

**FACCAT**

FACULDADES INTEGRADAS DE TAQUARA

**POLO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DO VALE DO  
PARANHANA/ENCOSTA DA SERRA**

**7º e 8º Relatórios Trimestrais**

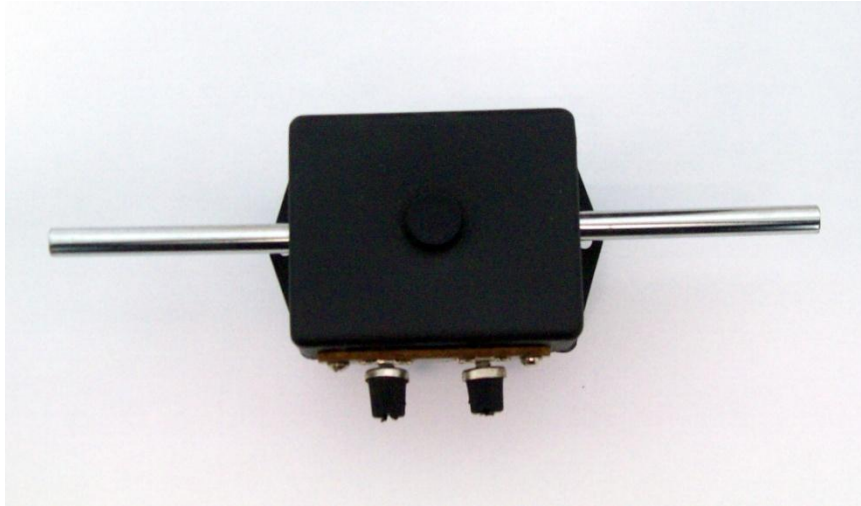
**Projeto de Pesquisa:**

**Controle e Monitoramento On-Line Aplicado a Otimização  
de Linhas de Produção do Setor Calçadista**

**Dezembro 2010**

**Período Abrangido por este Relatório:**  
**Julho à Dezembro de 2010**

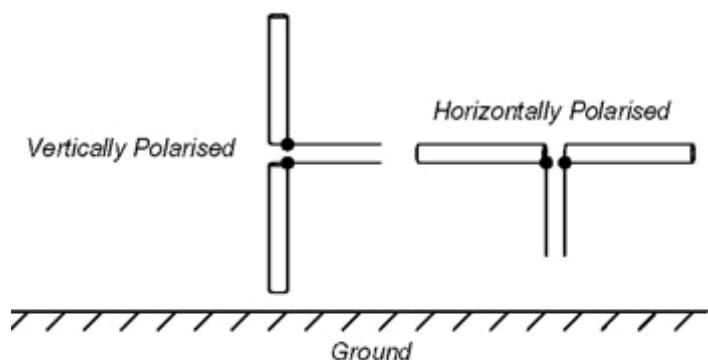
Neste período de julho/dezembro a equipe de pesquisadores do projeto **Controle e Monitoramento On-line Aplicado a Otimização de Linhas de Produção do Setor Calçadista** projetou e desenvolveu uma antena dipolo de meia onda para os testes experimentais e utilização na instalação piloto (chão de fábrica), ver Figura 1.



**Figura 1 – Dipolo de Meia Onda desenvolvido para testes experimentais**

Este dipolo de meia onda consiste em uma antena tanto transmissora como receptora, e foi projetado para trabalhar na frequência nominal de 915 MHz. Esta frequência é a que está sendo utilizada para os ensaios do sistema de transmissão e recepção de sinais para RFID do projeto.

Este sistema irradiante pode ser utilizado com polarização vertical ou horizontal em ambientes internos e externos, ver Figura 2.

