





**USIMINAS** 



# LTQ2

## Pátio de Placas e Pátio de Bobinas

**Comunicação Sem Fio  
aplicada na  
Automação Industrial**

Cubatão  
MASI  
LTQ2

**Participantes:**

Alexandre Teixeira  
Augusto Cezar  
Julio Cesar  
Luciene Coelho  
Rafael Salvino  
Renato França  
Rogério Vieira  
Wagner Moreira

**USIMINAS** 



# Introdução

USIMINAS 

Os sistemas alvo deste trabalho são os Pátios de Placas e Bobinas, respectivamente entrada e saída do novo LTQ, inaugurado há dois anos. O projeto da linha inteira foi desenvolvido por empresas estrangeiras, mas a participação da equipe de suporte técnico, existente na época, foi essencial para obter ótimos resultados em termos de comunicação em rede com e sem fio, como será apresentado na segunda parte deste trabalho.



# Laminador de Tiras a Quente

USIMINAS 





# LTQ

USIMINAS U

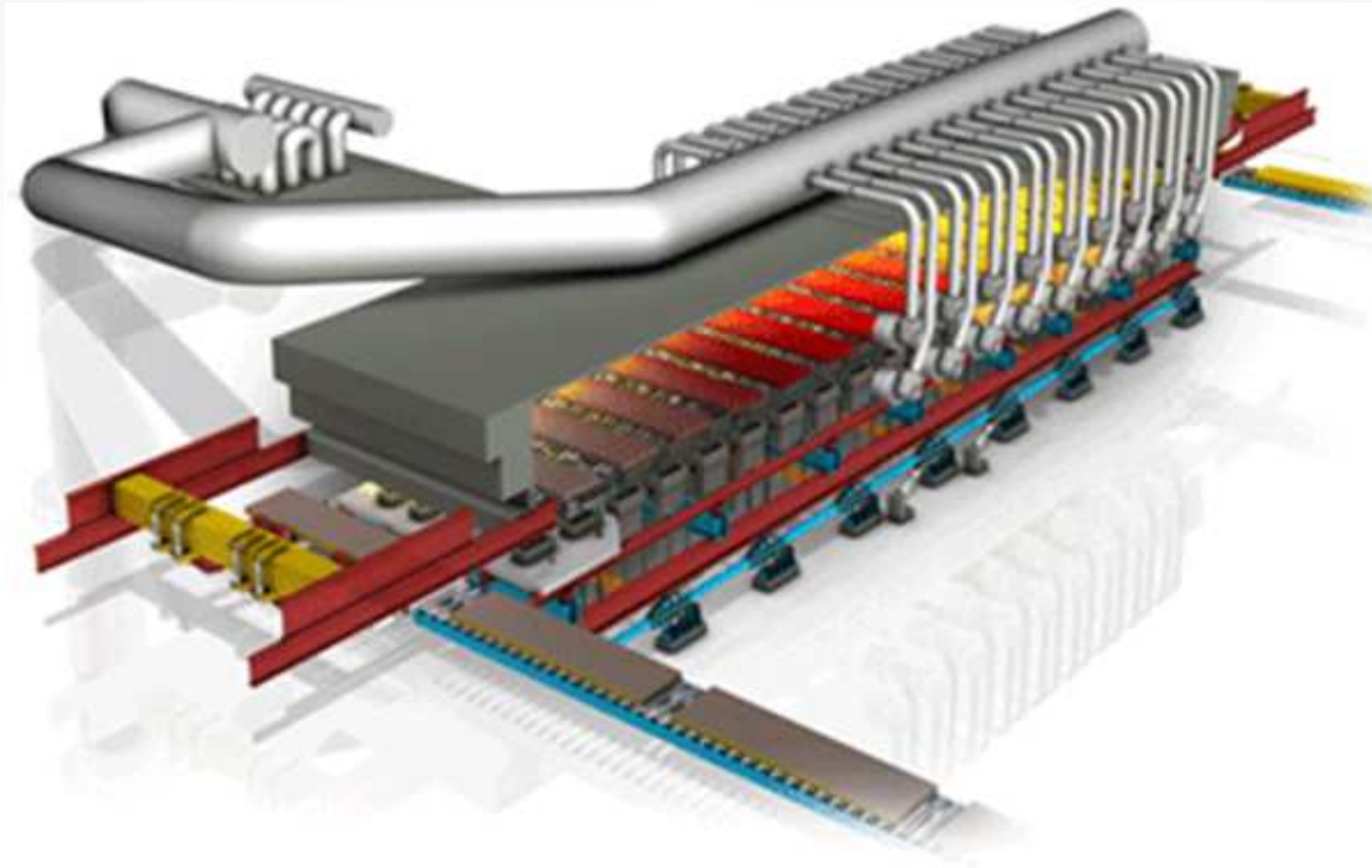
## Pirâmide de automação

- É o principal sistema de automação do LTQ, sendo composto por 4 níveis hierárquicos:
- O Nível 3 (corporativo) envia o programa com os dados para produção;
- O Nível 2 (otimização e supervisão) tem o objetivo de rastrear o material ao longo de toda a linha desde a mesa de entrada no pátio de placas até o post-coiler no pátio de bobinas e sendo assim, é possível enviar os *setups* e coletar os resultados dos sistemas. É responsável pelo funcionamento dos modelos matemáticos, tais como: de ritmo de laminação, do Laminador Esboçador, do Laminador Acabador, de forma do material, de transferência de temperatura, de temperatura de acabamento e de resfriamento laminar, que por sua vez efetua os cálculos dos parâmetros operacionais que são enviados ao Nível 1;
- O Nível 1 (controle) por sua vez, tem o objetivo de controlar o processo em tempo real, corrigindo dinamicamente qualquer desvio. Seus resultados são armazenados em banco de dados temporal e enviados para o Nível 2 que os armazena em base de dados histórica;
- O Nível 0 (Aquisição de dados) é composto por componentes e dispositivos da planta, como sensores, atuadores e dispositivos de campo.



