



ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA E RESULTADOS DE TESTES DE COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA PARA HOMOLOGAÇÃO DE UMA CENTRAL DE COMUNICAÇÃO PABX

Ricardo Adriano Horn¹, Joabel Moia²

Resumo: Este artigo consiste em apresentar um trabalho realizado em duas Centrais Telefônicas (PABX), que são produtos eletrônicos produzidos em larga escala, com a finalidade de redução de custo de fabricação e montagem, unificar a homologação, relatar os ensaios de compatibilidade eletromagnéticas, os problemas encontrados e as soluções para que o produto receba a certificação ANATEL e por fim apresentar os resultados obtidos com a produtividade. O foco das modificações foi nas placas de circuito impresso (PCI), na qual foi possível unir e utilizar o melhor dois produtos diferentes em apenas uma PCI. Os produtos eram vendidos separadamente, produzidos de formas diferentes, com estoque de componentes distintos, e softwares que eram específicos para cada produto. Desta forma foi possível gerar uma redução de processos de estoque, melhorias na fabricação do produto, tempo de desenvolvimento de software e em custos de manufatura, eliminando-se a necessidade nas compras de componentes, tanto eletrônicos quanto mecânicos, específicos para cada produto.

Palavras-chave: Central Telefônica, EMC, Redução de custo, Homologação, ANATEL

Abstract: *This article works consists in presenting a work carried out in two Telephone Centers (PABX) that are electronic products produced in large scale, with the purpose of reducing the cost of manufacture and assembly, unify the homologation, report the electromagnetic compatibility tests, the problems found and the solutions for the product to receive ANATEL certification and finally present the results obtained with the productivity. The focus of the changes was on printed circuit boards (PCBs), in which it was possible to unite and use the best circuits for each product in just one PCB. The products were sold separately, produced in different ways, with a stock of different components, and software that was specific to each product. In this way, it was possible to generate a reduction in inventory processes, improvements in product manufacture, software development time and manufacturing costs, eliminating the need for purchases of components, both electronic and mechanical, specific to each product.*

Keywords: *Telephone Exchange, EMI, Cost reduction, ANATEL*

¹ Aluno do curso de Especialização em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos <ricardo.horn@outlook.com>.

² Professor do Departamento Acadêmico de Eletrônica do IF-SC <joabel.moia@ifsc.edu.br>.

1. INTRODUÇÃO

No mercado de telecomunicações, um produto que é muito utilizado para facilitar a comunicação entre as pessoas em um mesmo prédio ou empresa, é a central PABX (*Private Automatic Branch Exchange*). Por meio dela é possível efetuar ou

receber chamadas internas (ou externas) através de um ponto telefônico (ramal) instalado no ambiente, apartamento ou departamento. Para uma empresa ou prédio pequeno talvez não se faça necessidade de se possuir uma central PABX, mas em uma fábrica ou prédio de grandes proporções, a utilização de uma

central telefônica é essencial para a comunicação entre colaboradores e/ou condôminos.

Com a evolução dos microcontroladores e a redução do custo de compra, foi possível inserir, além da conexão entre ramais, outras funcionalidades em uma central PABX, como detecção de chamada, música para transferência de ramal, conexão com interfones, registro de ponto, sensores para porta aberta, captura de imagens, entre outras funções. Com esta evolução foi possível que o mercado de centrais telefônicas não ficasse restrito a apenas grandes condomínios ou grandes empresas, mas sim a pequenos prédios de dois a quatro andares com oito a doze apartamentos, pequenas empresas ou até mesmo em uma residência, ampliando o público alvo.

Pensando neste mercado, que a empresa em que atuo, uma das maiores fabricantes de centrais telefônicas de pequeno e médio porte no Brasil, desenvolveu pequenas centrais PABX na qual são vendidas em diversas configurações, para que seja atendido este público com uma necessidade menor de ramais e linhas telefônicas. Este trabalho terá um enfoque maior nas duas centrais PABX, de acordo com a figura 1, que hoje são os dois produtos que mais necessitam de uma revisão em suas estruturas eletrônicas:

Central 2x08: Na qual é possível conectar até duas linhas telefônicas externas e oito ramais.

Central 4x12: Na qual é possível conectar até quatro linhas telefônicas externas e doze ramais.



Figura 1 – Centrais 2x08 e 4x12
Fonte: Autoria Própria

Ambas centrais compartilham do mesmo gabinete, porém são produtos diferentes. As duas centrais realizam as mesmas tarefas, mas possuem placas de circuito impresso (PCI), softwares, microcontroladores, placas de conexões para ramais e troncos (linhas externas) diferentes e inclusive, necessitam passar por homologações diferentes.

Como estes dois produtos surgiram em momentos distintos na empresa, com um intervalo de tempo grande entre um produto e outro, possuem muitas diferenças nas partes eletrônicas, mas realizam as mesmas funções. Sendo assim, seria interessante analisar, propor e modificar as centrais para que os dois produtos sejam mais similares, reduzindo pela metade os esforços de

desenvolvimento, custos com certificação/homologação, pois são dois produtos distintos atualmente.

Quando se trata de homologação, atualmente para um produto desta categoria (Central Privada de Comutação Telefônica) ser comercializado no Brasil, o governo exige que este equipamento seja homologado de acordo com a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) que concede a certificação, após uma série de criteriosos testes. Como será necessário desenvolver um novo produto, será necessário passar por todo o processo de homologação que envolve ensaios, soluções e modificação de hardware que serão descritos neste artigo.

1.1. OBJETIVOS

Para este projeto objetivo principal seria apresentar uma solução que reduzisse o custo de montagem desses dois produtos, redução no processo de certificação/homologação e também uma redução no esforço para gerir todos os processos envolvidos na manufatura dos dois produtos.