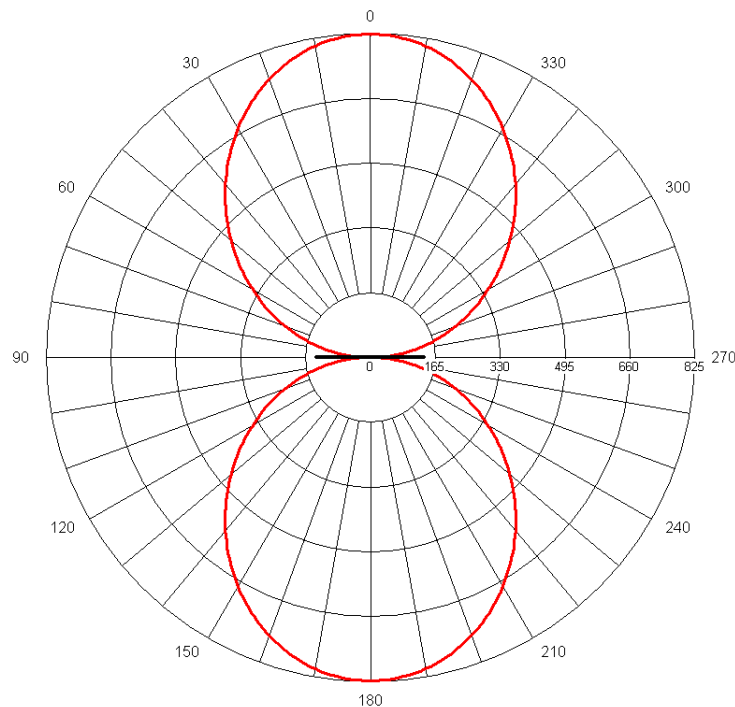


**Figura 2 – Polarização Vertical e Horizontal de um Dipolo de Meia Onda**

Fonte: <http://www.air-stream.org.au/Polarization>

A antena desenvolvida será utilizada como Referência (padrão) para os testes que serão realizados com outras antenas para RFID comerciais e, também, será utilizada após a construção de 16 unidades para a instalação na planta piloto onde será implantado o sistema para controle e monitoramento da produção apoiado por *software*.

O diagrama de irradiação previsto para esta antena quando utilizada na polarização horizontal pode ser verificado na Figura 3.

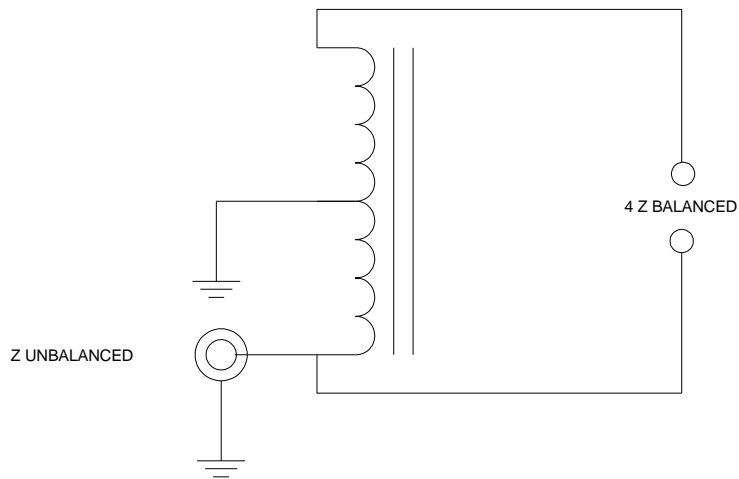


**Figura 3 – Diagrama de irradiação de um dipolo de meia onda na polarização horizontal**

Também foi projetado e desenvolvido neste período, em especial, pelo Prof. M.Eng. Guilherme Petry Breier (Engenheiro Eletricista) um Balun (transformador de impedância) para balancear a linha coaxial de transmissão de sinal de radiofrequências do Leitor de RFID à Antena Dipolo de Meia Onda.

