

## ENSAIOS PARA A BUSCA DA MELHORIA DO DESEMPENHO DE NEXT DOS PATCH CORDS Requisito de Norma ANSI/TIA/EIA-568-B.2

**Kleber B. S. Ligabo<sup>1</sup>, Glauco da Silva<sup>1</sup>, Karina Buttignon<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia Prof. João Mod - FATEC Guaratinguetá  
Av. Prof. João Rodrigues Alckmin, 1501 - Jd. Esperança, CEP 12.517-475 - Guaratinguetá - SP - Brasil  
kleber.ligabo@gmail.com, glauco@fatecguaratingueta.edu.br, karina.buttignon@gmail.com

**Resumo-** Como parte do projeto de expansão dos negócios de uma empresa de cabos para informática localizada no Vale do Paraíba-SP desenvolveu-se uma linha de produtos para cabeamento estruturado, que tinha como objetivo atender uma demanda crescente do mercado de rede de computadores. O ponto de partida para esse estudo se deu após o desenvolvimento de um protótipo para a certificação dos cordões flexíveis com conectores modulares (*patch cords*) que ligam os computadores aos pontos de redes, cujos resultados obtidos em laboratórios não possuíam uma margem de folga satisfatória frente a especificação técnica. A partir dessa constatação elaborou-se um plano de ação para sanar o problema dos *patch cords* que apresentavam um baixo desempenho de NEXT no requisito da norma ANSI/TIA/EIA-568. B.2 (ANSI/TIA/EIA, 2001).

**Palavras-chave:** Desempenho, NEXT, *Patch Cords*

**Área do Conhecimento:** Ciência da Computação

### Introdução

Como parte do projeto de expansão dos negócios de uma empresa de Cabos para Informática localizada no Vale Paraíba-SP desenvolveu-se uma linha de produtos para cabeamento estruturado, que tem como objetivo atender uma demanda crescente do mercado de rede de computadores. Essa linha de produtos constitui-se de uma série de itens como *patch cords*, *patch panels*, blocos de conexão, *keystones*, cabos blindados, *backbones* de 25 pares, nas categorias Cat5e e Cat6 além de acessórios como caixas de superfície e espelhos para aplicações de infra-estrutura.

O ponto de partida para este estudo é o desenvolvimento de um protótipo para a certificação dos cordões flexíveis com conectores modulares (*patch cords*) que ligam os computadores aos pontos de redes, cujos resultados obtidos em laboratórios não possuíam uma margem de folga satisfatória frente à especificação técnica.

A partir desta constatação elabora-se um plano de ação para sanar o problema dos *patch cords* que apresentavam um baixo desempenho em NEXT (*Near End Crosstalk*) no requisito da norma TIA/EIA-568-B.2 (ANSI/TIA/EIA, 2001). Atingir um padrão de qualidade com bom desempenho neste requisito passou a ser a principal meta deste trabalho, que além de resolver esse problema definiu-se uma metodologia que seguida à risca, garantiria a estabilidade do processo produtivo dos *patch cords*.

Os principais aspectos deste estudo foram divididos em algumas etapas as quais serão descritas a seguir, a fim de apresentar os trabalhos técnicos com aplicação das ferramentas da qualidade, pesquisa experimental e a realização de *benchmarking* para a obtenção dos resultados definidos em planejamento inicial. Tendo em vista as vantagens observadas do estudo já concluído espera-se sugerir saídas para as seguintes indagações:

Como melhorar o desempenho dos *patch cords*? A melhoria do desempenho traria quais benefícios ao produto? Para resolver os problemas descritos elaborou-se o Plano de projeto e desenvolvimento de produto conforme Tabela 1.

Nesse mercado globalizado das grandes multinacionais a competitividade é elevada ao máximo, além dos preços, a qualidade de seus produtos é o que as diferenciam em relação aos demais fabricantes na busca por negócios em concorrências públicas, licitações, leilões, pregões, o que justifica-se todo o trabalho em alcançar a excelência em desempenho dos *patch cords*.

