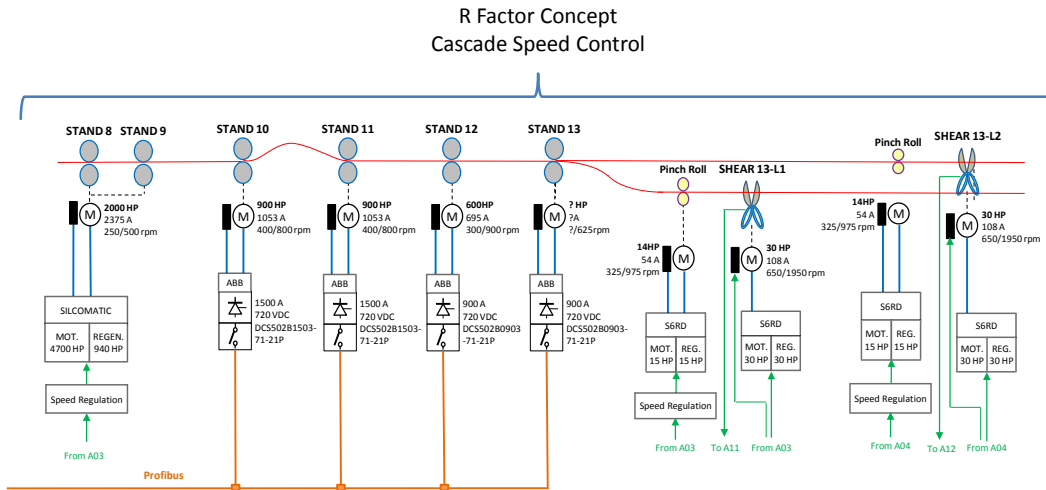


Figura 2. Pré-Acabador

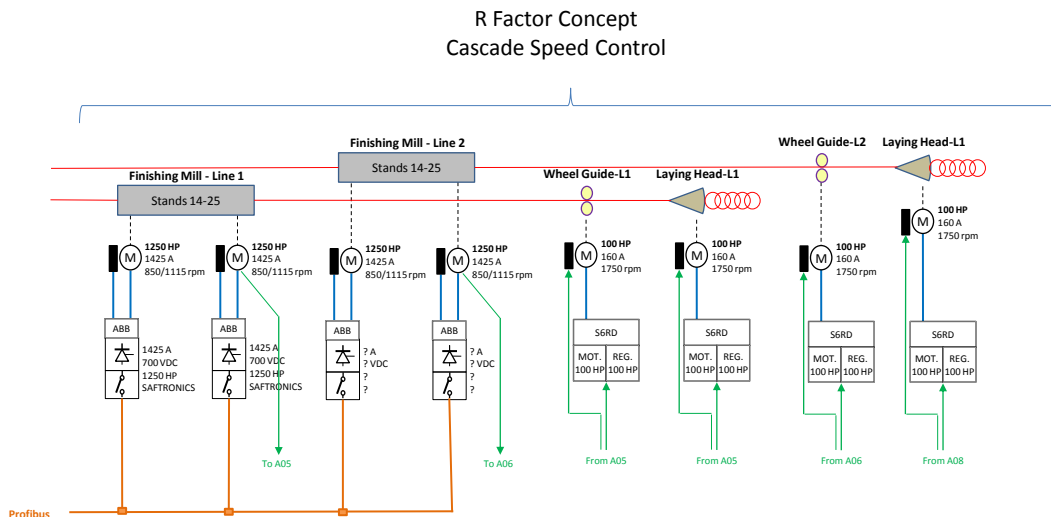
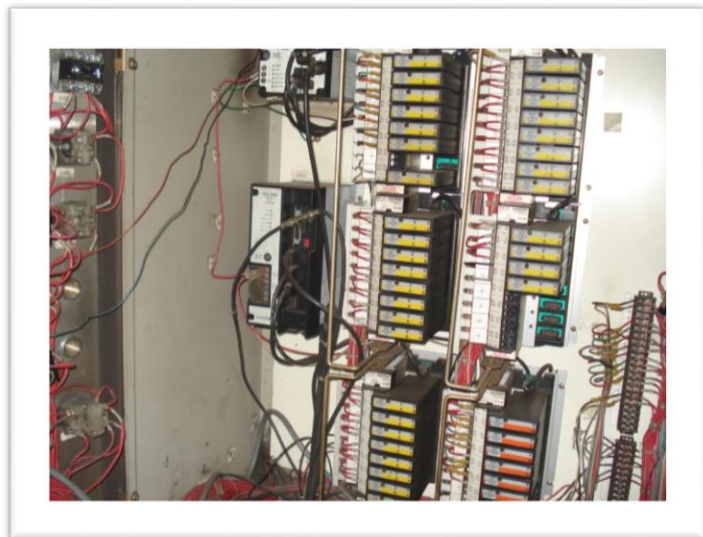