# Forno de Reaquecimento de Placas

USIMINAS





# Forno de Reaquecimento de Placas

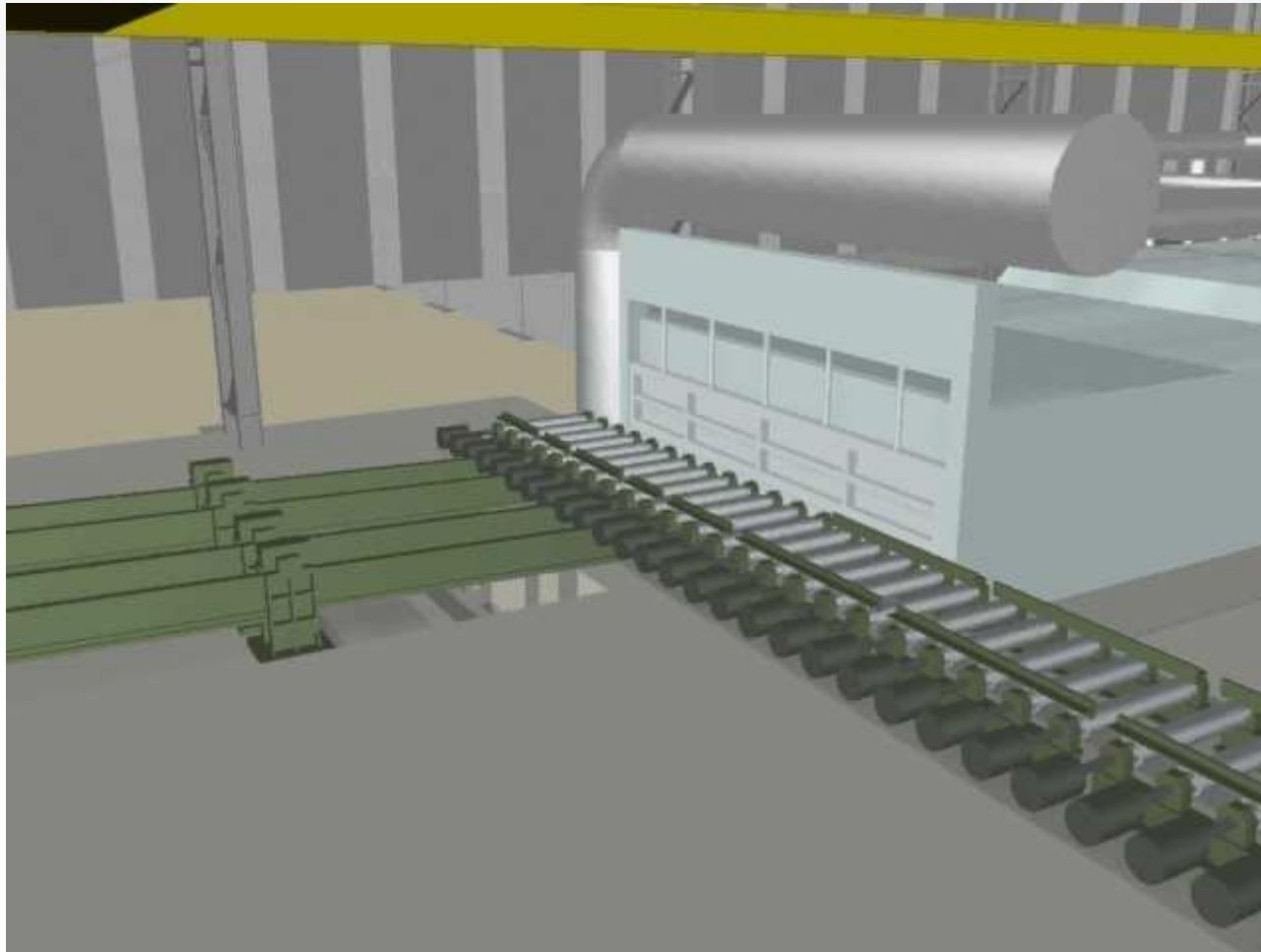
USIMINAS 

Responsável pelo rastreamento das placas, desde a quarta mesa de entrada até a mesa de saída dos fornos e também pela otimização da temperatura do forno proposto pelo modelo matemático.





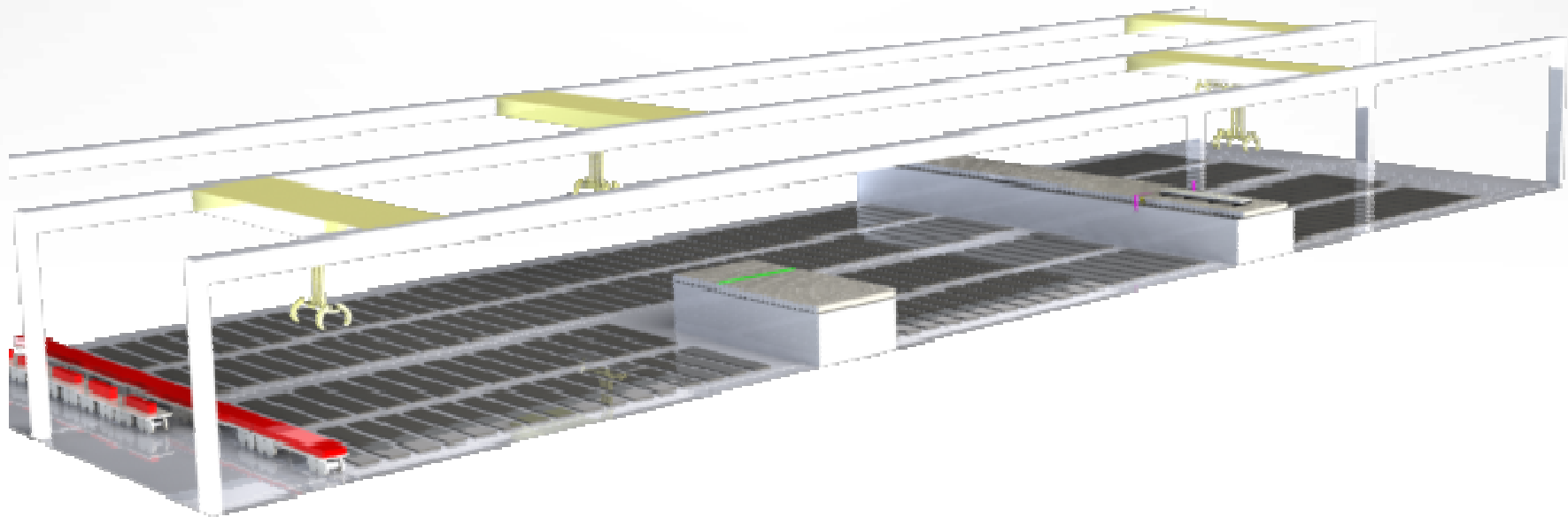
# Visão Funcional





# Pátio de Placas

USIMINAS 





# Pátio de Placas Negócio

USIMINAS

- Gerenciar a entrada e saída de placas no pátio;
- Mapear todas as placas estocadas;
- Selecionar automaticamente a placa à ser enviada ao Forno de Reaquecimento de Placas;
- Possibilitar que os usuários possam gerar movimentações de placas no sistema com otimização;
- Orientar aos operadores das Pontes Rolantes as movimentações a serem executadas;
- Garantir a integridade lógica e rastreabilidade das placas movimentadas.



# Pátio de Placas Sistema

USIMINAS U

- Desenvolvido pela Mitsubishi do Brasil;
- Construído com Visual C# da Microsoft e Ajax;
- Banco de Dados Oracle;
- Este sistema é considerado inovador dentro da área de produção da Usiminas;
- Sistema pioneiro no uso da tecnologia Web para realizar tarefas operacionais;
- Dotado de Rede *Wireless* (sem fio) para comunicação com as Pontes Rolantes;
- Denominado pátio semi-automático.