Este artigo apresenta os resultados de melhorias no desempenho dos *patch cords* com relação ao item de norma NEXT (paradiáfonia) em 8dB em relação aos valores de controle de processo, através de avaliação do método de montagem da conexão junto aos montadores e do projeto de construção dos *patch cords*. De acordo com os resultados obtidos em laboratório da

empresa identificou-se uma média dos valores das amostras no referido requisito em torno de 4dB, o que configura uma margem de folga muito estreita para os padrões de processo, pois qualquer

variação poderia resultar em perda de material, gerando enormes prejuízos para os negócios da empresa.

Tabela 1 - Plano de projeto e desenvolvimento de produto

ATIVIDADE	RESPONSÁVEL	INÍCIO	STATUS
Planejamento das atividades	Eng <sup>a</sup> Processo	21/11/2008	Executado e OK
Testes com conectores (marcas e modelos diferentes)	Eng <sup>a</sup> Processo	05/12/2008	Executado e OK
Escolha de padrão de conector RJ 45	Eng <sup>a</sup> Processo	06/01/2009	Executado e OK
Solicitação para compra de conectores Cat 5e	Eng <sup>a</sup> Processo	12/01/2009	Executado e OK
Recebimento dos conectores RJ 45	Almoxarifado	05/03/2009	Executado e OK
Coleta de amostra de <i>Patch Cable</i>	Técnico em Processos	10/04/2009	Executado e OK
Teste do <i>Patch Cable</i> em laboratório	Controle de Qualidade	15/04/2009	Executado e OK
Montagem dos <i>Patch Cords</i> 2,5 metros	Técnico em Processos	22/06/2009	Executado e OK
Testes com Fluke <i>Cable Analyzer</i>	Técnico em Processos	23/06/2009	Executado e OK
Ensaio dimensionais no <i>Patch Cable</i>	Controle de Qualidade	25/06/2009	Executado e OK
Amostras disponibilizadas para homologação	Engenharia da Qualidade	07/07/2009	Executado e OK

### Metodologia

Para realização deste trabalho, utilizou-se material bibliográfico sobre cabeamento estruturado, normas técnicas e especificações de processo, bem como a realização de pesquisa experimental e intercâmbio com unidades do grupo empresarial. Inicialmente buscou-se analisar todos os itens do produto frente às especificações técnicas da norma ANSI/TIA/EIA-568-B.2 (ANSI/TIA/EIA, 2001).

Em função dos vários comprimentos de passos de torção nos quatro pares do *patch cords*, projetados de forma que anulem as interferências causadas pelos pares adjacentes, medidos na mesma extremidade do cabo, foram testadas todas as possibilidades de combinações entre esses pares, com o intuito de definir qual a melhor combinação a ser utilizada nos cabos.

O modo de defeito foi organizado e classificado, e a partir dele foram definidos os objetivos. A escolha dos projetos de cabos foi realizada a partir das melhores práticas observadas em benchmarking, identificando os pontos críticos de processo e definindo a melhor pinagem para o protótipo.

Testes foram realizados com cabos de outros fabricantes para avaliação das melhores práticas. Efetuou-se a compra de caixas de *patch cable* e

conectores de marcas e modelos variados para testes no laboratório. Encontraram-se as causas raízes do baixo desempenho, através do uso da ferramenta Fluke DTX 1800 *Network Analyzer*, justapondo-se aos agentes suas implicações naturais.

### Desenvolvimento

Para os padrões de norma nacional ABNT NBR 14565:2006 (ABNT, 2006), NEXT refere-se à paradiáfonia acoplada no par *k*, a partir do sinal interferente no par *i*. Segundo a norma ANSI/TIA/EIA-568-B.2 (ANSI/TIA/EIA, 2001) NEXT entende-se como a perda na medida do acoplamento de um sinal indesejado de um transmissor na extremidade mais próxima ao par vizinho medidos na mesma extremidade do cabo. A perda de NEXT é expressa em dB em relação ao nível de sinal emitido, e deve ser medida para todas as combinações de pares do cabo.