Figura 3. Acabador

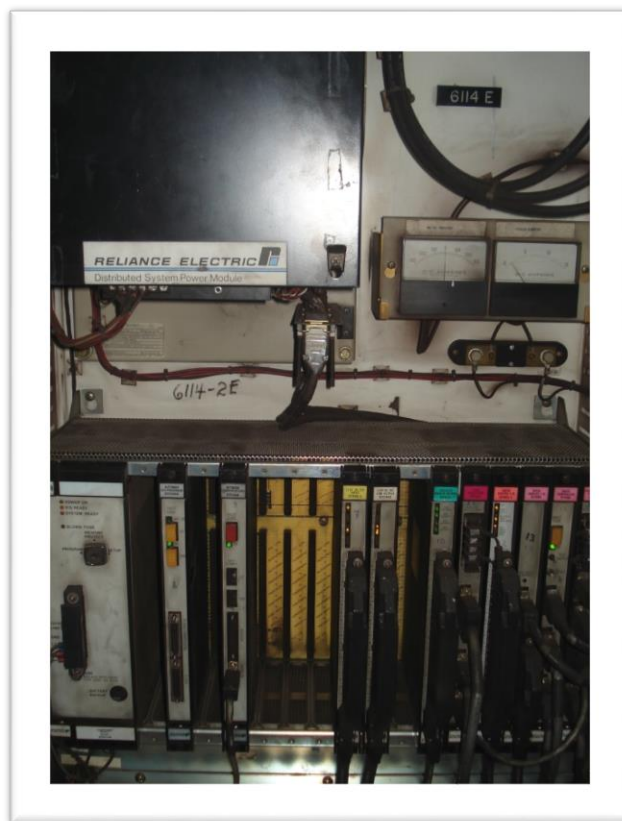
## 2 O PROJETO

Todo o laminador estava controlado por PLC's AUTOMAX bastante antigos e obsoletos e este projeto consistiu na substituição do antigo sistema de controle com PLC's Automax do laminador fio máquina de dois veios. O novo PLC instalado para o controle do laminador foi o Rockwell ControlLogix, através do qual foi desenvolvido o controle principal do laminador, como: cascata de velocidade utilizando o fator R, que poderia ser ajustado do IHM (antes os ajustes eram feitos diretamente no rpm dos motores), controle de laços, controle das mesas de laço, as primeiras da Russula, produzidas e programadas em companhia com a Russula Itália exclusivamente para esse projeto, controle de tração, ciclos de posicionamentos manuais e automáticos, intertravamentos, etc.

Como o cliente optou por manter alguns racks de Automax de I/O remotas e 10 drives Automax, foi necessário desenvolver um "gateway" entre o sistema novo ControlLogix e o antigo sistema, substituindo somente as declarações de variáveis no Automax, comuns entre os PLCs. Com este "gateway" foi possível que informações de campo que chegavam no Automax e acionamentos da rede de controle antiga, pudessem estar conectados à rede do ControlLogix. No total foram cinco PLCs novos: um para o Roughing Mill, um para o Intermediate Mill, dois para o Finishing Mill e um para o Reforming.



**Figura 4.** Remota Existente



**Figura 5.** Rack Automax Existente

Com respeito aos acionamentos do laminador, foram substituídos alguns acionamentos antigos analógicos por modernos acionamentos digitais ABB DCS800, sendo que em alguns casos foram feitas reformas nos acionamentos antigos de forma a manter as pontes de tiristores existentes e somente inserir um controle

novo, o que chamamos de “Retrofit KIT”. Este novos acionamentos foram inseridos em uma rede Profibus e todo cabeado antigo foi substituído.