Para que isto aconteça será necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Propor uma solução de unificar os projetos;
- Propor uma solução de unificar as PCI's;
- Diminuir os processos de fabricação;
- Reduzir a quantidade de componentes do tipo PTH (*Pin Through Hole*);
- Reduzir o custo de montagem;
- Incluir novas funções dentro do custo atual;
- Apresentar melhorias nos circuitos atuais;
- Gerar apenas um processo de certificação;
- Reduzir o custo de fabricação;

2. PRODUTOS ATUAIS

As centrais, que são de pequeno porte, hoje são vendidas em duas configurações diferentes para atender melhor o consumidor, que são elas a 2x08 com pouca capacidade de pontos telefônicos mas que possui uma PCI mais moderna, e a central 4x12 com uma capacidade maior de ramais mas com um projeto antigo e desatualizado. A seguir podem-se ver as características de cada central:

2.1. Central 2x08

Esta central mais recente permite a conexão de duas linhas telefônicas distintas e a instalação de até oito ramais (pontos telefônicos). Tal central é apresentada na figura 2.



Figura 2 – CPU PABX 2x08
Fonte: Autoria Própria

Desenvolvida pensando em sua fabricação, esta central já é um produto com uma PCI única, na qual todos os circuitos foram incorporados na mesma placa de forma que sejam necessários poucos processos para sua fabricação em relação a central 4x12.

2.2. CENTRAL 4X12

A central 4x12 é um projeto mais antigo, na qual visava uma modularidade. Os circuitos de RAMAL e de LINHA eram removíveis, como mostra a figura 3, facilitando uma possível manutenção ou substituição dos circuitos em caso de uma falha. Esta modularidade acabou gerando muitas PCIs interconectadas. Isto acarreta em uma quantia maior de processos produtivos, pois enquanto os componentes da central 2x08 são praticamente inseridos em uma única etapa de montagem *Surface Mount Technology* (SMD) e PTH, a central 4-12 atual necessita que método de montagem seja repetido para todas as seis placas que são usadas na montagem da central. Isto demanda vários processos de montagem, controle de estoque, planejamento de produção entre outros esforços para que o produto seja concebido.



Figura 3 – CPU PABX 4-12
Fonte: Autoria Própria

Esta central é constituída então basicamente de uma placa base, na qual os circuitos de linhas e troncos estão em outras PCI's e são conectadas através de conectores do tipo barra de pinos. Cada placa de linha telefônica comporta duas linhas e a placa de ramal comportam 4 ramais, portanto são necessárias seis placas de circuito impresso necessárias para se produzir uma unidade do

produto, duas placas de linha telefônica, três placas de ramais e uma placa base, conforme Figura 4.



Figura 4 – Placas de linha e ramais.
Fonte: Autoria Própria

2.3. PROPOSTAS DE SOLUÇÕES

As centrais surgiram em épocas diferentes na empresa, e, desta forma, os circuitos acabaram sendo concebidos de formas diferentes, onde a central mais nova (Central 2x08) recebeu uma PCI sem modularidade, circuitos com melhorias no tratamento de áudio, tratamentos de ruídos em conversores analógicos para digital (AD), melhor filtragem na alimentação, dentre outros ajustes que visam a melhoria da qualidade do produto.

Conforme visto também, a central mais antiga (Central 4x12) possui seis PCIs em sua árvore de produto, o que acaba gerando inúmeros processos de montagem, etapas de solda e inclusive retrabalhos manuais nos conectores. Isto, para uma empresa que possui avançados sistemas de produção autônoma, tanto na inserção de componentes quanto na solda, acaba elevando o custo do produto, cada vez que um processo é feito de forma manual, como a inserção de componentes PTH e solda manual de conectores barra pinos.

Assim, foram analisadas algumas propostas de melhorias para as duas centrais de forma que o custo e os processos de produção sejam reduzidos significativamente.

2.3.1. UNIFICAÇÃO DAS PCI's

O projeto atual exige a utilização de muitas PCI's para se obter dois produtos apenas, o que leva a necessidade de tornar o projeto mais simples para se obter uma redução de custo. Uma forma de tornar o projeto menos custoso e com uma etapa produtiva menos complicada, seria uma unificação das placas e projetos para que ambos os produtos compartilhem dos mesmos circuitos, mesmas PCI's, uma única certificação e etc.

Logo, a primeira proposta consiste em pegar as referências dos produtos atuais, descontinua-los, e criar uma nova referência, no caso, uma única PCI que comporte os dois projetos, em que se monte parcialmente a placa e se torne um produto, ou se

montada totalmente a PCI ela se torna outro produto, como ilustra a figura 5. Desta forma, cria-se uma diminuição nos processos de fabricação das duas centrais, unifica os circuitos e ocasiona em um único processo de certificação.

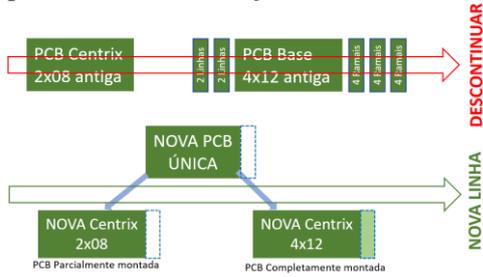


Figura 5 – Diagrama da Proposta 1.
Fonte: Autoria Própria

2.3.2. SUBSTITUIÇÃO DE COMPONENTES

Como estas centrais surgiram há certo tempo na empresa, hoje, a diversidade de componentes existentes cadastrados em nosso estoque aumentou, por tanto pode ser possível uma substituição de valores (por exemplo, resistores e capacitores) que sejam mais baratos que os atuais. Como as vendas aumentaram em relação ao passado, o volume de compra dos componentes aumentou, então se consegue uma melhor negociação e um custo menor por componente.

Logo, a proposta seria analisar os circuitos atuais e propor substituições de componentes PTH por SMD, sem que se perca o desempenho, pois isto facilita o processo de montagem que é feito atualmente por uma máquina insersora do tipo *Pick and Place*.