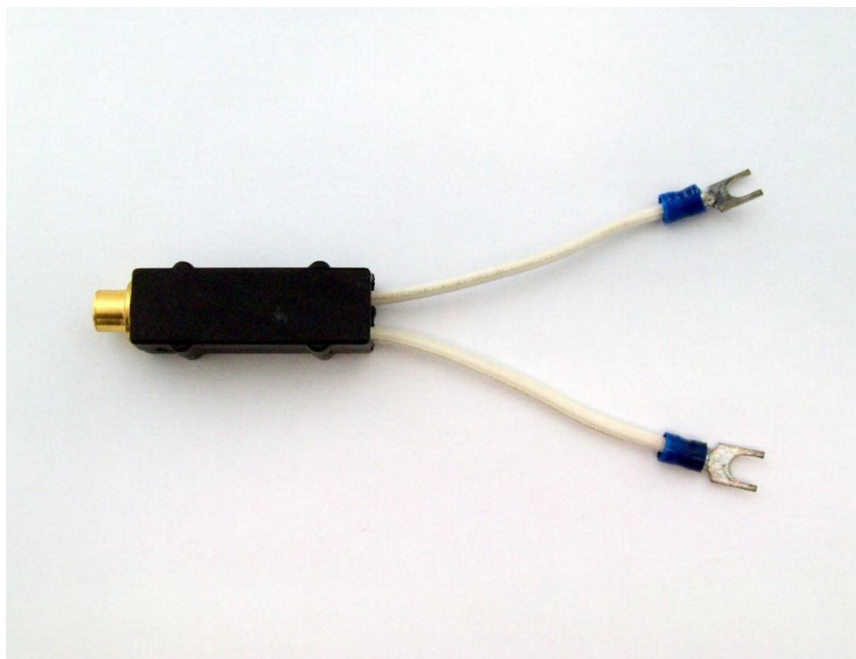
Este dispositivo é fundamental quando se utiliza antenas com sistemas de alimentação balanceado que são conectadas à transmissores com saída desbalanceada. A aplicação também destina-se, neste caso, a transformar a impedância da entrada do dipolo que é da ordem de 72 Ohms (Ref. 75 ohms) em 50 Ohms que corresponde a impedância de saída do transmissor de radiofrequência (Leitor RFID) para evitar-se perdas na transferência do sinal.

Na Figura 4 pode ser verificado o modelo esquemático de um balun para transformar a impedância e balancear/desbalancear os sinais de radiofrequência.



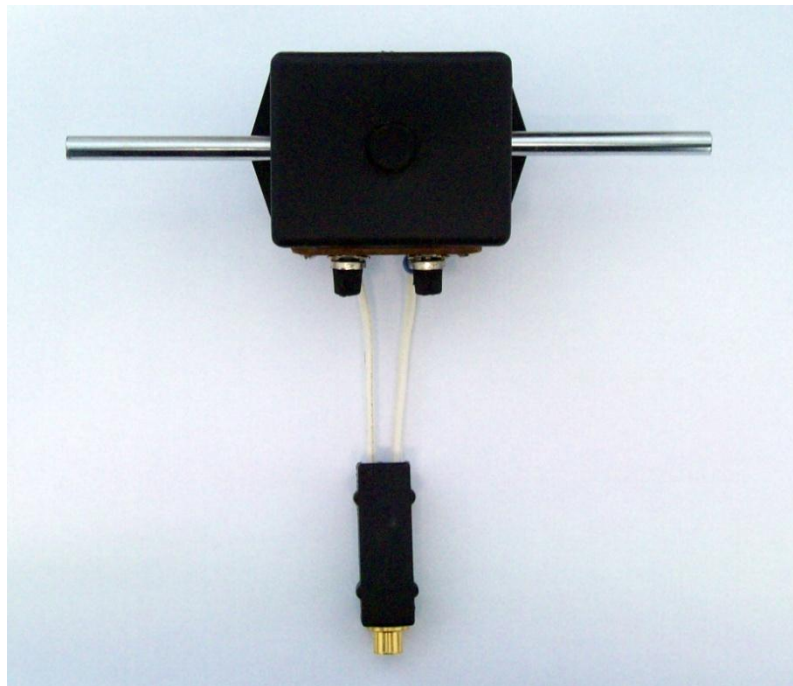
**Figura 4 – Modelo esquemático de um Balun (transformador de impedância)**

Na Figura 5 pode ser observado o balun desenvolvido para ser utilizado em conjunto com o dipolo de meia onda. As características deste dispositivo são: (i) Entrada desbalanceada para conexão de cabo coaxial com impedância de 50 Ohms, (ii) Saída balanceada com condutores bifilares com impedância de 75 Ohms.