# Pátio de Placas IHM - Nível 2

USIMINAS U

USIMINAS U

Buffer Entrada Normal Retorno Pendência Mista Travada Conexões BD inativas: 9 Conexões BD ativas: 1 Usuário logado: suporte Logout terça-feira, 11 de junho de 2013 12:57:36

Rejeito Temp. Remover Pilha Remonte SPC Remonte Misto Desmorte Suspensa Conexões BD presas: 0 Processos no BD: 61/150

**Posição P.R. 448**  
 X: 173,348 Z: 8,105  
 Y: 24,558

**Posição P.R. 447**  
 X: 33,388 Z: 9,606  
 Y: 21,863

**Posição P.R. 445**  
 X: 84,652 Z: 8,565  
 Y: 21,93

**Posição P.R. 446**  
 X: 21,564 Z: 9,609  
 Y: 8,041

**Hot Charge - Turno Atual**  
 48.84 % 28 Hrs. 587.50 t

**Hot Charge - Turno Anterior**  
 37.00 % 26 Hrs. 608.42 t

**Atendendo Prog. de Lam.** NO.448 NO.447 NO.446 NO.447 NO.445 NO.446 NO.445 NO.446

**Operações de Gerência** **Operações de Pátio** **Operações de Lógica** **Operações de Sistema** **Cilindros** **Ordem de IL** **Informações e Relatórios** **Visão Lateral** **Limpar Seleção** **Simulador de Mensagens**

Alterar painel visual:  Alertas  Exceções  Eventos  Alertas Nível 3

Data	Tipo de Alerta	Cód. de Alerta	Descrição	Comentário
11/06/2013 12:53:10	SVC - UC TCP Server	825313	Mensagem: SLYR320006 - Atualização de Dados de Pla...	No comments available
11/06/2013 12:52:17	SVC - Auto Job Creation	300000	O descarregamento do Vagão: 676 na posição:...	Job - CL_Y4H - JFL3: 126307
11/06/2013 12:51:55	SVC - UC TCP Server	825313	Mensagem: SLYR320006 - Atualização de Dados de Pla...	No comments available

Página: 1 de um total de 10. Registros: 1 a 3 de um total de 30.





# Pátio de Bobinas Negócio



- Gerenciar a entrada e saída de bobinas no pátio;
- Mapear todas as bobinas estocadas no Pátio;
- Aplicar as regras de estocagem de bobinas;
- Possibilitar que os usuários possam gerar movimentações de bobinas no sistema, otimização;
- Coordenar as movimentações entre as Pontes Rolantes;
- Orientar as movimentações aos operadores das Pontes Rolantes;
- Garantir a integridade lógica e rastreabilidade das bobinas movimentadas.



# Pátio de Bobinas Sistema

USIMINAS 

Este sistema foi desenvolvido pela mesma empresa que criou o sistema do Pátio de Placas, Mitsubishi do Brasil.

Seguindo o mesmo conceito de tecnologia e infra-estrutura.





# Pátio de Bobinas IHM – Nível 2



USIMINAS U Usuário logado: suporte Sair terça-feira, 11 de junho de 2013 16:22:03

CV CC LFI INS-C INS-L WB1 LF2 WB2 JS1 WB3 WB4 JS2 WB5 WB6 WB7 WB8 WB9 WB10 WB11 WB12 WB13 WB14 WB15 WB16 WB17 WB18 WB19 WB20 WB21 WB22 WB23 WB24 WB25 WB26 WB27 WB28 WB29 WB30 WB31 WB32 WB33 WB34 WB35 WB36 WB37 WB38 WB39 WB40 WB41 WB42 WB43 WB44 WB45 WB46 WB47 WB48 WB49 WB50 WB51 WB52 WB53 WB54 WB55 WB56 WB57 WB58 WB59 WB60 WB61 WB62 WB63 WB64 WB65 WB66 WB67 WB68 WB69 WB70 WB71 WB72 WB73 WB74 WB75 WB76 WB77 WB78 WB79 WB80 WB81 WB82 WB83 WB84 WB85 WB86 WB87 WB88 WB89 WB90 WB91 WB92 WB93 WB94 WB95 WB96 WB97 WB98 WB99 WB100

HMC - Nível 3  
 C  S  
 C  S

Pontes  
 456 457  
 458 459

System Mode Indication:  
 SO

NO 456 NO 457 NO 458 NO 459  
 NO 456 NO 457 NO 458 NO 459

Bobinas:  
 All

Bobinas  
 Bobinão  
 BFF/Sucata

Tipos:  
 All  
 Temperatura  
 Bloqueado pelo homem  
 Bloqueio por bobinão  
 Bobinas pendentes  
 Bobinas não liberadas  
 Endereços reservados  
 Marcadas p/ remoção  
 End. suspensos  
 End. travados  
 End. impedidos  
 Movimentações  
 End. Inválidos (HMI)  
 End. Inválidos (CYC)  
 Restrição solitária  
 Restrição sem 1º nível  
 Restrição empilhamento

Auto-Refresh  Seleção

Posição atual de pontes:  
 Ponte: Ponte: 455   
 Pos. (x,y,z): (116,151, 14.400, 4.840)

Placas até a próxima troca de cilindro  
 0

Operações de Gerência
Operações de Pátio
Operações em Equipamentos
Informações do Sistema
Modos de Operações
Limpar Seleção
Legenda

Alterar painel visual:  Alertas  Exceções  Eventos  Mensagens  Alertas Nível 3

Data	Alerta	Prioridade
11/06/2013 15:11:42	Erro msg CLYR320002 P0001287513 E17 C2	A++
11/06/2013 15:11:42	Erro msg CLYR320002 P0001287489 E17 C2	A++
11/06/2013 15:08:22	Erro msg CLYR320002 P0001287485 E17 C2	A++

Página: 1 de um total de 324. Registros: 1 a 3 de um total de 971.



# Pátio de Bobinas IHM – Nível 1



USIMINAS **TMEIC** We drive industry

OCCURRED MESSAGE REST. CHECK

Coil Yard Control System 09:19:01 16/02/11 MELCO-TEC

L Crane Status (work out/ work in/ wait by collision avoid) Lamp

SYSTEM OPERATION MODE

Work Out Request Work In Req. WAIT by CoIl. Z-Dwn movement Interlocks Z-Up weight check Interlocks Y movement Interlocks X movement Interlocks

1 CYCLE JOB in Execution

Coil CATCH in execution

Preparation for 1 Cycle Job

1 Group of 1 CJs

1 - 1CJ

ABCDE 12345

Wait Complete

PBT PBa LI

Z u mov. Lu Lv Tong Open Z D mov. Lt Ls Y mov. Lq Lr X mov. Lo Lp Z U mov. Lm Ln

Coil Quantity	Z U Movement	Z D Movement	Y Movement	X Movement	Z Movement
Instructed Coil Quantity	Instructed Position	Instructed Position	Instructed Position	Instructed Position	Instructed Position
1	2.500	6.750	180.250	12.075	22.500
Recognized by System	Actual Position by Sensor	Actual Position by Sensor	Actual Position by Sensor	Actual Position by Sensor	Actual Position by Sensor
1	14.250	14.250	99.409	2.780	14.250
Manual Correct Input	Deviation	Deviation	Deviation	Deviation	Deviation
1 PBL	-11.750	-7.500	80.841	9.295	8.250

1A3



**Informações referentes ao sistema de comunicação do pátio de placas do  
LTQ2**



# Introdução

USIMINAS 

Para atender a necessidade de mobilidade de comunicação das pontes rolantes dos dois pátios do LTQ2, este projeto foi desenvolvido com base na norma IEEE 802.11, que é o modelo de referência internacional que descreve as características das redes locais sem fio.