**Figura 6.** Acionamento Obsoleto do Bloco Acabador



**Figura 7.** Tiristores do Acionamento Obsoleto do Bloco Acabador



**Figura 8.** Acionamento Novo do Bloco Acabador

## 2.1 Arquitetura de Controle Após reforma

Veja arquivo anexo D Control Rev00

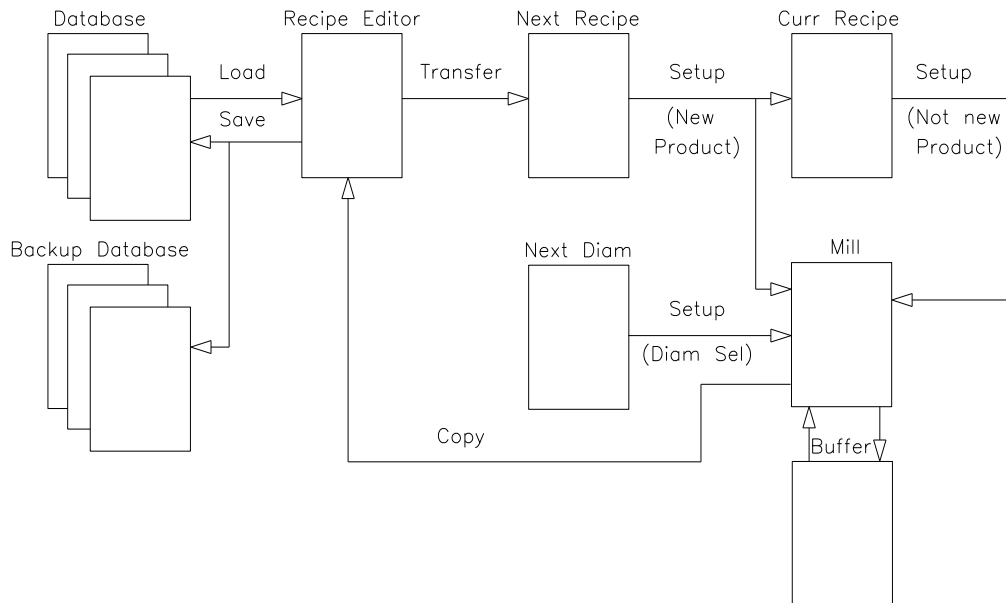
### 2.1.1 Funções de controle principais implementadas

#### ✓ Receitas de laminação

O sistema de receitas de laminação foi projetado para permitir ao operador elaborar uma biblioteca contendo as configurações dos acionamentos de um laminador para cada uma das dimensões mais freqüentes de material laminado. As receitas são identificadas e relacionadas em função da bitola do material.

O operador pode fácil e rapidamente modificar e regravar os programas de laminação para reutilização e, desta forma, aperfeiçoar gradativamente o processo de laminação. Os programas podem ser armazenados a partir de valores reais ajustados durante a laminação, ou diretamente pelo operador por meio do teclado.

Cada programa de laminação contém basicamente a configuração do laminador, “fatores R”, fatores de canal (“Groove”) de cada acionamento, velocidade de produção (velocidade periférica da última cadeira de laminação), bem como sobrevelocidade e dados específicos de equipamentos auxiliares (tesouras, impulsionadores, etc.).



**Figura 9.** Fluxo do Sistema de Receitas

### ✓ Distribuição de Referencia

A distribuição de referências consiste em um sistema de cascata que gera as referências de velocidade dos motores principais em todo laminador. Essa cascata age normalmente na direção da última para a primeira gaiola de laminação com o propósito de manter constante a velocidade do material nessa última gaiola.

O sistema de controle utiliza a velocidade de produção inserida pelo operador para o cálculo da rotação a ser aplicada no motor de modo a obtermos a velocidade periférica desejada na última gaiola do laminador.

Para esse cálculo necessitamos das seguintes variáveis:

- Fator de “Groove” e diâmetro do rolo, inseridos pelo operador;
- Redução do motor e valor máximo de rpm, parâmetros fixos do laminador.

A velocidade periférica de saída de uma gaiola de laminação pode ser calculada usando a seguinte fórmula:

$$VelocidadeLinear_{[m/s]} = \frac{(Dia - Groove) * \pi * rpm}{60.000 * i}$$

onde:

Dia = Diâmetro do cilindro [mm]

Groove = Fator “Groove” [mm]

$\pi = 3,141592$

rpm = velocidade do motor [rotações/min]

i = redução do motor

Para a gaiola anterior dividimos a velocidade de produção pelo fator “R” da última gaiola, obtendo assim a velocidade de saída da gaiola anterior. De posse de valor aplicamos o mesmo cálculo e variáveis acima para encontrarmos a rotação correta da penúltima gaiola. Esse procedimento é repetido até a primeira gaiola de laminação. Essa cadeia de cálculo é denominada cascata principal “upstream”.