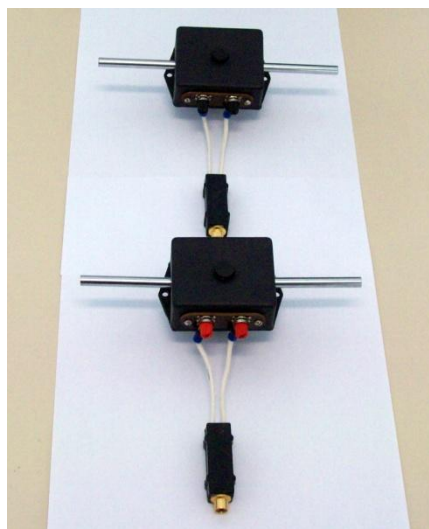
**Figura 5 – Balun desenvolvido para utilização entre a Antena Dipolo de Meia Onda e o Leitor (TX/RX) de RFID.**

Na Figura 6 pode ser observado o Balun desenvolvido conectado a Antena Dipolo de Meia Onda, também projetada e desenvolvida pelos pesquisadores.



**Figura 6 – Balun conectado à Antena Dipolo de Meia Onda (dispositivos desenvolvidos)**

Para os ensaios de transmissão e recepção de sinais entre a Etiqueta de RFID (TAG) e o Leitor de RFID foi necessária a construção de dois Dipolos de Meia Onda, já que um destina-se a transmitir os sinais do Leitor de RFID e o outro a receber os sinais provenientes da TAG. Na Figura 7 pode ser verificado o conjunto com dois Dipolos de Meia Onda e os Baluns instalados.



**Figura 7 – Conjunto com dois Dipolos de Meia Onda TX/RX e Baluns**

O balun construído pelo Prof. M.Eng. Guilherme Petry Breier (engenheiro eletricitista) foi ensaiado experimentalmente pelo Prof. Dr.Eng. Carlos Fernando Jung em seu Laboratório de Pesquisas. As instalações do Laboratório podem ser verificadas na Figura 8.



**Figura 8 – Instalações do Laboratório de Pesquisas onde foi ensaiado o balun construído**

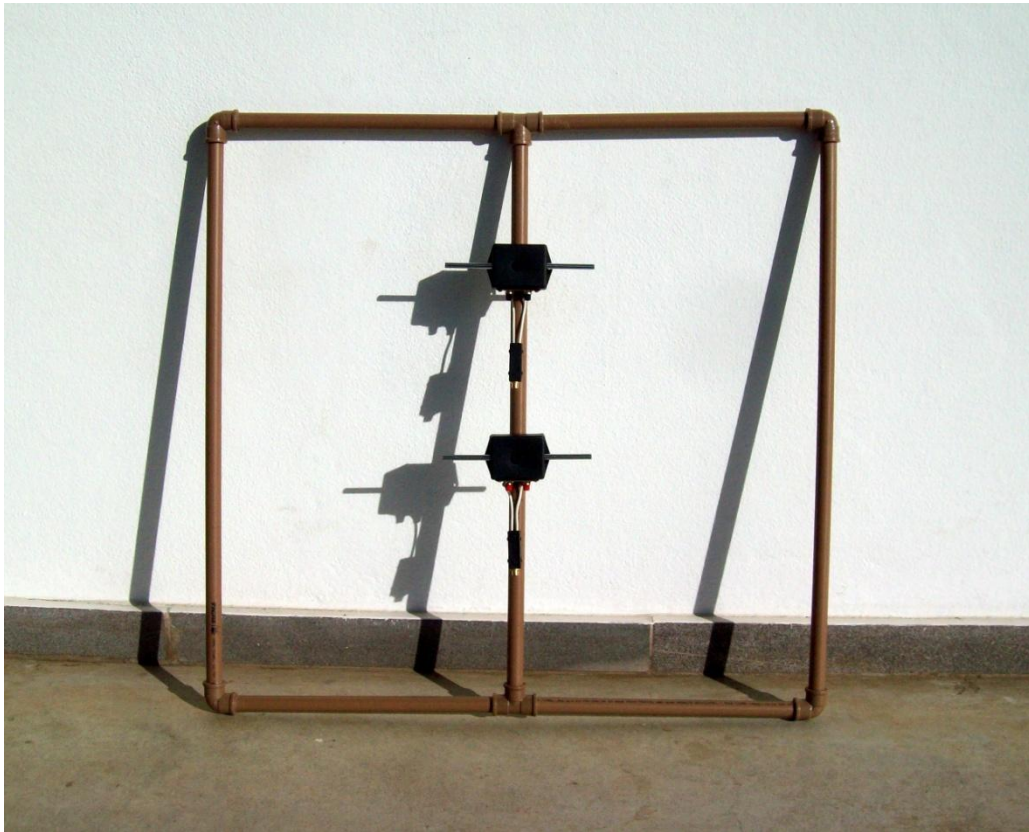
Para os ensaios, entre outros equipamentos, foi utilizado um Communications Service Monitor (Test Set) da Aeroflex, Modelo: IFR COM 120-B que pode ser observado na Figura 9.