## Objetivo

USIMINAS 

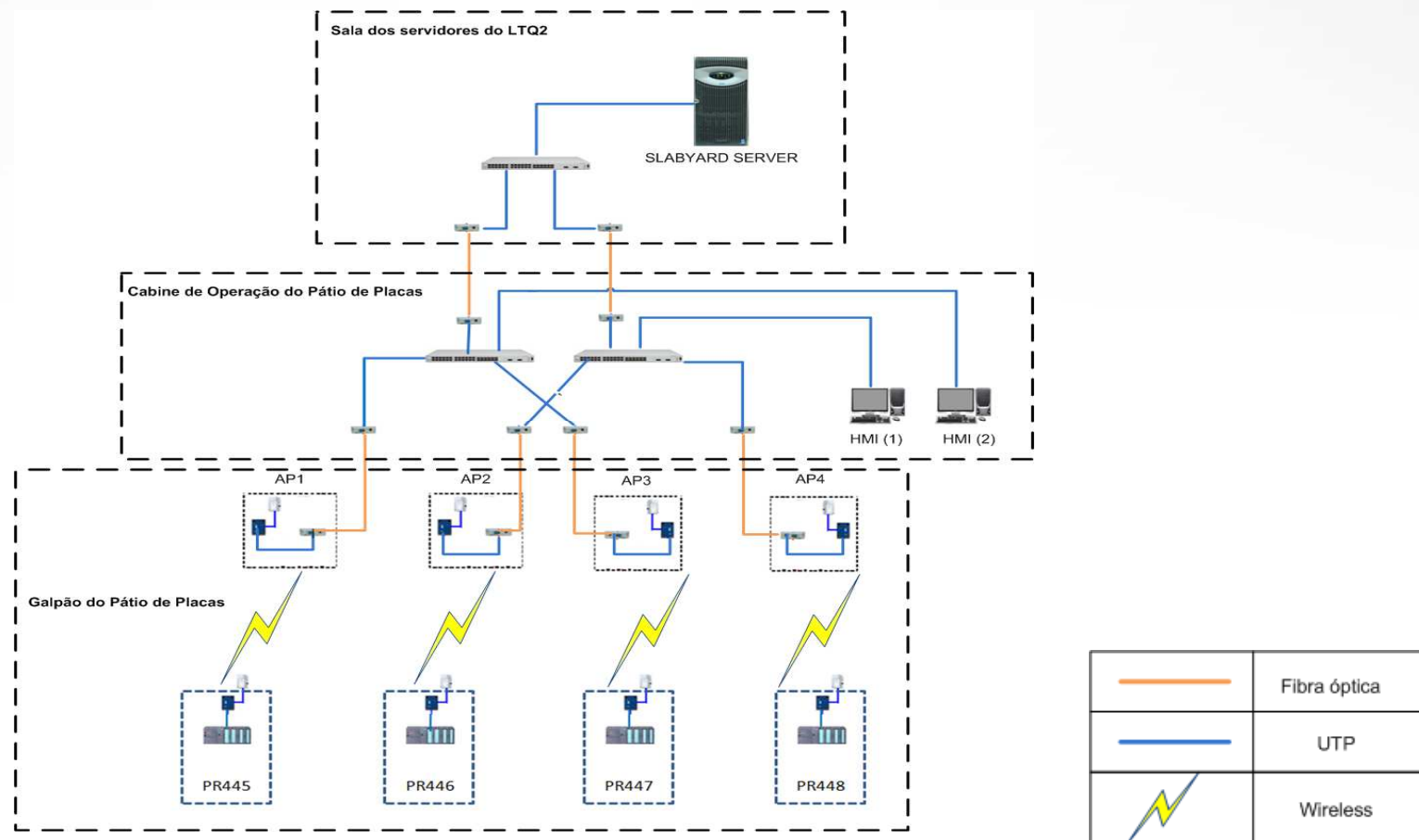
Implantar a infraestrutura de rede necessária para que os PLCs localizados nas pontes rolantes possam acessar a rede de automação, e assim sejam inseridas as informações no banco de dados do sistema que otimiza a movimentação de placas no pátio.



Empregando a técnica de site survey, definimos os seguintes parâmetros para o escopo do projeto:

- Tipo de ambiente: Indoor;
- Mobilidade dos clientes;
- Identificação de obstáculos;
- Detecção de interferências;
- Conhecer nível de ruído;
- Throughput estimado;
- Visualização da infraestrutura de rede cabeada já existente;
- Definir quantidade necessária de Access-Point (AP) em função do cenário.

Analisadas as informações adquiridas no site survey, desenhamos a arquitetura necessária para atendimento ao objetivo.





## Especificações do dispositivo wireless



Para este projeto foi adotado o dispositivo wireless BAT54, do fabricante Hirschmann. Este modelo foi desenvolvido para atender sistemas de alta criticidade na indústria .

Principais características equipamento:

- Modos de operação: Access Point (AP), Client ou Bridge
- Operação WLAN nos padrões 802.11a/b/g
- Frequência de operação: 2,4 GHz ou 5 GHz
- Taxa de Transmissão: 54 Mbps
- Classe de Proteção IP40(Para ambientes indoor)
- Alimentação 24V
- Suporte a PoE
- Montagem em trilhos DIN;
- Temperatura ambiente (-30° C até 50° C)
- Modulação: OFDM
- MTBF: 43 anos
- Dimensões (W x H x D): 80mm x 100mm x 135mm
- Sensibilidade mínima na recepção: -87 dBm