2.3.3. EXTINGUIR FUNÇÕES ANTIGAS / NÃO UTILIZADAS

No ciclo de vida de um produto, é normal que ele seja concebido de forma que atenda o consumidor atual. Com isto o produto acaba agregando funcionalidades mínimas para o mercado e as vezes com funções extras para se destacar perante a concorrência. Após certo tempo de vida, alguns circuitos ou funções acabam não sendo mais utilizados pelo consumidor ou o mercado passa a exigir novas funcionalidades que não foram previstos nos requisitos iniciais.

A ideia seria eliminar circuitos não utilizados, para que se consiga uma redução na quantidade de componentes eletrônicos. Verificar também se o mercado necessita de alguma função nova para que o produto continue se destacando dentre a concorrência.

2.3.4. UNIFICAR A HOMOLOGAÇÃO

Atualmente o processo de homologação/renovação é feito duas vezes, uma

para cada modelo de central, o que exige que sejam feitos dois ensaios exatamente iguais para os dois produtos, pagamentos de taxas redundantes, contratação de laboratórios credenciados enfim, todo o processo de certificação sempre em dobro. Unificando os produtos em apenas um, elimina-se a necessidade de se fazer a certificação para dois produtos “iguais” e a renovação da certificação que acontece anualmente. Desta forma, é realizado uma homologação “de família”, que consiste em realizar os ensaios de certificação no produto que possui mais funções que no caso será a central 4x12. Após a aprovação, a central 2x08 recebe a certificação também por pertencer a família da central 4x12.

Este é um dos motivos na qual a unificação das PCI's é a escolha mais importante no processo de redução de custo, pois o processo de certificação possui um custo elevado na qual pode ser reduzido com a unificação das PCIS.

2.3.5. SUBSTITUIÇÃO DE TECNOLOGIA

As centrais atuais já estão com os modelos de microcontroladores defasados em relação ao mercado e em relação a própria linha de produtos atuais que já contam com microcontroladores mais modernos. O microcontrolador utilizado atualmente é o LPC2136 será substituído pelo novo microcontrolador STM32F407VE utilizado nas centrais de grande porte, ele nos permite agregar novas tecnologias como a comunicação USB e ETHERNET.

Este novo microcontrolador é um Cortex M4 e quando comparado ao antigo nos permite ver uma grande diferença de tecnologia como mostra a tabela 1.

CARACTERÍSTICAS	LPC 2136	STM32 CORTEX M4
Memória Flash	256 kB	1 Mb
Memoria RAM	32 kB	196 Kb
Frequência	Até 25 MHz	Até 168 MHz
Conversor AD	10 bits	12 Bits
Conversor DA	10 Bits	12 Bits
Comunicação serial	Sim	Sim
Debug SWD & JTAG	Não	Sim
USB	Não	Sim
ETHERNET	Não	Sim
Sensor de temperatura	Não	Sim
Interface para câmera digital (DCMI)	Não	Sim
Áudio PLL	Não	Sim

Tabela 1 – Diferenças Microcontroladores
Fonte: Autoria Própria

2.3.6. ADIÇÃO DE PONTOS DE TESTES ELÉTRICOS

Outro ponto muito importante e que acarreta em atrasos na produção das centrais é a ausência de pontos de testes na placa para testes elétricos. Isto implica no teste manual de cada produto após a montagem. Um dos requisitos que o setor de

engenharia de processo exigiu seria a inclusão dos Test's Points (TP's) para que fosse construído um dispositivo de testes que fizesse a validação das placas de forma autônoma e mais rápida. Atualmente cada central possui um dispositivo de teste, o que implica em um gasto de tempo para montagem de setup de teste para cada produto quando é fabricado. Com a unificação da PCI, o mesmo dispositivo de teste pode testar os dois produtos, gerando assim uma economia de tempo e processo na etapa de testes das centrais.

3. DESENVOLVIMENTO

Depois de realizadas as análises das propostas de melhorias que podem ser aplicadas nas novas centrais, o primeiro objetivo a ser alcançado seria a unificação das placas, pois seria a maior modificação nos produtos atuais e que gerariam um grande impacto nos objetivos de diminuir processos de fabricação, processos de certificação/homologação e custos de montagem.

3.1. UNIFICAÇÃO DOS ESQUEMÁTICOS

Para que a unificação dos produtos seja feita, o primeiro passo seria unir os dois esquemáticos das centrais em apenas um. Os esquemáticos então foram comparados para que se fosse realizado um levantamento de quais circuitos estão com uma melhor desempenho, com melhores resultados nos testes de certificação, quais circuitos ainda são utilizados e principalmente os blocos que possuem menos componentes PTH.

Os circuitos que constituem a central 2x08 são os seguintes:

- Oito circuitos de Ramais;
- Dois circuitos de Tronco (Linha telefônica);
- Um barramento (Matriz de conexão);
- O bloco da MCU;
- Um circuito de atuação externa;
- Um circuito para leitura de um sensor externo;
- Circuito de Viva-Voz;
- Circuito para entrada de música externa;
- Circuito para leitura de um SD-CARD;
- Circuito de comunicação Serial;
- Circuito de interface de porteiro para conexão com linha HDL;
- Circuito de gravação de FW;
- Circuito de Reset;
- Bloco de fonte de tensões internas;

Os circuitos que constituem a central 2x08 são similares a central 4x12 com exceção da possibilidade de adição de uma placa de atendimento automático e que seus circuitos de linha e ramais não são integrados a mesma PCI;

- Doze circuitos de Ramais;
- Quatro circuitos de Tronco (Linha telefônica);
- Um barramento (Matriz de conexão);
- O bloco da MCU;
- Um circuito de atuação externa;
- Um circuito para leitura de um sensor externo;
- Circuito de Viva-Voz;
- Circuito para entrada de música externa;
- Circuito para leitura de um SD-CARD;
- Circuito de comunicação Serial;
- Circuito de interface de porteiro para conexão com linha HDL;
- Circuito de gravação de FW;
- Circuito de Reset;
- Bloco de fonte de tensões internas;
- Circuito da placa atendedora;