O sistema de controle utiliza internamente a unidade métrica para os cálculos, já os valores apresentados nas telas da IHM podem ser em outro sistema (por exemplo, o sistema “imperial”).

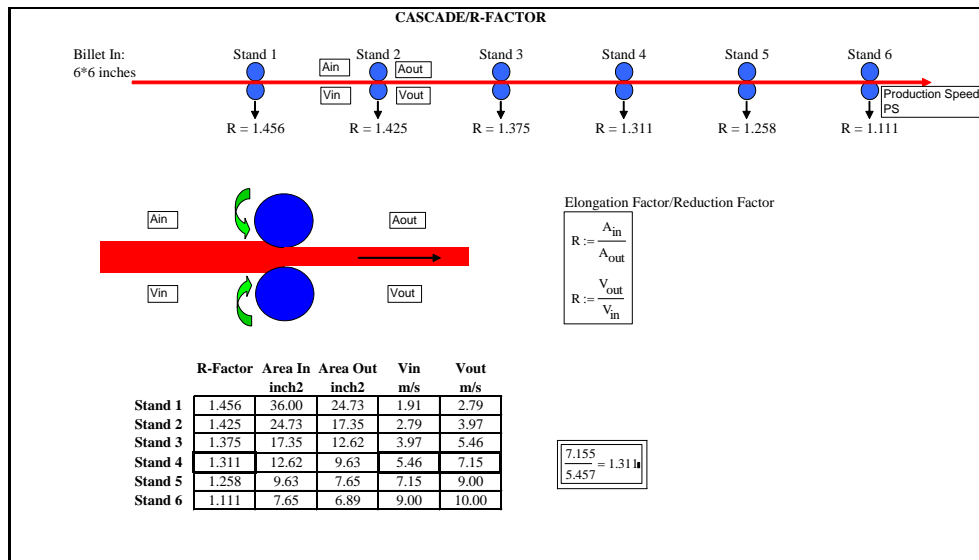


Figura 10. Fator R

### ✓ Controle de Tração

O sistema de controle de tração garante que a barra seja laminada com uma tração mínima. O operador ajusta a tração (força/área) necessária que é transformada em torque de laminação. O torque do motor da gaiola “upstream” é medido e a velocidade é ajustada de modo a manter um nível desejado do torque na gaiola.

As tomadas instantâneas do torque da gaiola “upstream” são obtidas quando a cabeça da barra está próxima à gaiola “downstream”. Esse torque deve ser memorizado antes de atingir a gaiola “downstream”, evitando inclusive a guia de entrada da gaiola “downstream”. Este valor de torque memorizado é comparado com o torque atual da gaiola “upstream” depois da barra ter passado pela gaiola “downstream”. A velocidade da gaiola “upstream” é então ajustada, pelo fator-R, para manter o valor desejado de torque.

### ✓ Controle de Laço

A finalidade principal da função de controle automático de laço é controlar e manter a laminação livre de tração, através de um laço de material entre duas cadeiras de laminação.

As informações de altura do laço e a detecção do material são fornecidas pelo sensor de laço. A medição do valor é interpretada pelo sistema de controle, fornecendo uma medição em unidade de engenharia (mm). Este valor é compensado por uma posição de entrada do laço (ELP), parâmetro do controle do sistema, para definir a posição zero do material.

### ✓ Controle Manual

O operador pode ajustar a velocidade de referência e o fator-R, por meio das chaves de cascata sobre a mesa de operação. Isso irá sobrescrever qualquer controle automático e agir na direção da cascata principal. Esta correção manual pode ser utilizada para ajustar a tração em um determinado trecho onde não haja controle automático, ou para corrigir uma variação muito grande onde o controle automático possa falhar.

### ✓ Tracking do Material

O sistema de “tracking” acompanha a barra ao longo de sua passagem pelo laminador. O “tracking” é responsável pela ativação correta dos controles automáticos de tração e laço.



O controle de tração usa o sistema de “tracking” para coletar o ponto exato de medição do torque e habilitar o controle de tração. Já o controle de laço usa o “tracking” da cabeça e da cauda para subir e abaixar o formador de laço e iniciar o controle integral. Outras funções também usam o “tracking” para determinar o sequenciamento correto, tais como liberação do fator de compensação de impacto. A função de detecção automática de sucata também utiliza o sistema de “tracking” para indicar uma possível situação de sucata.