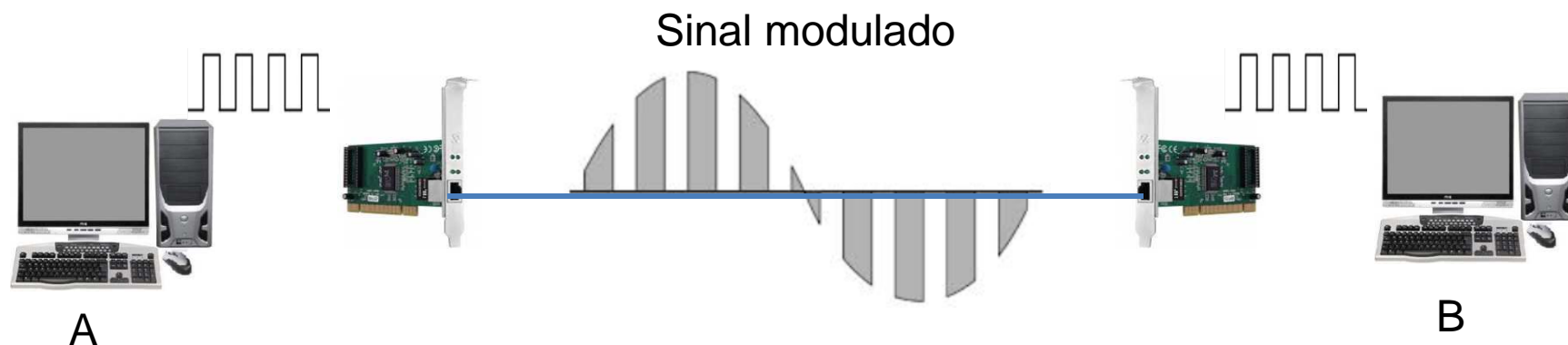




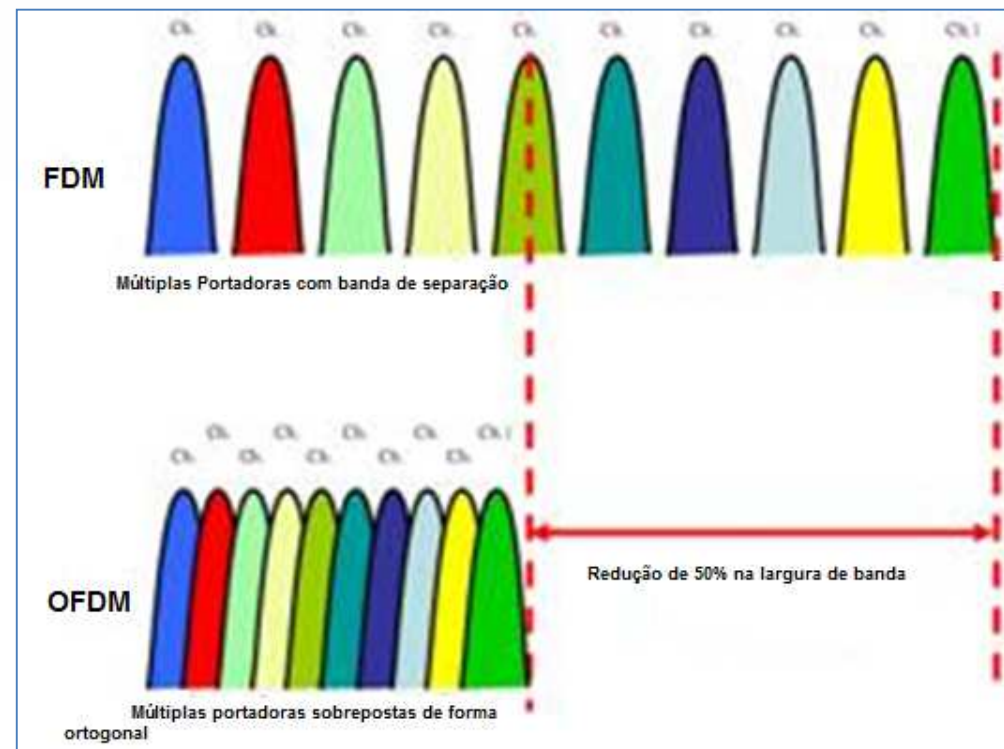
## Padrão 802.11g

Dentre os diversos padrões que compõem o modelo de referência IEEE 802.11, adotamos o padrão 802.11g, que utiliza frequência de 2,4 GHz, taxa de transmissão de 54 Mbps, com modulação OFDM.

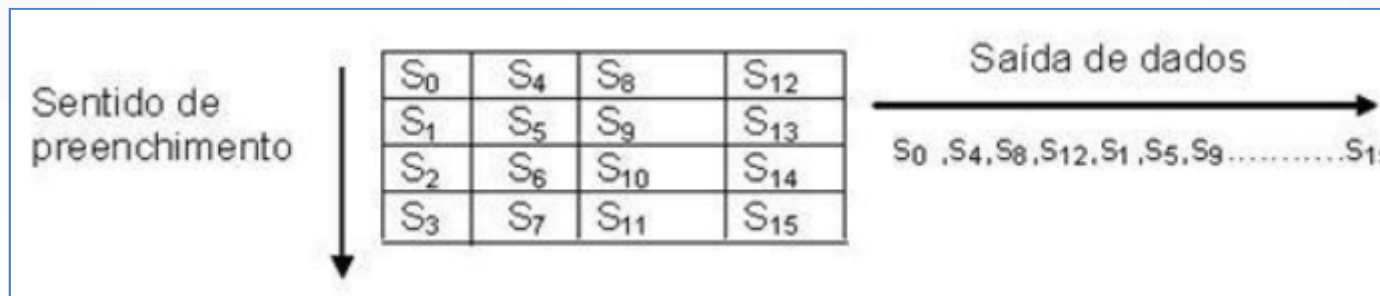
Podemos definir modulação como o processo no qual a informação gerada é encapsulada numa onda de transporte (portadora) que melhor se adapta às características do meio o qual será realizada a comunicação.



OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Esta técnica utiliza as portadoras sobrepostas espectralmente, porém dispostas de forma ortogonal, diferente do que ocorre em outras técnicas, onde existem bandas de separação entre as portadoras (Ex.: FDM).



Para minimizar problemas de interferência entre canais, a modulação OFDM conta com uma técnica chamada Entrelaçamento. Esta técnica faz o embaralhamento de dados do sinal.



Sequencia transmitida comprometida com interferência

s0	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	...	s15
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

Mesma sequência transmitida com entrelaçamento

s0	s4	s8	s12	s1	s5	s9	s2	s6	...	s15
----	----	----	-----	----	----	----	----	----	-----	-----

Havendo comprometimento de algumas portadoras por interferências, as informações poderão ser mais facilmente recuperadas, visto que os símbolos estão distribuídos mais esporadicamente ao longo da seqüência.

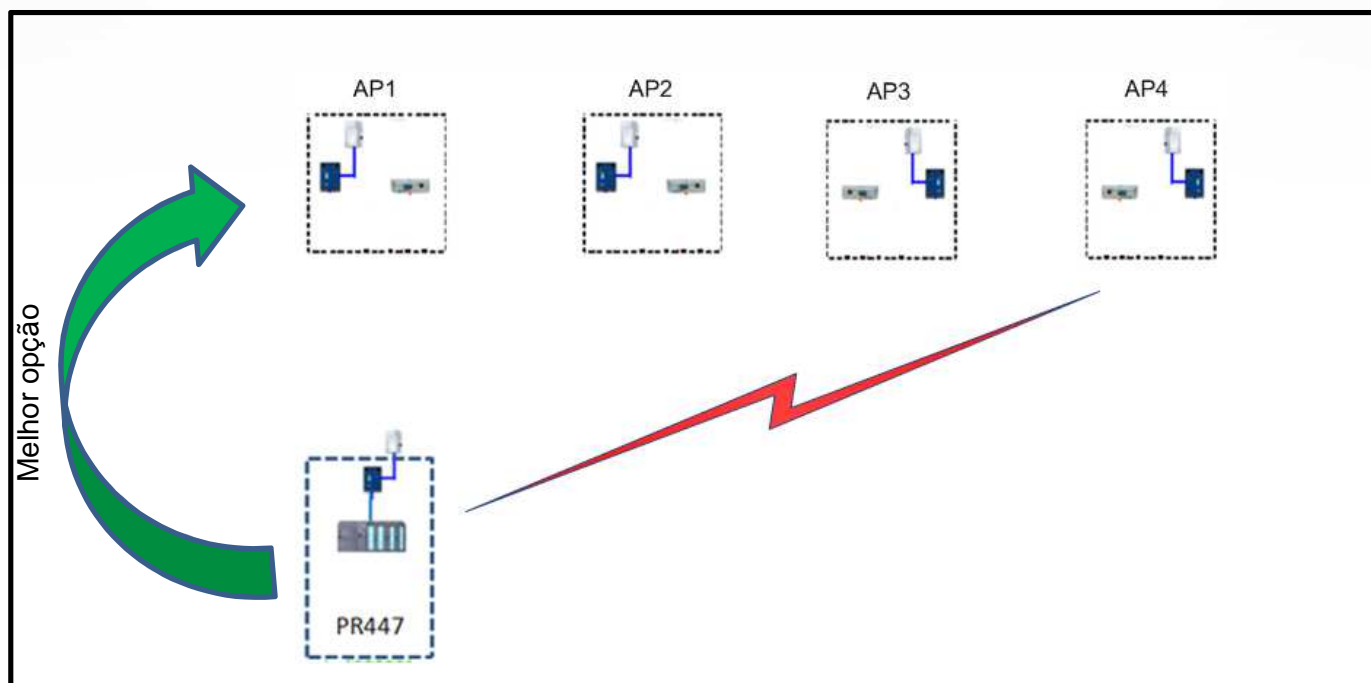


Desvanecimento de sinal é o fenômeno de existência de variações aleatórias da intensidade do sinal recebido, ao longo do tempo.