Após a análise dos circuitos, foi decidido então o que seria mantido e removido na nova central. Em um primeiro momento surgiu a necessidade de alterar o microcontrolador, pois o que estava em uso, já estava desatualizado e com expectativa de sair do mercado. Decidiu-se utilizar o microcontrolador STM32F407VE, o qual é empregado na empresa em um segmento de centrais e interfonos. Este mesmo microcontrolador além de conseguir manter as funções presentes nas centrais antigas, permite também agregar novas tecnologias, como a comunicação USB para atualização de firmware e a inclusão de uma expansão ETHERNET, para conexão com o software de gerenciamento da central.

Analisando os circuitos individualmente, foi percebido que era possível antes mesmo de gerar um protótipo, substituir componentes PTH por SMD. Os circuitos comentados a seguir foram todos modificados para se obter redução de custo ou apenas substituídos (quando possível) PTH por SMD.

Fonte interna: Neste bloco eram utilizados reguladores lineares para as tensões de 5 V e 3,3 V e que eram PTH. Os mesmos foram substituídos por novos reguladores que eram SMD.

Tronco: Os circuitos de tronco operavam com um superdimensionamento e contavam com resistores e transistores PTH, relés de 5 V na qual era praticamente o dobro do custo de um relé 12 V. Logo, os relés foram substituídos por 12 V e os

transistores e resistores PTH foram substituídos por SMD.

Atuador e sensor externo: Neste bloco eram utilizados transistores PTH na qual a empresa possuía em estoque o mesmo componente na versão SMD, logo foram substituídos.

Musica externa: Esta função foi descontinuada por motivos de não utilização e para ganhar área de PCI.

Placa atendedora: Esta função foi descontinuada pelos mesmos motivos da Música Externa visto anteriormente.

Circuito de ramal: Este bloco não foi possível realizar uma substituição de componentes, no entanto, as análises da área necessária para comportar os doze blocos de ramais na PCI, mostraram que não seria possível acomodar os circuitos da forma que já estão arranjados e utilizados em PCI's de outras centrais. Estes circuitos então sofreram uma miniaturização, ou seja, os componentes foram melhor acomodados para que ocupassem menos área de PCI permitindo assim que a proposta de transportar todos os circuitos de ramal para a mesma PCI fosse possível.

Desta forma a proposta da nova central ficou da seguinte forma, como pode ser visto no diagrama de blocos da figura 6.

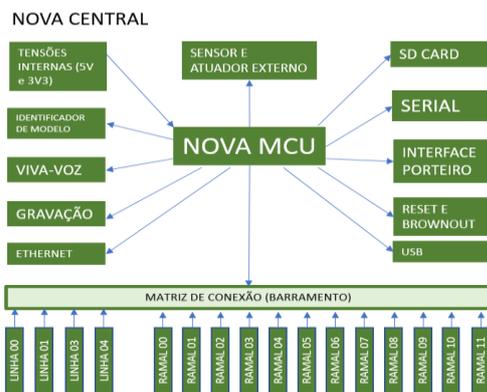


Figura 6 – Diagrama de blocos da nova proposta. Fonte: Autoria Própria

A nova central vai receber os circuitos comuns que vão atender os dois modelos (2-08 e 4-12). Alguns circuitos foram apenas melhorados no quesito substituição de PTH para SMD (quando foi possível) ou evoluído sua performance (melhorias em filtros) e foram removidos circuitos (funções) não utilizados, desta forma, a nova central será concebida com os seguintes circuitos:

- Doze circuitos de Ramais Miniaturizados;
- Quatro circuitos de Tronco (Linha telefônica);
- Um barramento (Matriz de conexão);
- O bloco da MCU;
- Um circuito de atuação externa;

- Um circuito para leitura de um sensor externo;
- Circuito de Viva-Voz;
- Circuito para leitura de um SD-CARD;
- Circuito de comunicação Serial;
- Circuito de interface de porteiro para conexão com linha HDL;
- Circuito de gravação de FW;
- Circuito de Reset e Brownout;
- Bloco de fonte de tensões internas modificado;
- Conector USB;
- Conector ETHERNET;
- Identificador de modelo (2x08 ou 4x12);

As funções que se mantém e as que foram adicionadas ou removidas são mostradas, de forma, comparativa na tabela 2:

CIRCUITOS	CENTRAL 2x08	CENTRAL 4x12	NOVA CENTRAL
RAMAL	✓	✓	✓
TRONCO	✓	✓	✓
MATRIZ	✓	✓	✓
MCU	✓	✓	✓
ATUADOR EXT.	✓	✓	✓
SENSOR EXT.	✓	✓	✓
VIVA VOZ	✓	✓	✓
MUSICA EXT.	✓	✓	✗
SD-CARD	✓	✓	✓
SERIAL	✓	✓	✓
INTERFACE PORT.	✓	✓	✓
GRAVAÇÃO DE FW.	✓	✓	✓
RESET	✓	✓	✓
FONTE INTERNA	✓	✓	✓
PLACA ATENDEORA	✗	✓	✗
CONECTOR USB	✗	✗	✓
CONEXÃO ETHERNET	✗	✗	✓
BROWNOUT	✗	✗	✓
IDENTIFICA MODELO	✗	✗	✓

Tabela 2 – Comparativo de funções
Fonte: Autoria Própria

3.2. PROTÓTIPO VERSÃO 00

Após a definição do esquemático, iniciou-se o trabalho de posicionamento dos componentes e roteamento das trilhas. Durante o pré-posicionamento dos componentes alguns conectores tiveram que manter na mesma posição, pois o gabinete do produto não seria alterado. Logo os conectores modulares RJ11, que são utilizados para conectar os telefones na central e o conector de entrada de energia se mantiveram no mesmo local, como mostra a figura 7.