O requisito NEXT está diretamente relacionado com o comprimento do passo de torção dos pares que constituem o cabo cujo comprimento máximo está descrito no item 6, subitem 6.3 da norma ANSI/TIA/EIA-568-B.2 (ANSI/TIA/EIA, 2001) que trata dos aspectos mecânicos e estabelece que os condutores de par trançado de diâmetro a partir de

24 AWG ou maiores não deve exceder 15 mm (0,6 pol).

Para que o *patch cord* tenha um bom desempenho e que as interferências geradas pelos pares se anulem deve-se distribuir os comprimentos dos passos de torção de forma

balanceada de acordo com a geometria do cabo. Sendo assim, o projeto do cabo utilizado para a realização de ensaios tinha como medidas os valores em destaque na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados dimensionais do protótipo

Dados Dimensionais									
Strip Force da Capa		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3					
Kgf		2,955	2,920	3,295					
Ø Capa (mm)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Espessura da Capa (mm)		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	
Mínimo	4,84	4,76	4,74	Mínimo		0,46	0,44	0,43	
Máximo	5,34	5,12	5,30	Máximo		0,49	0,48	0,49	
Passo Torção		Par	Mm	Passo Núcleo		Par	Medidas em mm		
Sentido	Direita	AZ	12,97	Sentido	→	Direita	AZ	150	169
Sentido	Direita	LJ	14,17	Sentido	→	Direita	LJ	149	154
Sentido	Direita	VD	10,16	Sentido	→	Direita	VD	154	165
Sentido	Direita	MR	9,23	Sentido	→	Direita	MR	149	154
Diâmetro Veias (mm)		BrAz	Az	BrLj	Lj	BrVd	Vd	BrMr	Mr
Mínimo		0,591	0,592	0,594	0,596	0,593	0,595	0,594	0,594
Máximo		0,594	0,593	0,595	0,597	0,594	0,595	0,595	0,595
Fios de Cobre (mm)		BrAz	Az	BrLj	Lj	BrVd	Vd	BrMr	Mr
Mínimo		0,197	0,197	0,198	0,198	0,197	0,198	0,197	0,199
Máximo		0,199	0,198	0,199	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Diâm. Isolação (mm)		BrAz	Az	BrLj	Lj	BrVd	Vd	BrMr	Mr
Mínimo		1,016	1,022	0,998	1,014	1,008	1,010	1,007	1,011
Máximo		1,018	1,028	0,999	1,016	1,012	1,014	1,014	1,012
Espessura da Isolação (mm)		BrAz	Az	BrLj	Lj	BrVd	Vd	BrMr	Mr
Mínimo		0,214	0,209	0,202	0,216	0,21	0,213	0,208	0,209
Máximo		0,231	0,238	0,219	0,233	0,233	0,234	0,219	0,235

### Benchmarking

Para avaliar o melhor projeto de *patch cable* foi solicitada a duas unidades de fabricação do grupo de empresas uma amostra de cabo de cada uma delas para avaliação em laboratório do desempenho dos produtos por eles fabricados. Foram realizados testes com trinta amostras de *patch cords* de cada unidade, com o intuito de obter melhores margens no ensaio de NEXT. Os resultados obtidos podem ser vistos na Figura 1.

Conforme pode ser observado o projeto do *patch cable* da empresa A possui uma margem de folga em torno de 14,5dB em relação aos limites da especificação, enquanto o projeto da empresa B obteve uma margem de folga em torno de

10,4dB sendo preterido para a escolha do projeto adotado neste estudo.