Com a realização de testes pós-implantação da arquitetura, identificamos que o problema de desvanecimento do sinal ocorria quando as pontes rolantes estavam em movimento. Lembrando que os 4 APs já estavam instalados de forma a cobrir toda a trajetória das pontes.

Verificamos que mesmo disponibilizando 4 APs na trajetória de movimentação da ponte haviam situações em que um cliente encontrava-se conectado no AP mais distante, sendo que havia uma célula mais próxima com melhor intensidade de sinal e visada disponível.

Concluimos então que, não estava ocorrendo o processo de **Hand-off**, que é o processo no qual um móvel muda automaticamente de célula, devido a baixa qualidade do sinal.



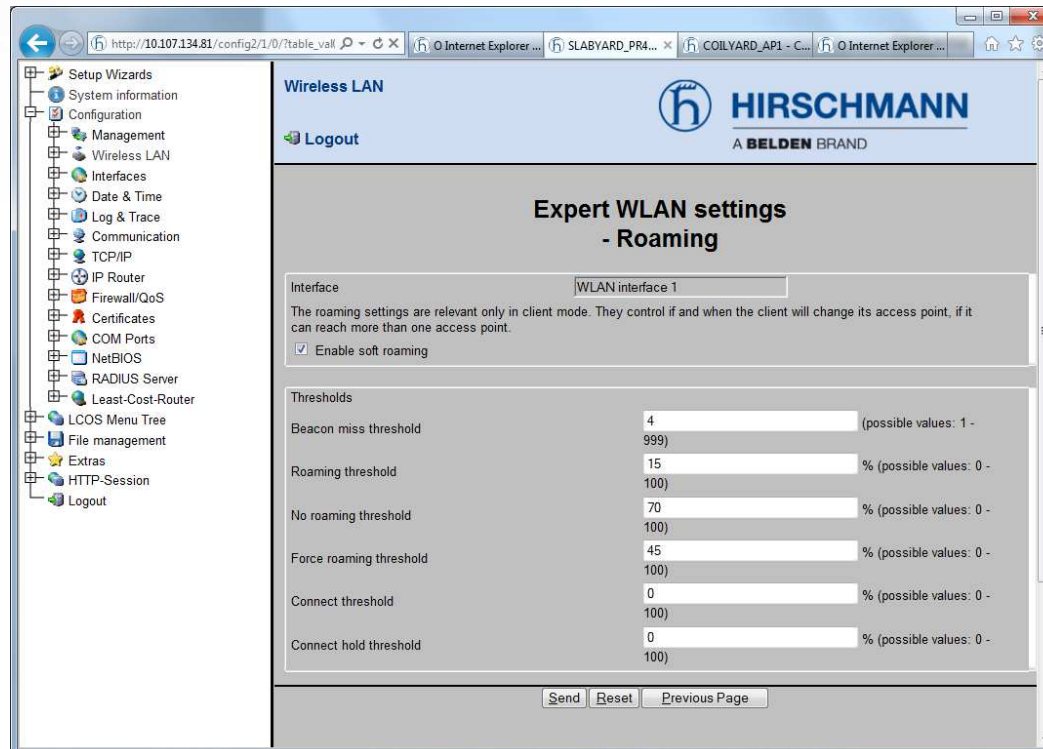
PR447 conectada em AP4 quando melhor opção seria AP1



## Contramedida: Configuração dos limiares de *roaming*

USIMINAS 

Como contramedida ao problema de desvanecimento de sinal, identificamos que o modelo BAT54, disponibiliza opção de configuração de limiar de *roaming*, que permite estabelecer parâmetros que forçam processo de Hand-off. Desta forma, durante movimentação das pontes rolantes, os clientes sempre se conectavam nas melhores opções de sinal disponíveis, solucionando o problema de desvanecimento de sinal.



The screenshot displays the configuration page for the Hirschmann Wireless LAN interface. The page title is "Expert WLAN settings - Roaming". The interface includes a navigation tree on the left and a main configuration area on the right. The main area shows the following settings:

Threshold	Value	Range
Beacon miss threshold	4	1 - 999
Roaming threshold	15	0 - 100
No roaming threshold	70	0 - 100
Force roaming threshold	45	0 - 100
Connect threshold	0	0 - 100
Connect hold threshold	0	0 - 100

Additional settings include "Interface" set to "WLAN interface 1" and "Enable soft roaming" checked. The page also features "Send", "Reset", and "Previous Page" buttons at the bottom.

Como método de criptografia para elevar o grau de segurança dos dados que trafegam na rede sem fio do pátio de placas optamos pelo método de autenticação WPA-PSK com algoritmo de cifragem TKIP (Temporal Key Integrity Protocol). Esta técnica consiste na alteração de chaves a cada novo envio de pacote, garantindo assim maior segurança.

The screenshot shows the configuration page for a Hirschmann Wireless LAN interface. The page title is "WPA or Private WEP settings - 802.11i/WEP". The interface is for "Wireless LAN 1 - Network 1". The "Encryption activated" checkbox is checked. The "Method / Key 1 length" is set to "802.11i (WPA)-PSK". The "Key 1/passphrase" field is redacted with a red bar, with a note "(max. 63 characters)". The "WPA version" is set to "WPA1/2" and the "WPA1 session key type" is set to "TKIP".

Field	Value
Interface	Wireless LAN 1 - Network 1
Encryption activated	<input checked="" type="checkbox"/>
Method / Key 1 length	802.11i (WPA)-PSK
Key 1/passphrase	[Redacted] (max. 63 characters)
WPA version	WPA1/2
WPA1 session key type	TKIP



Para conexão dos APs e HMIs do pátio de placas utiliza-se o switch ethernet AVAYA modelo 5510-24T, com configurações customizadas para obtenção da máxima performance e disponibilidade (Ex.: VLAN, Spanning-Tree, etc).





## Wireless

O gerenciamento remoto dos dispositivos wireless pode ser feito através da ferramenta Hirschmann WLANMonitor ou com acesso via browser.

The screenshot displays the Hirschmann WLANMonitor web interface. The left sidebar contains a navigation tree with categories like Setup Wizards, System information, Configuration, Management, Wireless LAN, Security, Stations, WPA or Private WEP settings, WEP Group Keys, IEEE 802.1X, WLC, Trace, Interfaces, Date & Time, Log & Trace, Communication, TCP/IP, IP Router, Firewall/QoS, Certificates, COM Ports, NetBIOS, RADIUS Server, Least-Cost-Router, LCOS Menu Tree, File management, Extras, HTTP-Session, and Logout.

The main content area is titled "System information" and includes a "Logout" button. Below this, there are tabs for "System data", "Device status", and "Syslog". The "Device status" tab is active, showing a table of device information.