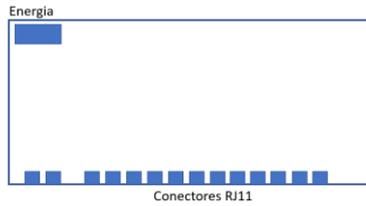


Figura 7 – Conectores não alterados.
Fonte: Autoria Própria

Com este pré-posicionamento, deu-se início a inclusão dos circuitos na área restante da PCI. A divisão dos circuitos em blocos com áreas já definidas e compactadas facilita visualizar o layout e manter a igualdade estética dos circuitos que se repetem (ramais e troncos).

O primeiro circuito a receber o trabalho de compactação foi o que mais se repete na PCI, que são os ramais. Na placa, terão doze circuitos de ramais idênticos na qual ocuparão praticamente 60% da área disponível de layout, portanto se não forem compactados, podem comprometer o desenvolvimento da nova PCI. Na versão anterior os ramais eram encaixados através de uma segunda PCI, na qual comportavam 4 ramais. Estes blocos de ramais eram muito espaçados, ocupavam uma área de aproximadamente 4,6 cm², e, se apenas copiasse o posicionamento dos componentes direto para a nova PCI da central, eles ocupariam praticamente toda a área disponível, não sobrando nenhum espaço para o restante dos circuitos. A figura 8 mostra a placa de ramal antiga e como era a disposição dos componentes.

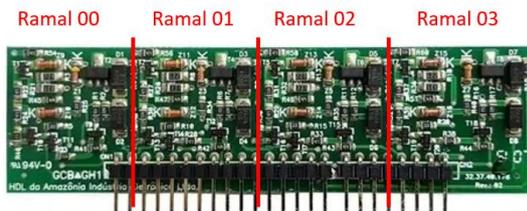


Figura 8 – Placa ramal antiga.
Fonte: Autoria Própria

Realizando o processo de compactação do bloco de ramal, o melhor resultado obtido foi uma redução de 3 mm na altura do bloco, isso levando em consideração que foi necessário incluir um capacitor PTH eletrolítico no bloco para ajudar nos resultados de homologação. Logo o circuito que possuía uma área de 4,6 cm², reduziu para 4,09 cm², o que representa uma redução de mais de 10% na área de cada ramal, como mostra a figura 9.

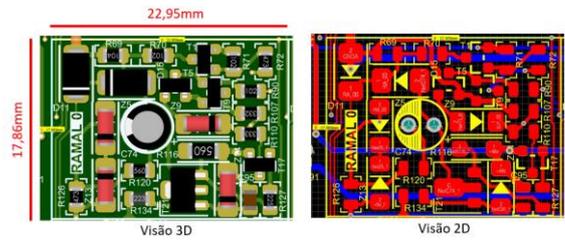


Figura 9 – Nova proposta do bloco de ramal
Fonte: Autoria Própria

Após a compactação, todos os doze blocos de ramais, foram posicionados na PCI em um local mais ao centro para facilitar a conexão com os barramentos e matrizes, mostrando assim a área restante para o posicionamento dos quatro circuitos de tronco como mostra a figura 10.

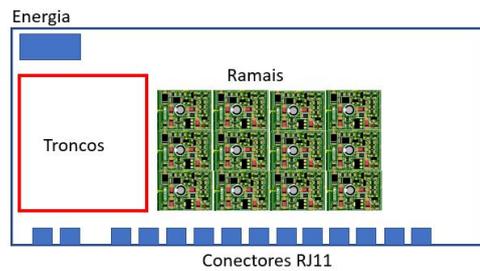


Figura 10 – Posicionamento dos ramais e área para os troncos
Fonte: Autoria Própria

Os circuitos de tronco assim como no circuito de ramal, também eram adicionados na central através de uma PCI, na qual o posicionamento e espaçamento do bloco possuía uma forma que não iria se adaptar a área disponível para os blocos do tronco como mostra a figura 11.

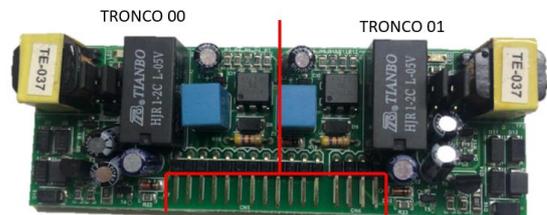


Figura 11 – Placa tronco antiga
Fonte: Autoria Própria

Analisando a área disponível para a inclusão dos circuitos de tronco, foi constatado que a melhor forma de distribuir os componentes seria em uma forma retangular como mostra a figura 12.

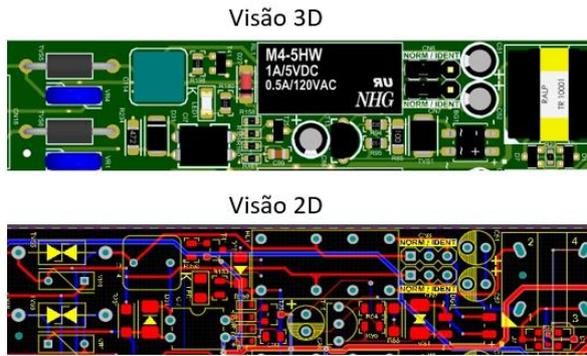


Figura 12 – Nova Proposta do circuito de tronco
Fonte: Autoria Própria

Os circuitos do tronco foram então posicionados na área já definida anteriormente, resultando assim em uma definição de praticamente mais de 60% dos circuitos da central, que são basicamente troncos e ramais. A figura 13 ajuda a mostrar como ficou o posicionamento até esta etapa e permite visualizar o que ainda existe de área disponível para os circuitos restantes.