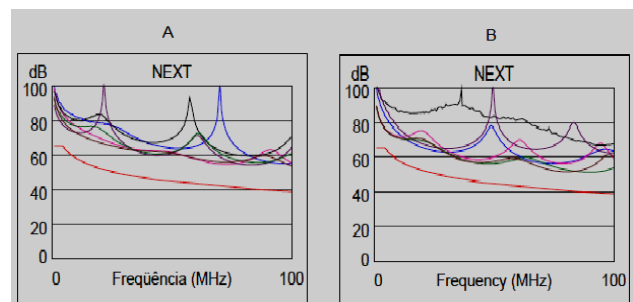


Figura 1 - Amostra das empresas A e B

## Conectores

Os conectores RJ45 categoria 5e utilizados para compor o produto foram escolhidos após os testes realizados em laboratório, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 2. Desenvolveu-se junto ao Fabricante A um modelo de conector que reduzisse os efeitos indesejados de acoplamento em NEXT. De acordo com o modelo de conector P88RE50V2, inicialmente utilizado para a montagem dos *patch cords*, pode-se observar na Figura 2 que a disposição dos condutores é paralela, exigindo-se que desfaça os passos de torção dos pares aumentando o efeito de acoplamento em NEXT.

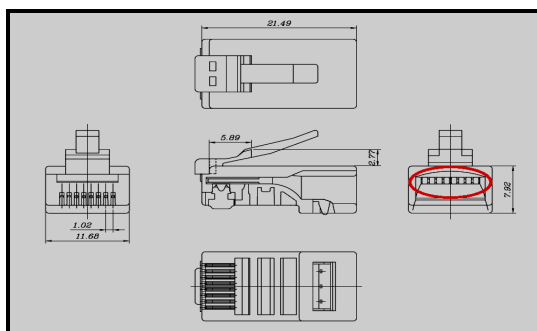


Figura 2 - Conector RJ 45 modelo P88RE50V2

O novo modelo desenvolvido junto ao fornecedor de conectores tem como característica manter o passo de torção até as lâminas de contato melhorando o desempenho do *patch cord* por meio da redução do efeito de acoplamento em NEXT. Adaptou-se uma nova lâmina no modelo final do conector para permitir a aplicação tanto para *patch cords* de condutores formado por multifilamentos e condutores sólidos conforme a Figura 3.

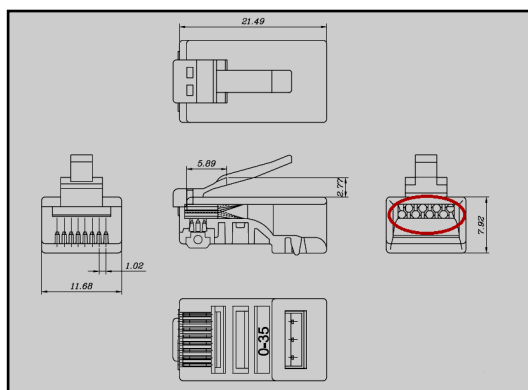


Figura 3 - Conector RJ 45 modelo P88R5Z50V2T

## Montagem

Desenvolveu-se um método de montagem do *patch cord* para eliminar possíveis desvios de

fabricação que pudessem causar danos ao produto tornando-os impróprios para o uso. Definiu-se uma amostragem mínima para inspeção de qualidade dos produtos de acordo com a norma ABNT NBR 5426 (ABNT, 1989) com nível de inspeção II, amostragem simples e um NQA (Nível de Qualidade Aceitável) de 2,5% para lotes de 1500 unidades. O fluxograma do processo de montagem dos *patch cords* é apresentado na Figura 4. Em seguida são apresentadas as características de cada fase do processo.

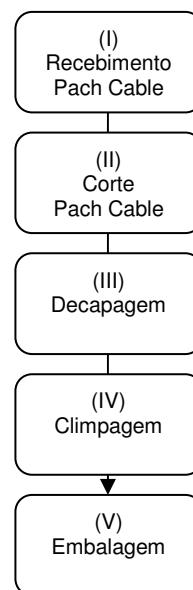


Figura 4 - Fluxograma do processo de montagem

### Fase I - Recebimento *Patch Cable*

Os materiais recebidos pelos montadores devem ser inspecionados visualmente durante o recebimento, quanto a danos superficiais externos, embalagem etc. Caso alguma anomalia seja percebida, a área de qualidade deverá ser notificada imediatamente e proceder conforme instruções.