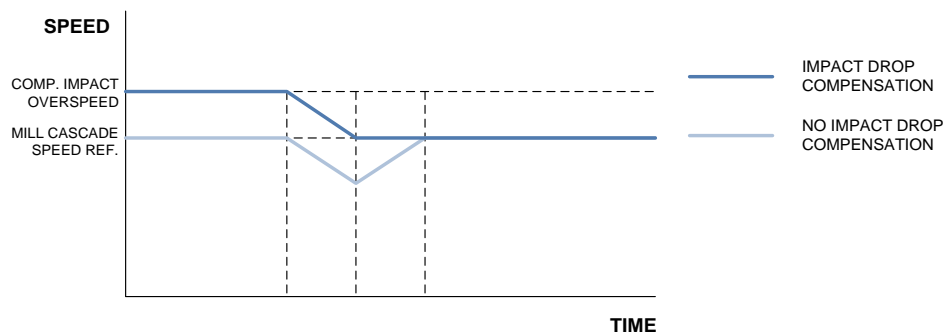
O sistema de “tracking” utiliza sensores de detecção de material e/ou indicação de carga no motor para acompanhar a barra no laminador. O tempo que a barra deve levar para percorrer uma determinada distância é calculado através da velocidade do material e das distâncias entre gaiolas e sensores de detecção de metal quente. A indicação de carga no motor ou o sensor de detecção são usados para verificação e aferição dos tempos calculados.

#### ✓ **Detecção Automática de Sucata**

Utilizando a posição exata da cabeça a todo momento, o sistema detecta possíveis sucatas durante a laminação automaticamente, e em função desta informação toma decisões importantes para evitar danos ao laminador ou mesmo provocar grandes paradas ou mesmo perdas de material. As decisões podem ser como, por exemplo, picotamento da barra laminada, fechamento do forno, fechamento das snap shears do bloco, etc..

#### ✓ **Compensação de Impacto**

A compensação de impacto consiste em aumentar a velocidade da gaiola para a entrada da barra, reduzindo assim a caída de velocidade com o impacto da barra na gaiola. Após a barra esta sendo laminada na gaiola, se corrige a referencia de velocidade para aquela determinada pela cascata de velocidades.

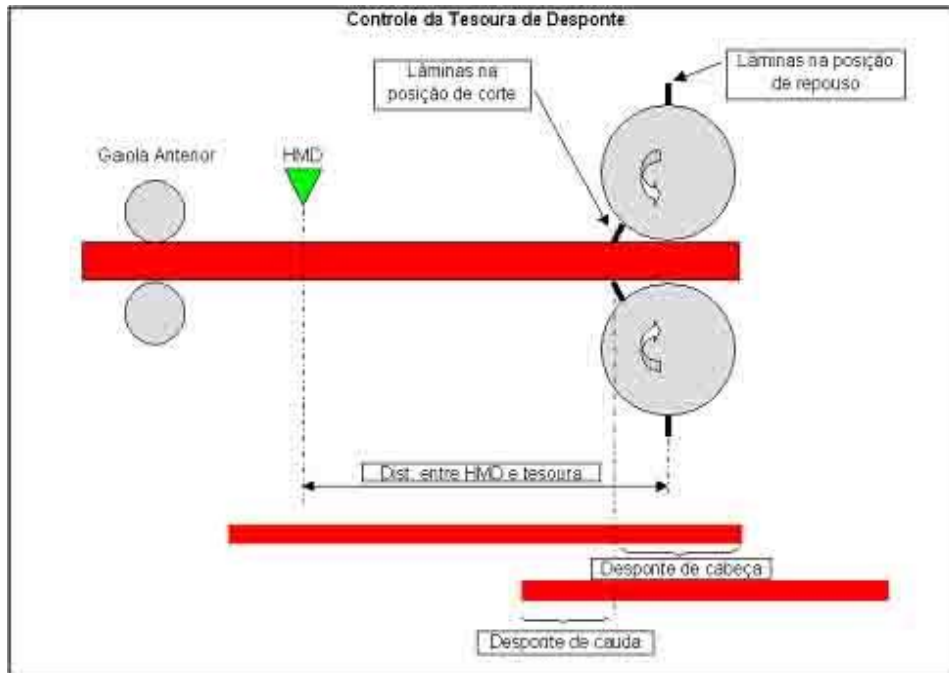


**Figura 11.** Compensação de Impacto.

#### ✓ **Tesouras de Desponte**

A função da tesoura de desponte é cortar um pedaço da cabeça ou da cauda, que normalmente apresentam irregularidades, em tamanhos definidos pelo operador.