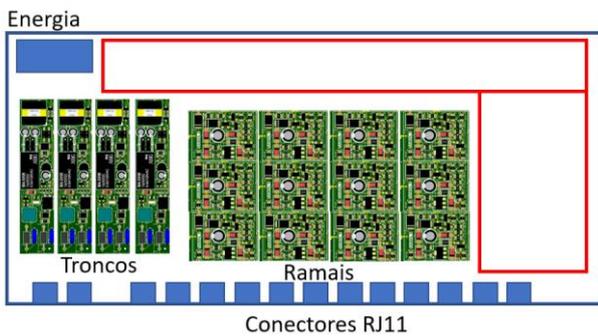


Figura 13 – Posicionamento dos troncos e área disponível
Fonte: Autoria Própria

Os blocos circulosados em vermelho são as áreas disponíveis para posicionar os circuitos restantes, que são eles:

- Microcontrolador.
- Matriz e barramento.
- SD Card.
- ETHERNET.
- USB.
- Interface de porteiro.
- Serial.
- Fontes internas.
- Gravação de FW.
- Identificação de modelo.
- Reset.
- Atuador e sensor externo.

Todos estes circuitos foram acomodados nas áreas destacadas em vermelho anteriormente e ficaram com uma boa distribuição, respeitando

inclusive as regras de segurança elétrica, como mostra a figura 14.

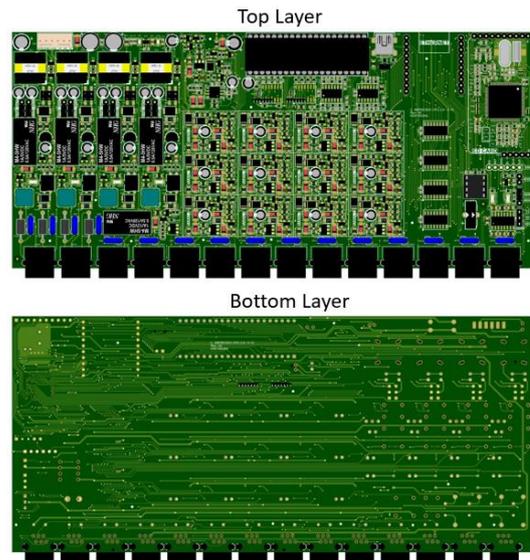


Figura 14 – Layout finalizado
Fonte: Autoria Própria

Desta forma foi concebida a primeira revisão do novo produto, na qual foram unificadas duas PCI's distintas em apenas uma.

3.3. MONTAGEM E TESTES PROTÓTIPO 1

Dois protótipos das centrais foram montados, conforme figura 15, para a verificação da funcionalidade, e se a modificação, tanto nos circuitos quanto na substituição de tecnologias, funcionará conforme projetado.



Figura 15 – Protótipo 1, 4-12 montagem manual
Fonte: Autoria Própria

Após a concepção de um software para que fossem validadas as funções básicas como, ligar de um ramal para outro, receber uma ligação pela linha externa e tom de chamada, foram realizados os testes. Nestes 3 testes básicos já foram constatados problemas no circuito de tronco (linha externa) e no quesito físico da PCI, pois o conector ETHERNET estava com conflito mecânico, impedindo o fechamento da tampa. Após o firmware da central finalizado com praticamente todas as funções, também foram constatados problemas na função

viva voz, conexão ETHERNET, ruídos no áudio e volume baixo do tom de discagem.

TRONCO: O problema do circuito de tronco, que permite receber chamadas de uma linha externa, foi simples de ser resolvido, mas difícil de ser constatado. Neste circuito existe uma ponte retificadora, na qual está encapsulada em um Circuito Integrado (CI). Este componente foi desenhado errado na biblioteca de componentes, na qual a entrada ficou invertida em relação a saída, como mostra a figura 16, ocasionando assim o não funcionamento do circuito todo. Para resolver e continuar os testes, foi invertido a montagem manualmente e corrigida na versão seguinte do protótipo.

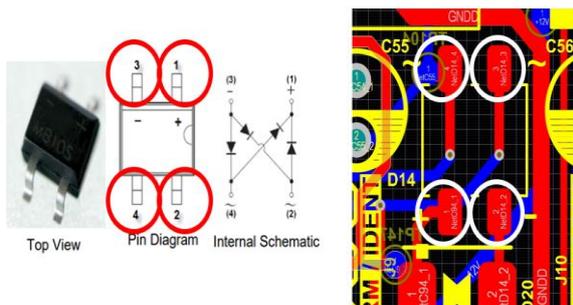


Figura 16 – Componente errado na PCB.
Fonte: Autoria Própria

ETHERNET: Na conexão ETHERNET houveram dois problemas, o primeiro, que foi a existência de uma torre plástica no gabinete, que impossibilitava o fechamento da tampa da central, e bloqueava o acesso do cabo de rede no conector RJ45, devido a utilização de um modelo 3D do gabinete desatualizado como mostra a figura 17. Para este problema, a solução foi alterar o gabinete mecânico, permitindo que a conexão ETHERNET se mantenha onde foi previsto.

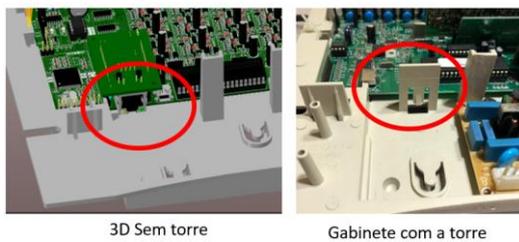


Figura 17 – Componente errado na PCB.
Fonte: Autoria Própria

O segundo problema foi no esquema elétrico, na qual foram esquecidas duas ligações elétricas. Desta forma, as trilhas que ligavam o microcontrolador ao conector ETHERNET não foram roteadas causando assim o não funcionamento da comunicação ETHERNET. Outro problema foi a adequação das trilhas na PCI seguindo a recomendação da folha de dados

(datasheet) do Circuito Integrado utilizado para a comunicação ETHERNET, na qual recomendava a utilização da técnica de integridade de sinal, deixando assim todas as trilhas utilizadas pela conexão ETHERNET com o mesmo tamanho como, pode ser visto na figura 18.