É necessário manter registro deste recebimento, contendo no mínimo as seguintes informações: Indexação por notas fiscais e datas de recebimento, indexação dos números dos lotes do cabo com data e lote de produção dos *patch cords* e laudo da inspeção do recebimento.

### Fase II - Corte

Os *patch cables* deverão ser cortados, conforme programa de produção, otimizando o planejamento para a menor perda possível, utilizando equipamento e método adequado que não permita estiramento e esforço durante o processo de desenrolamento do cabo.

Os *patch cables* serão fornecidos em bobinas de madeira com 1000 metros de comprimento e

deverão ser cortados com uma tolerância no comprimento de -0 mm e +50 mm em relação ao valor nominal do *patch cord*. Exemplo: *Patch Cord* 1,50 m deverá ter o *patch cable* cortado entre 1,50 m e 1,55 m.

Manter controle e registro de medição do comprimento dos *patch cables* a cada 100 peças cortadas.

### Fase III - Decapagem

Deverá ser desenvolvido um gabarito e padrão para retirada da cobertura de PVC, de forma a uniformizar os produtos. Padrão de decapagem 13 mm ( $\pm 1$  mm). Esta operação deverá ser adequada de forma a não proporcionar rebarbas e danos aos condutores. As veias deverão ser separadas, cortadas uniformemente e inserir o conector RJ45.

### Fase IV - Climpagem

Equipamento:

Prensa automática, com ajuste de profundidade.

Manter registro de intervenções, limpezas e ajustes.

Processo:

Após a climpagem, todas as peças com conectores deverão ser inspecionadas em dispositivo eletrônico para identificação de pares invertidos ou com falha de continuidade. Todas as peças deverão ser inspecionadas visualmente quanto a rebarbas, danos na capa do cabo, falha na gravação do cabo, erro de conectorização etc.

A cada 50 peças conectadas, deve-se coletar 01 (uma) peça e inspecioná-la com os seguintes procedimentos:

I. Inspeção Visual: utilizar uma lupa com aumento de no mínimo 10x, a fim de checar acabamento visual (duas extremidades);

II. Inspeção Dimensional: realizar medição da profundidade da climpagem, utilizar relógio comparador, bancada que garanta o nivelamento e dispositivo (berço com perfil do conector) para acomodar o conector;

III. Ensaio Elétrico: NEXT e Perda de Retorno (*Return Loss*) utilizando-se equipamento *scanner* adequado para esta medição.

Todos os resultados da inspeção deverão ser mantidos, registrados e enviados semanalmente a área da qualidade da referida empresa fornecedora da matéria-prima.

Se for encontrada qualquer anomalia o processo deverá ser interrompido, deve-se analisar as causas e tomar ações adequadas para garantir o atendimento ao requisito. As peças produzidas anteriormente a detecção da anomalia devem ser inspecionadas de forma a garantir apenas a produção de peças em conformidade com os requisitos do produto.

### Fase V - Embalagem

Todas as peças deverão ser embaladas em sacos plásticos e etiquetadas individualmente, acondicionadas em caixas de papelão nas quantidades programadas e mantido um controle de identificação do montador para garantir a rastreabilidade de todos os lotes fornecidos (data de fabricação do *patch cord* e estes ao lote de fornecimento inicial).

O prestador de serviços deverá ter controles e registros para demonstrar e garantir os quantitativos nas embalagens.

Além dos procedimentos citados anteriormente deve-se observar outros itens de controle de qualidade que contemplam todo o aparato necessário para o bom funcionamento de todo o sistema: toda sucata gerada, deverá ser inventariada e devolvida separadamente à empresa fornecedora das matérias-primas (sobra de *patch cable*, extremidade decapada da cobertura PVC, sobras dos cortes dos conectores e veias de cobre); os equipamentos de controle e medição deverão ser calibrados e aferidos periodicamente; o prestador de serviços deverá manter sistemática padronizada para manutenção e recuperação dos registros, a fim de garantir a rastreabilidade de todo o processo.