**Figura 9 – Communications Service Monitor IFR COM-120B da Aeroflex**

Os resultados do ensaio foram satisfatórios. O balun apresentou uma perda por inserção de 1,8 dB (entre TX e RX) para a frequência nominal de 915 MHz, com um sinal de entrada de -30 dBm.

Na sequência, foram montados os dois dipolos de meia onda em um suporte para serem efetuados os testes em campo da irradiação em relação a TAG – Etiqueta de RFID, ver Figura 10.



**Figura 10 – Dipolos de Meia Onda (Freq. 915 MHz) dispostos com polarização horizontal montados no suporte construído para os ensaios em campo**

Após a montagem foi instalado o suporte em área aberta (campo livre de reflexões) no Campus das Faculdades Integradas de Taquara – Faccat e realizados os ensaios: (i) TX Antena dipolo de meia onda conectado ao Leitor RFID e RX Antena dipolo de meia onda com sinal proveniente da TAG – Etiqueta de RFID; e (ii) TX Antena circular bistática - cod. 100.010 conectada ao Leitor RFID e RX antena circular bistática - cod. 100.010 com sinal proveniente da TAG – Etiqueta de RFID.

Os resultados mostraram que a Antena Dipolo de Meia Onda desenvolvida apresenta uma irradiação mais abrangente quando utilizada na polarização vertical



e torna mais difícil o direcionamento do lóbulo de irradiação para a aplicação desejada em relação a Antena Circular Bistática.

Assim, para aplicações onde não existe a preocupação em serem transmitidos e recebidos sinais de forma mais seletiva a Antena Dipolo de Meia Onda pode ser utilizada com satisfatório resultado. No entanto, para a aplicação prevista no projeto é desejável um melhor controle da direção do feixe de irradiação da antena. Também foi observado que a Antena Circular Bistática utilizada nos ensaios possui um refletor na parte trazeira. Este refletor torna a antena direcional e bem adequada a proposta do projeto.

Neste período também foram realizados novos ensaios experimentais utilizando-se um Transmissor de UHF com potência mais elevada da ordem de +30 dBm, com uma frequência nominal fixa de 945 MHz, com diversas situações em campo aberto (livre de obstáculos e interferências). Estes ensaios tiveram por finalidade determinar o quanto de sinal de RF uma TAG – Etiqueta de RFID retorna ao Leitor RFID. Em substituição ao Leitor de RFID foi colocado uma Analisador de Espectro para medir a amplitude dos sinais, na Figura 11 pode ser verificada a TAG instalada no suporte construído para os testes em campo aberto.



**Figura 11 – Suporte com a TAG (Etiqueta de RFID) instalada ao centro para os testes**

Os resultados das medições são apresentados nos Quadros 1 e 2.