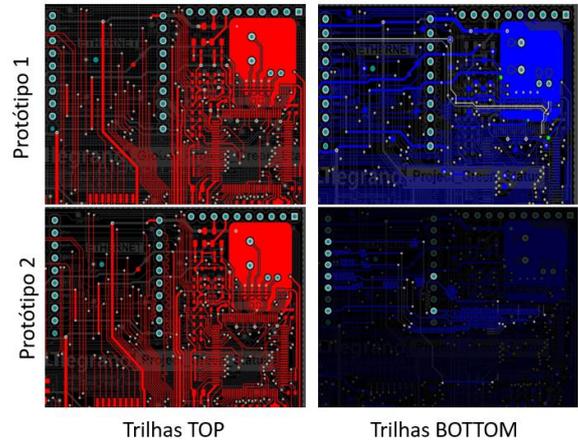


Figura 18 – Diferenças nas trilhas ETHERNET com par diferencial.
Fonte: Autoria Própria

Para os problemas encontrados nos filtros de áudio e volume do tom de discagem, apenas modificando os valores de componentes foi possível ajustar os níveis e deixar a central com as funcionalidades mínimas para fazer os primeiros testes de certificação.

VIVA VOZ: Este circuito apresentou um problema grave, na qual o circuito foi implementado de forma errônea, implicando assim no não funcionamento, desta forma, foi necessário corrigir o circuito e ser implementado no protótipo 2.

3.4. MONTAGEM E TESTES PROTÓTIPO 2

No protótipo 2 foram implementadas as modificações no circuito de tronco, modificados os valores de componentes para o tom de ocupado e áudio, modificadas as trilhas e conector da ETHERNET, e também adicionados os TP's, que não foram adicionados no protótipo 1. Desta forma o protótipo foi montado de forma manual para testes e validação do hardware. Após o firmware estar pronto, foi possível testar além das funções básicas (ligar de um ramal para outro, receber uma ligação pela linha externa e tom de chamada), também as funções secundárias. Nesta etapa não foram encontrados problemas de funcionalidade e o que havia sido modificado passou a funcionar corretamente. Sendo assim, o protótipo foi levado para uma bateria de ensaios de pré-certificação em laboratórios não credenciados e até mesmo no INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIENCIA E TECNOLOGIA (IFSC), onde há um

laboratório de ensaios de compatibilidade eletromagnética (CEM).

3.4.1. Ensaio de pré-certificação

Como o produto já estava operacional, mesmo sendo um protótipo, o mesmo foi levado para ensaios de pré-certificação, na qual o laboratório não é credenciado, mas permite mensurar o quão fora ou dentro dos limites impostos pelas normas o produto está. Por questão de brevidade, não serão apresentados todos os ensaios, pois a maioria dos testes a central foi aprovada, mas será focado nos testes que são os mais importantes para o produto, pois estes podem vir a gerar modificação na placa. Para um produto ser considerado “Aprovado” ou “Certificado” o mesmo precisa ser submetido a testes nas seguintes normas da ANATEL, para uma Central Privada de Comutação Eletrônica:

- Ato 950, de 8 de fevereiro de 2018 – Requisitos Técnicos de Segurança Elétrica para Avaliação de Conformidade de Produtos para Telecomunicações.
- Ato 963, de 8 de fevereiro de 2018 – Requisitos Técnicos para a avaliação da Conformidade e Homologação de Centrais Privadas de Comutação Telefônica – CPCT.
- Ato 1120, Anexo I, de 19 de fevereiro de 2018 – Requisitos Técnicos de compatibilidade Eletromagnética para Avaliação de Conformidade de Produtos para Telecomunicações.

Também será focado nos testes que vieram a dar algum tipo de problema ou reprovação, necessitando modificações nos circuitos. Estes testes foram basicamente:

- Emissão Eletromagnética Conduzida - ATO ANATEL 1120 – Artigo 6.1.1.1.
- Emissão Eletromagnética radiada - ATO ANATEL 1120 – Artigo 6.1.1.2.
- Imunidade a Transitórios Elétricos Rápidos em Terminais de Energia Elétrica (BURST) - ATO ANATEL 1120 – Artigo 7.1.2.
- Imunidade à Redução e à Interrupção da tensão da Rede Elétrica (DIPS) - ATO ANATEL 1120 – Artigo 7.1.7.
- Imunidade e Resistibilidade a Surtos em Terminais de Energia Elétrica (SURGE) - ATO ANATEL 1120 – Artigos 7.1.6 e 8.1.1.4.
- Imunidade a descargas eletroestáticas (ESD) - ATO ANATEL 1120 – Artigo 7.1.5.

- Imunidade a perturbações de radiofrequência conduzidas na porta de telecomunicação – ATO ANATEL 1120 – ARTIGO 7.1.3.
- Imunidade a perturbações de radiofrequência irradiadas – ATO ANATEL 1120 – ARTIGO 7.1.4.
- Aplicação de perturbações nas portas e externas de telecomunicações ANATEL ATO 1120 – Artigo 8.1.1.1.

Todos os ensaios possuem como setup default uma aplicação típica que é a central telefônica estabelecendo uma comunicação entre dois telefones analógicos. Logo todos os testes e resultados a seguir, consistem neste setup.

3.4.2. Emissão Conduzida

Este ensaio realizado no laboratório do IFSC, permite mensurar o ruído que o equipamento está injetando na rede elétrica, como demonstra a figura 19.