### Resultados

Com base nos resultados obtidos com o novo modelo de conector, cujos status de inspeção e ensaio foram os de PASSA (Tabela 3) para todas as amostras produzidas, conclui-se que no primeiro momento esta é a opção mais viável a ser adotada para o projeto. Evoluiu-se de uma condição instável de processo, com um percentual em torno de 50% de aprovação nos *patch cords* para um índice de 100% de aprovação nas amostras testadas em laboratório e junto dos montadores. O novo conector desenvolvido em parceria com o fornecedor Ningbo Excellence permite um arranjo melhor dos fios até as lâminas de contato, mantendo-se o passo de torção dos pares, anulando-se assim todas as interferências eletromagnéticas geradas durante a transmissão dos dados.

O ponto chave para o completo sucesso deste trabalho surgiu da observação das amostras fornecidas pela empresa A (Figura 5) e testadas em laboratório onde o *patch cable* utilizado como base para o experimento fora desenvolvido no próprio site da empresa onde se aplicou este estudo, confirmando que as causas do baixo desempenho estavam no conector e não no *patch cable*.

Tabela 3 - Resultados dos ensaios após implementação das melhorias

NEXT (dB)	RL (dB)	Método RL Compress	Método RL Loop	Método RL Rotate	Comprimento (m)	Par Não-Conforme	Laudo
9,0	3,0	1,1	1,2	3,4	2,5	-	PASSA
9,6	4,1	2,1	3,4	1,6	2,5	-	PASSA
9,1	4,9	1,7	1,5	3,6	2,5	-	PASSA
10,0	4,0	2,6	1,1	1,8	2,5	-	PASSA
8,1	3,3	1,1	2,3	1,3	2,5	-	PASSA
7,4	1,4	2,1	1,2	1,9	2,5	-	PASSA
10,9	5,0	3,1	3,9	2,5	2,5	-	PASSA
10,8	6,6	3,5	4,6	3,4	2,5	-	PASSA
8,6	4,2	3,1	3,3	1,5	2,5	-	PASSA
10,9	4,9	3,0	1,6	3,5	2,5	-	PASSA
10,7	4,7	1,3	3,9	2,7	2,5	-	PASSA
10,0	4,0	2,0	3,1	3,5	2,5	-	PASSA
8,7	2,7	1,5	3,9	2,0	2,5	-	PASSA
10,1	5,0	1,2	4,1	1,7	2,5	-	PASSA
7,7	1,7	2,2	3,5	2,5	2,5	-	PASSA
7,5	4,0	1,5	2,6	2,1	2,5	-	PASSA
9,7	3,7	2,9	3,2	1,5	2,5	-	PASSA
10,8	6,1	1,0	2,0	2,6	2,5	-	PASSA
9,7	6,0	1,2	2,5	1,4	2,5	-	PASSA
9,6	5,9	3,8	3,8	2,4	2,5	-	PASSA
10,5	6,7	3,1	4,0	4,1	2,5	-	PASSA
10,3	5,1	2,0	2,9	1,7	2,5	-	PASSA
8,6	2,6	1,9	2,0	2,6	2,5	-	PASSA
9,4	5,5	1,9	4,2	1,5	2,5	-	PASSA
13,5	6,7	2,2	2,7	1,0	2,5	-	PASSA
10,5	5,8	1,9	3,4	1,4	2,5	-	PASSA
7,9	1,9	1,8	2,4	2,6	2,5	-	PASSA
9,1	3,7	1,0	1,9	2,8	2,5	-	PASSA
12,0	5,0	1,0	3,7	2,8	2,5	-	PASSA
10,2	4,2	3,9	4,2	2,1	2,5	-	PASSA
9,6	4,8	1,3	2,0	1,3	2,5	-	PASSA
8,4	5,1	1,3	3,7	2,7	2,5	-	PASSA
14,1	5,3	1,4	1,4	4,8	2,5	-	PASSA
9,2	5,1	2,3	3,3	3,0	2,5	-	PASSA
8,7	3,0	2,6	2,4	1,3	2,5	-	PASSA
8,2	2,2	1,7	5,2	4,1	2,5	-	PASSA
12,5	7,0	2,8	3,7	2,7	2,5	-	PASSA
7,8	1,8	2,0	2,3	1,8	2,5	-	PASSA
9,3	3,7	2,1	2,7	1,7	2,5	-	PASSA
10,4	5,5	2,8	3,3	2,3	2,5	-	PASSA
9,1	3,1	2,1	2,9	1,9	2,5	-	PASSA
9,0	5,2	1,1	4,6	2,8	2,5	-	PASSA
12,2	6,2	3,2	5,5	3,9	2,5	-	PASSA
7,7	4,7	2,3	1,6	1,9	2,5	-	PASSA
10,7	4,7	1,6	1,1	3,7	2,5	-	PASSA
10,0	4,8	3,4	1,0	4,7	2,5	-	PASSA
12,4	5,4	2,1	3,6	5,0	2,5	-	PASSA
12,5	5,5	2,5	5,6	4,0	2,5	-	PASSA
12,6	6,6	2,8	6,3	3,0	2,5	-	PASSA
9,9	4,7	1,2	1,3	3,7	2,5	-	PASSA