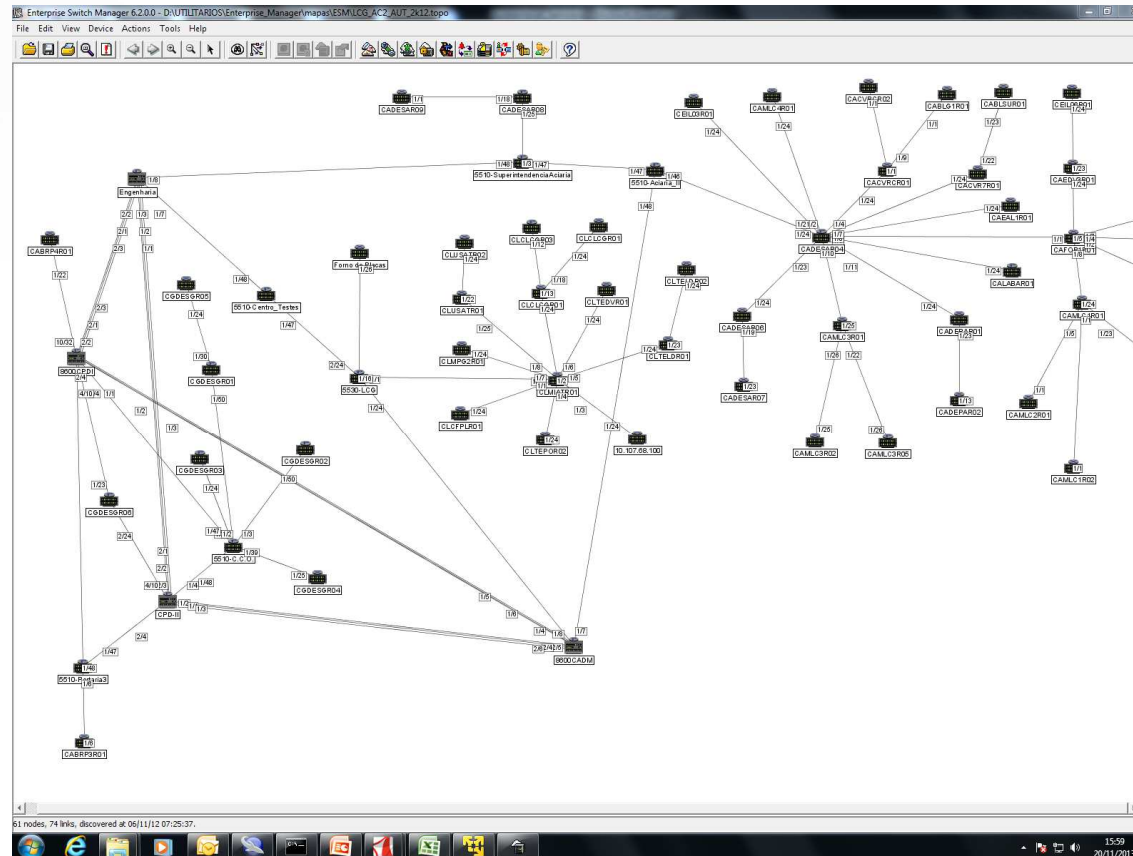
Interface/Port	State/Mode	Information
CPU-Load	Current: 1.44%	
Memory	Total: 27.3 MBytes Free: 17.1 MBytes	
WLAN-1	Operating: Yes Operation-Mode: Client	Identification: SLABYARD_AP2 Tx-Rate: 48M Rx-Rate: 48M WPA-Version: WPA1 Key-Type: TKIP State: Connected Station-Mode: Infrastructure Transmit-Power: 19 dBm Noise-Level: -95 Modem-Load: 3 Radio-Band: 2.4GHz Radio-Mode: 11bg-mixed Radio-Channel: 11 Throughput: 8.8 KB
WLAN-2	Operating: No Operation-Mode: managed-AP	
Point-to-Point connections	No connections are configured.	
LAN-1		Queue-Packets: 0 Link-Active: Yes Connector: 100 Mbit Full-Duplex Auto-Negotiation: Completed Flow-Control: No MDI-Mode: MDIX
LAN-2		
LAN-1	Throughput: 3.6 KB	
LAN-2	Throughput: 0 B	
Router	Operating: Yes	
Firewall	Operating: No	<a href="#">Log-Table</a>
DHCP	Operating: No	<a href="#">DHCP-Table</a>

At the bottom of the interface, there is a "Refresh period (s)" set to 80 and a note "Page will be reloaded in 68 seconds". An "Update" button is also visible.



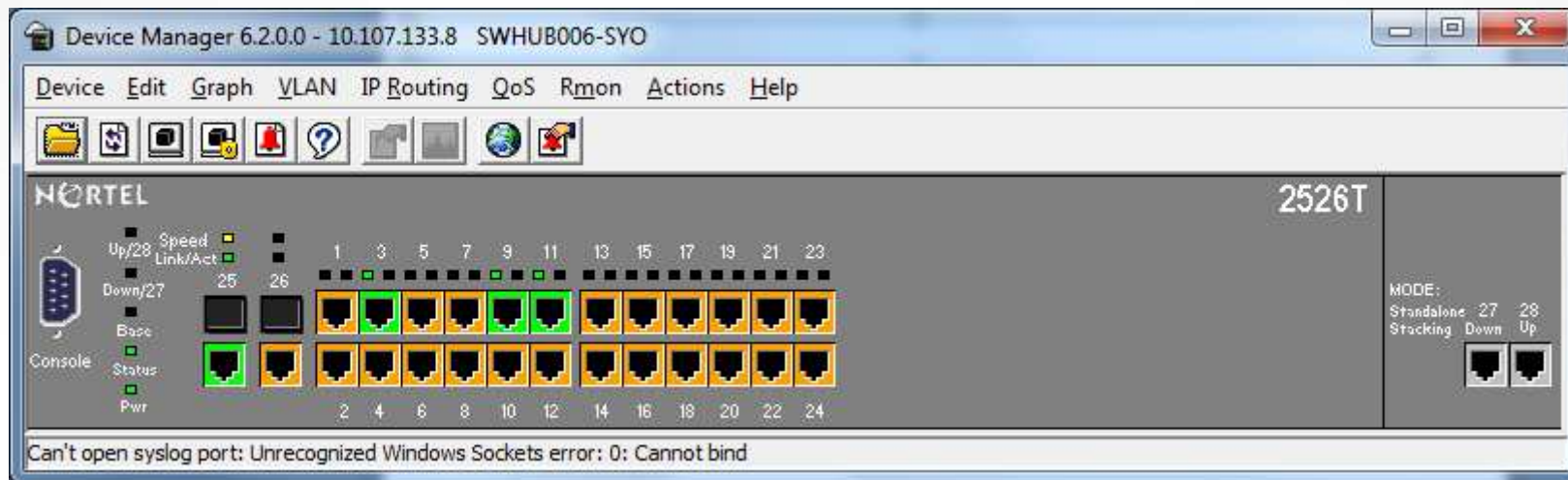
## Switch

Os switches são gerenciados remotamente através da ferramenta Enterprise Switch Management, proprietária da AVAYA.