<b>Frequência:</b> 945 MHz		<b>Data:</b> 20/08/2010	<b>Hora:</b> 16:00 as 17:00		
<b>Equipamento Transmissor (TX)</b>		<b>Marca:</b> TECLAR	<b>Modelo:</b> TEC 107		
<b>Antena (TX / RX)</b>		<b>Marca:</b> W EDGE	<b>Modelo:</b> MT262010		
<b>Equipamento de Medição / Analisador de Espectro</b>		<b>Marca:</b> HAMEG	<b>Modelo:</b> HM 5014-2	<b>Diferença (dB)</b>	
<b>Material</b>	<b>Observação</b>	<b>Distância (metros)</b>	<b>Valor Medido (dBm)</b>	<b>Inicial -7,6</b>	<b>Anterior</b>
Espaço Livre	Sem suporte s/ TAG	1	- 7,6	-	-
Espaço Livre	Com suporte c/ TAG	1	- 5,6	+ 2,0	+ 2,0
Espaço Livre	Com suporte c/ TAG	2	- 6,4	+ 1,2	- 0,8
Espaço Livre	Com suporte c/ TAG	3	- 6,6	+ 1	- 0,2
Espaço Livre	Com suporte c/ TAG	4	- 6,8	+ 0,8	- 0,2
Espaço Livre	Com suporte c/ TAG	5	- 7,0	+ 0,6	- 0,2
Espaço Livre	Com suporte c/ TAG	6	- 7,2	+ 0,4	- 0,2
Espaço Livre	Com suporte c/ TAG	7	- 7,6	0	- 0,4

**Quadro 1 – Resultados das medições dos testes experimentais  
(TAG em Espaço Livre e TAG com Suporte para diversas distâncias em  
relação às Antenas Transmissora - TX e Receptora - RX)**

<b>Frequência: 945 MHz</b>		<b>Data: 20/08/2010</b>	<b>Hora: 16:00 as 17:00</b>		
<b>Equipamento Transmissor (TX)</b>		<b>Marca: TECLAR</b>	<b>Modelo: TEC 107</b>		
<b>Antena (TX / RX)</b>		<b>Marca: W EDGE</b>	<b>Modelo: MT262010</b>		
<b>Equipamento de Medição / Analisador de Espectro</b>		<b>Marca: HAMEG</b>	<b>Modelo: HM 5014-2</b>	<b>Diferença (dB)</b>	
<b>Material</b>	<b>Observação</b>	<b>Distância (metros)</b>	<b>Valor Medido (dBm)</b>	<b>Inicial -7,6</b>	<b>Anterior</b>
Espaço Livre	Sem suporte s/ TAG	1	- 7,6	-	-
Papelão	Com suporte s/ TAG	1	- 5,6	+ 2,0	-
Papelão	Com suporte c/ TAG	1	- 2,0	+ 5,6	+ 3,6
Vidro	Com suporte s/ TAG	1	+ 5,2	+ 12,8	-
Vidro	Com suporte c/ TAG	1	+ 5,6	+ 13,2	- 0,4
Madeira	Com suporte s/ TAG	1	+ 10,8	+ 18,4	-
Madeira	Com suporte c/ TAG	1	+ 10,4	+ 18,0	+ 0,4
Plástico	Com suporte s/ TAG	1	- 6,0	+ 1,6	-
Plástico	Com suporte c/ TAG	1	- 1,2	+ 6,0	+ 4,8
Isopor	Com suporte s/ TAG	1	- 8,0	- 0,4	-
Isopor	Com suporte c/ TAG	1	- 7,6	0	+ 0,4

**Quadro 2 – Resultados das medições dos testes experimentais  
(TAG em Espaço Livre, TAG com Suporte e TAG instalada em diversos materiais  
em relação a 1 metro das Antenas Transmissora - TX e Receptora - RX)**

Durante este período de julho a dezembro de 2010 também, paralelamente, realizaram-se as atividades de desenvolvimento do *software* para controle e monitoramento on-line pelo pesquisador Prof. M.Eng. Marcelo Cunha de Azambuja.

Os resultados indicam a necessidade de aquisição de outro sistema irradiante para viabilizar a instalação do sistema na planta piloto, já determinada também nesta fase. A planta piloto onde será implantado o sistema para teste em situação real consiste na fábrica montada especialmente para treinamento de novos profissionais da área calçadista denominada de “Escola de Sapateiros” localizada na cidade de Três Coroas, no Vale do Paranhana. Este escola possui toda infraestrutura física, máquinas e equipamentos e setores de produção para a produção de calçados, e foi montada por várias empresas do setor calçadista para treinamento de novos profissionais.

---

**Prof. Carlos Fernando Jung**  
Doutor em Engenharia de Produção  
**Coordenador do Projeto e Pesquisador**

Taquara, 20 Dezembro de 2010