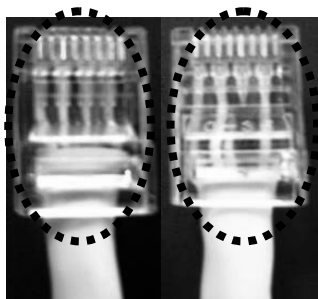


Figura 5 - Conector P88R5Z50V2T (novo), Conector P88RE50V2 (antigo)

Após evidências comprovadas neste estudo, o projeto foi apresentado a diretoria da empresa que o validou, incluindo no sistema de gestão da qualidade, todos os procedimentos de fabricação do *patch cable* em folhas de processos, a rotina de montagem dos *patch cords*, planos de inspeção e testes nas diversas fases da linha de produção até o produto final.

## Conclusão

A finalização deste trabalho deu-se pelo alcance dos resultados finais da homologação do referido produto para a sua validação, com a geração do

código da ANATEL (ex: XXXX-YY-ZZZZ) em que os quatro primeiros dígitos referem-se a homologação do produto, os dois dígitos seguintes referem-se ao ano da homologação e os quatro dígitos finais referem-se ao fabricante garantindo a qualidade e o atendimento às especificações técnicas do produto.

Todo o trabalho foi concluído, tendo como base referências teóricas e normas de fabricação de cabeamento e o mesmo colaborou para a melhoria do material empregado na construção de *patch cords* e conectores, evitando possíveis falhas na utilização de componentes interligados à esses cordões, como uma rede local. Os indicadores de viabilidade técnica provaram que a montagem, a utilização e construção de conectores auxiliaram no funcionamento correto do produto.

Sabe-se que a tecnologia está sempre em evolução, para trabalhos futuros recomenda-se um estudo sobre as normas de certificação vigente, associada aos novos modelos de cabos metálicos que possam surgir e agregar ao mesmo a busca por padrões de melhoria no seu funcionamento.

## Referências

ABNT. **NBR 14565:** Cabeamento de telecomunicações para edifícios comerciais. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2006.

ABNT. **NBR 5426:** Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1989.

ANSI/TIA/EIA. **ANSI/TIA/EIA-568-B.2:** Commercial Building Telecommunication Cabling Standard: Part2 Balanced Twisted Pair Cabling Components. ANSI/TIA/EIA, Virginia, USA, 2001.

NINGBO. **Exw ningbo excellence communicated connector co. ltd.** Disponível em: [http://www.exw.com.tw/web/doce/design\\_tooling\\_capability.asp](http://www.exw.com.tw/web/doce/design_tooling_capability.asp). China, 2001. Acesso em: 18 jan. 2011.