O controle do disparo utiliza uma HMD (Sensor de detecção de material – *hot metal detector*) localizada antes da tesoura. Quando a cabeça ou a cauda da barra passa pelo HMD, um bloco integrador começa a calcular a distância percorrida com a velocidade do material, quando este valor atinge o tamanho calculado, o ciclo de corte é acionado (Figura 12).



**Figura 12.** Controle da tesoura de desponte.

Na IHM dispomos das seguintes opções:

1. Seleção de desponte de cabeça e/ou cauda; e
2. Comprimento do desponte de cabeça e/ou cauda.

✓ **Barra Fantasma**

A barra fantasma consiste em uma ferramenta muito importante para o operador do laminador. Esta ferramenta simula efetivamente uma barra no laminador, movimentando tesouras, abrindo água, formando laços, posicionando sistemas. Com isto o operador antes de iniciar uma corrida após uma parada, pode certificar-se que não há nenhum sistema desligado ou em mal funcionamento, evitando assim sucata.

**2.1.2 A Reutilização das unidades remotas existentes**

Um dos pontos importantes do projeto foi de manter parte das unidades remotas do sistema Automax existentes, por razões de evitar grandes modificações de cabos e trabalhos com instalação elétrica. Outro ponto também de igual importância foi de se manter alguns acionamentos com o sistema Automax. Todos estes equipamentos deveriam ser mantidos, deveriam seguir comunicando com o sistema de controle novo que seria implantado Controllogix.. O PLC ControlLogix pode-se comunicar com várias outras CPU's de acordo os cartões de comunicação instalados no rack. Uma das CPU's Automax que aceita a comunicação é a CPU AutoMax 57C431. Através do cartão 56AMXN alocado no rack do Controllogix onde um cabo serial é conectada à porta serial deste mesmo cartão e à porta serial do cartão de comunicação no Automax, a comunicação é realizada através do cartão AutoMax 57C404A (NET COM), responsável pelo controle de acionamentos, cujo drive é do tipo AutoMax, e também através do cartão 57C416 responsável pela comunicação às remotas presentes na rede, sendo necessário um cartão 56AMXN independente para controle de acionamento ou remota.

Para se realizar o mapeamento é necessário o software 56AMXNRioCfg para que seja gerado uma tabela com a conversão dos bits AutoMax para a linguagem

\* Contribuição técnica ao 18º Seminário de Automação e TI Industrial, 23 a 26 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

ControlLogix. Após ser gerada, a tabela deve ser inserida na lista de variáveis globais e deve ser declarado dentro do programa como parte de hardware um cartão genérico, no caso da comunicação de remotas ou um cartão 56AMXN no caso de comunicação com acionamentos.

### 2.1.3 Sistema HMI

Também foi instalado um sistema de interface homem-máquina (IHM), pois o existente era muito deficitário, com apenas uma tela informando velocidades de laminação para cada produto. O IHM escolhido foi o Wonderware InTouch, com dois servidores em “hot stand-by”. Neste IHM foi instalado um sistema de receitas de laminação, que antes era à parte e suportava somente três receitas, para um muito mais elaborado, contém uma vasta base de dados em SQL, além de outras ferramentas poderosas, como a supervisão geral do laminador, telas detalhadas de todas as parte do trem, migração de diversos botões físicos para as telas do IHM (reduzindo espaço e poluição visual do púlpito), adição de botões novos e a introdução de uma tela sensível ao toque, com alguns comandos que também podiam ser acessados pelo IHM convencional, caso necessário.