## Switch

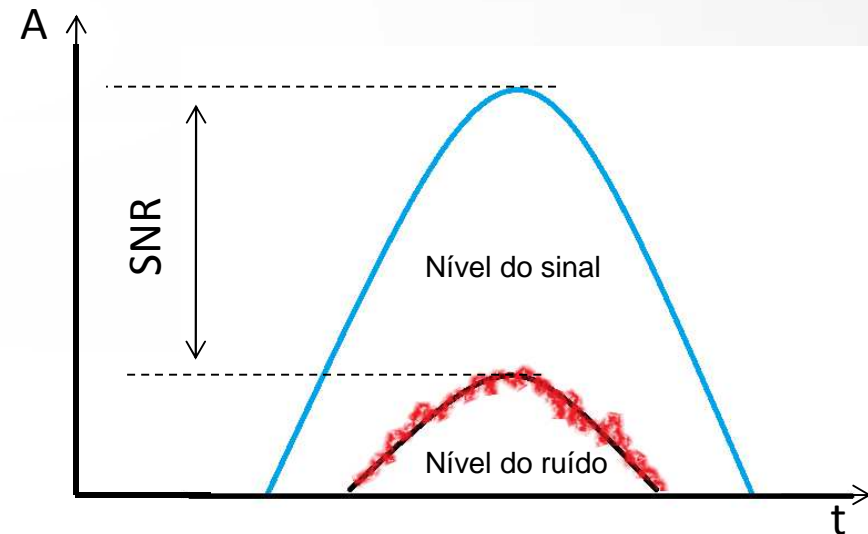


A Relação Sinal Ruído (SNR) é definida como a razão entre a potência de um sinal (S) e a potência do ruído (N) sobreposto ao sinal.

$$\text{SNR} = 10 \text{ Log} \frac{\text{Sinal (W)}}{\text{Ruído (W)}}$$

ou

$$\text{SNR} = \text{Sinal(dBm)} - \text{Ruído(dBm)}$$



Ou seja, quanto **maior** a SNR **melhor** a qualidade de transmissão em termos de:

- Elevação da taxa de transmissão de dados;
- Diminuição da TEB (Taxa de Erro de Bit).



# Margens do Sistema

Neste projeto adotamos  $SNR \geq 15$  dB, pois no site survey e no manual de especificações do rádio, identificamos que:

- Nível de ruído médio nos pátios (site survey) = **-93 dBm**
- Mínima sensibilidade na recepção (manual) = **-87 dBm**
- Mínima sensibilidade na recepção com margem de segurança (exigência 10% acima do especificado pelo fabricante) = **-78 dBm**

Então (já em dBm):

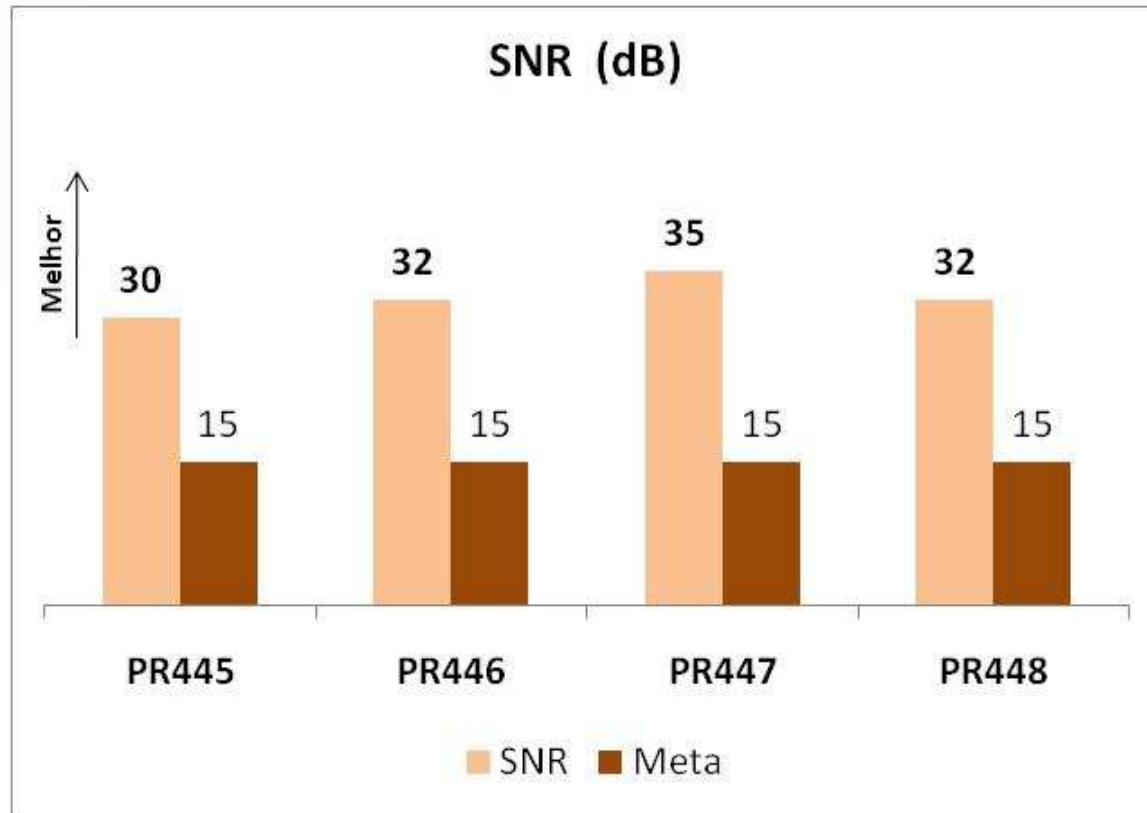
$$SNR = \text{Sinal (S)} - \text{Ruído (N)}$$

$$SNR = -78 - (-93) = 15$$



# Resultados Alcançados

Num período de amostragem de 3 dias foram realizadas 30 medições da Relação Sinal Ruído (RSR) nos 4 clientes do Pátio de Placas.



The screenshot displays the Hirschmann WLAN Link Test web interface. The left sidebar shows a navigation tree with categories like Setup Wizards, System information, Configuration, Management, Wireless LAN, and Interfaces. The main content area is titled 'WLAN Link Test' and features the Hirschmann logo and 'A BELDEN BRAND' text. Below the header is a 'Logout' button and a table of detected stations. The table has columns for Station, Address, Signal Level, Noise Level, SNR, and Data Rate. Two stations are listed: 'SLABYARD\_AP1' and 'Ch 3 (2422 MHz) locally seen:'. Each station has corresponding signal level and noise level bars, and a green bar representing SNR. At the bottom, there is an 'Update' button and a 'Monitor this Table' button with an 'Update Interval (s): 5' input field.

Station	Address	Signal Level	Noise Level	SNR	Data Rate
SLABYARD_AP1	00:02:6f:84:62:8a	-59dBm	-95dBm	36dB	48M
Ch 3 (2422 MHz)	locally seen:	-60dBm	-93dBm	33dB	48M



A garantia de disponibilidade de um sistema de comunicação de rádio enlace, depende de um completo estudo do ambiente, com o objetivo de estabelecer padrões de ruído e intensidade de sinal. Conhecidos tais padrões devem ser estabelecidas as contramedidas necessárias para alcançarmos a qualidade de serviço (taxa de transmissão, SNR e TEB) exigidas pela aplicação.

Este projeto possibilitou não só para a MASI, assim como para as outras gerencias diretamente envolvidas, o acesso à novas tecnologias pioneiras, que abrem caminho para solução de outras necessidades nas plantas da Usiminas.