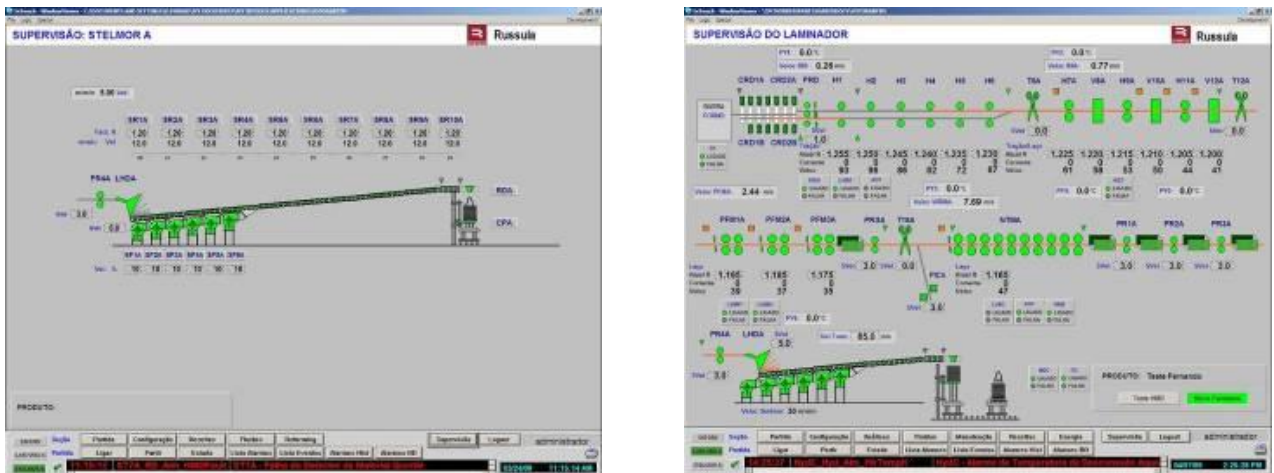


Figura 13. Telas de Supervisão

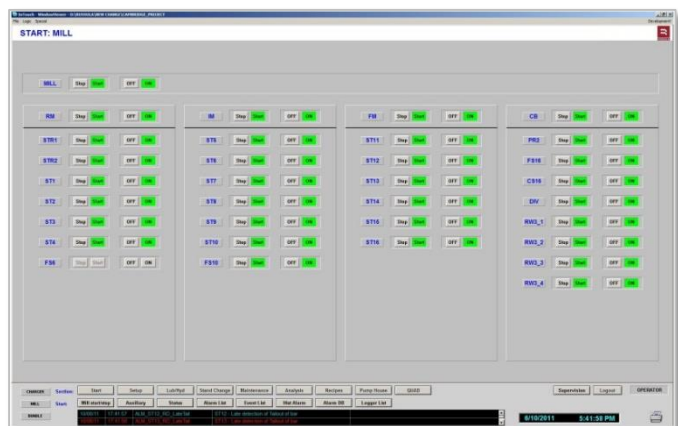
Cada acionamento dispõe de um pop-up, com informações de parâmetros e intertravamentos. Com estes recursos se agiliza muito as análises de falhas em cada um dos acionamentos e dispositivos do laminador.



Figura 14. Telas Auxiliares para Acionamentos

\* Contribuição técnica ao 18º Seminário de Automação e TI Industrial, 23 a 26 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Cada um dos acionamentos do laminador se pode ligar e partir individualmente ou por grupos do laminador.



As telas do operador mostram de maneira simples as condições para ligar, partir e laminar.

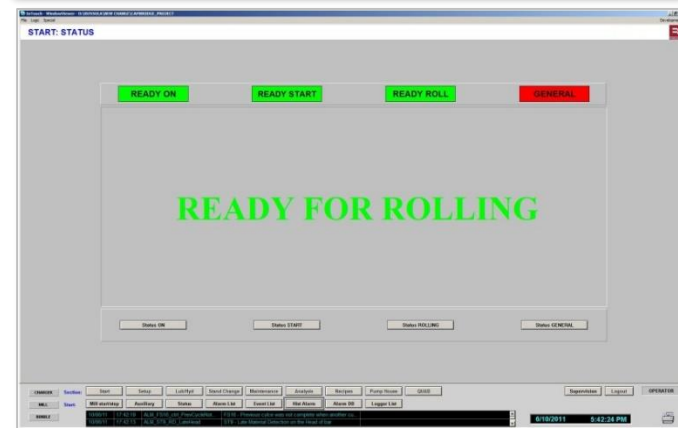


Figura 15. Telas de Configuração e Status do Laminador

### 2.3 PDA

Um registrador de eventos IBA (PDA – Process Data Acquisition) também foi fornecido. Este registrador de eventos no laminador tem como principal função registrar informações diversas do laminador tais como: velocidades, correntes, acionamento de I/O's, etc, facilitando a solução de defeitos por parte do pessoal da manutenção. O registrador é da marca IBA, e tem uma capacidade de fazer aquisições de eventos com intervalos de até 1ms por hardware e 20ms por rede TCP/IP. Com esta ferramenta podemos dizer que não incorremos no mesmo problema duas vezes, pois na primeira ocorrência o sistema nos guia na identificação da causa, auxiliando na solução da falha, ou seja, é indispensável. No exemplo de tela do IBA (Figura 15), podemos ver o controle de GAP do laminador



**Figura 16.** Registro de variáveis do controle de GAP.

## 2.4 Comissionamento e Posta em Marcha

Durante 18 dias, 13 engenheiros comissionaram o projeto. Um dos grandes desafios, foi imposto pelo cliente: fazer toda a troca do sistema em uma única semana. Apenas seis dias após a parada, a equipe da Russula foi capaz de testar sua primeira barra em uma das linhas. No sétimo dia, a outra linha também recebeu sua primeira barra. Após isso, foram efetuados eventuais ajustes no programa, o acompanhamento de produção (principalmente quando iam passar algum material distinto do que já havia sido aprovado) e treinamentos para o pessoal em planta. Foram necessários somente alguns dias de laminação para que o time de qualidade da Votorantim fizesse grandes elogios à qualidade dos produtos laminados com o novo sistema.

Para este sucesso, todas as atividades foram planejadas anteriormente, já que a Votorantim tinha uma grande quantidade de atividades de instalação elétrica para fazer antes de liberar as frentes de trabalho para a Russula.

Abaixo segue um resumo das atividades:

Comissionamento trem de laminação fio-máquina de 2 veios – Votorantim Acerías Paz del Río

✓ Equipe Técnica:

- 3 engenheiros para drives;
- 5 engenheiros para programação de PLC;
- 2 engenheiro para HMI;
- 1 engenheiro supervisor;
- 1 engenheiro chefe de projeto;
- 1 engenheiros para mesas de laço.

✓ 16 a 18 de Janeiro;

- Período pré-parada para verificação e planejamento;
- Chegada de 3 engenheiros da Russula para resolução de dúvidas.

✓ 19 de Janeiro;

- Chegada do restante dos engenheiros;
- Curso de segurança em planta.



#### ✓ **20 de Janeiro**

- Primeiro dia de parada do laminador;
- Instalação das estações de engenharia e de HMI, e dos cabos de rede para comunicar com os PLCs previamente instalados;
- Instalação de todos os novos sensores indutivos;
- Instalação do púlpito novo (até 22 / Jan);
- Instalação dos acionamento novos e retrofit's (até 22 / Jan);
- Início da manutenção completa do trem (a partir do reforming).

#### ✓ **21 de Janeiro**

- Início dos testes de sinais de I/O das remotas (até 23 / Jan);
- Testes de comunicação com os PLCs remanescentes do Automax e mudança nas variáveis de comunicação do Automax de "LOCAL" para "COMMON", possibilitando o acesso via ControlLogix;
- Início dos testes de movimentos em vazio (a partir do reforming – até 25 / Jan).

#### ✓ **22 de Janeiro**

- Instalação dos HMDs das caixas 1 a 7 e das HMDs após o bloco;
- Instalação do Loop Scanner;
- Testes de comunicação com o iba;
- Testes de comunicação com os drives;
- Testes de comunicação entre os PLCs (REF, FM1, FM2, IM e RM).

#### ✓ **23 de Janeiro;**

- Instalação dos HMDs das caixas 8 a 13;
- Configuração dos cartões novos e instalação dos encoders novos;
- Instalação e adaptação do trem às mesas de laço.

#### ✓ **24 de Janeiro**

- Substituição dos cabos dos drives antigos (até 26 / Jan)
- Testes dos ciclos automáticos no trem (reforming, stelmor, tesouras, bloco, formador de espiras e caixas de água).

#### ✓ **25 de Janeiro**

- Barra fantasma na linha 1;
- Testes de barra na linha 1 até tesoura 7 picotando, depois no trem completo;
- Laminação de algumas barras.

#### ✓ **26 de Janeiro**

- Barra fantasma na linha 2;
- Testes de barra na linha 2 até tesoura 7 picotando, depois no trem completo.

#### ✓ **27 de Janeiro em diante**

- Acompanhamento da produção;
- Treinamentos para o pessoal em planta.

### **3 O SUCESSO**

#### **3.1 O sucesso Pode ser Definido pelo Cliente**

- ✓ Melhor Turno de produção da história 535 ton (úteis) 29 de Maio "Record"
- ✓ Melhor mês de produção da história 30.346 ton Maio "Record"
- ✓ Melhor taxa de utilização do laminador 73.8%
- ✓ Rendimiento Metálico 95.63%
- ✓ Indisponibilidade por manutenção 5.9%

**4 ANEXO "D"**