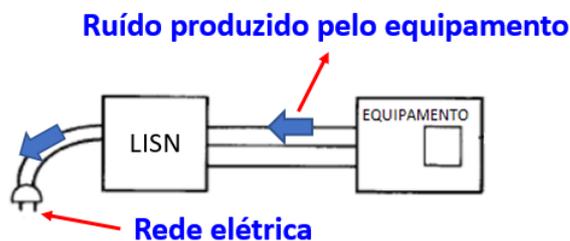


Figura 19 – Ensaio Emissão Conduzida. Fonte: PAUL (2006)

Desta forma, através de uma fonte isolada e um analisador de espectro, é possível mensurar os níveis de ruído produzido pelo equipamento como mostra a figura 20.

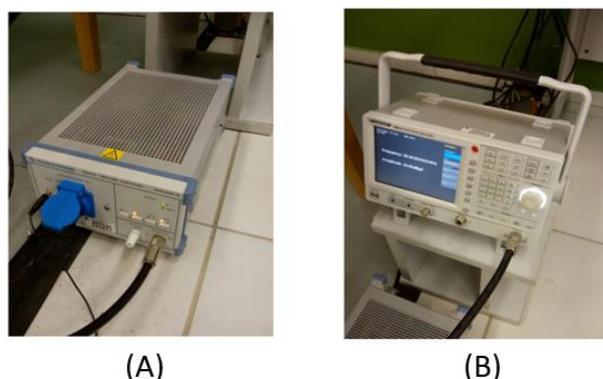


Figura 20 – Equipamentos utilizados no ensaio Emissão Conduzida. (A) LISN, (B) Analisador de espectro. Fonte: Autoria Própria

O teste consiste basicamente em alimentar o equipamento a ser testado na rede estabilizada de impedância de linha (LISN), deixando o produto em

funcionamento e medir os níveis de ruído produzido pelo equipamento em operação normal, tanto em 127 V quanto em 220 V, como mostra o setup da figura 21.



Figura 21 – Setup Teste Emissão Conduzida realizado no IFSC
Fonte: Autoria Própria

Todo o equipamento ligado injeta ruído na rede elétrica. No entanto o equipamento não pode produzir ruídos acima do estipulado por norma, podendo influenciar o funcionamento de outros equipamentos conectados na mesma rede elétrica. As emissões destes ruídos possuem um limite estabelecido pela norma *EM 55022 Classe B*. Respeitando este limite normativo, os equipamentos elétricos/eletrônicos não interferem uns aos outros quando estiverem em pleno funcionamento e na mesma rede elétrica. Como pode ser visto na figura 22, em vermelho, se encontra o limite da norma na qual as emissões do equipamento devem ficar abaixo desta curva. Para este ensaio, a central foi considerada aprovada por estar no limite da norma, atendendo assim um dos critérios para a certificação.

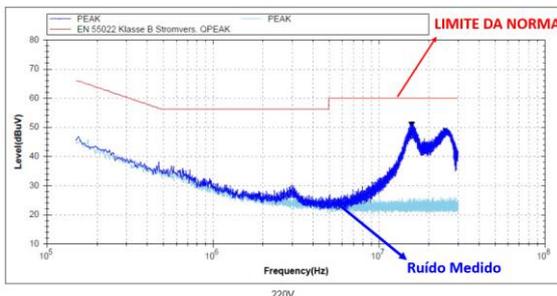


Figura 22 – Resultado Ensaio Emissão Conduzida
Fonte: Autoria Própria

3.4.3. Emissão Radiada

Este ensaio também realizado no laboratório do IFSC tem como objetivo mensurar os níveis de ruído que o equipamento emite para o meio como, mostra a figura 23.

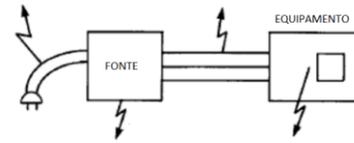


Figura 23 – Ensaio Emissão Radiada.
Fonte: Autoria Própria

Para medir os níveis de ruído emitidos é utilizada uma câmara semi-anecóica, que é basicamente uma antena dentro de uma câmara que isola as fontes externas de ruído. Desta forma os ruídos emitidos pelo equipamento ficam confinados dentro da câmara na qual são medidos através de um *Receiver* que são e interpretados por um software de modelamento de campo aberto, como mostra a figura 24.

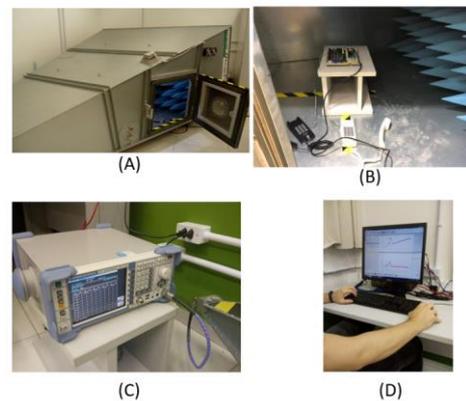


Figura 24 – Setup Emissão Radiada. (A) Câmara Anecóica, (B) Central dentro da Câmara Anecóica, (C) EMI Test Receiver, (D) Software para simulação de campo aberto.

Fonte: Autoria Própria

O teste consiste em alimentar o equipamento, colocar o mesmo na sua operação normal e medir os níveis de ruídos produzidos. A câmara então realiza as medições e, com estes dados pode se gerar um gráfico com o resultado. Da mesma forma que é feito com a Emissão Conduzida, este ensaio também possui um limite definido por norma, na qual o equipamento não pode ultrapassar. Utilizando a curva normativa CISPR22 Classe B, o equipamento não pode produzir ruídos acima de 30 dB(µV/m) nas frequências de 30 a 230 MHz e limitado a 37 dB(µV/m) como mostra a tabela 3.

Faixa de frequência (MHz)	Limites quase-pico dB(µV/m)
30 a 230	30
230 a 1000	37

Tabela 3 – Limites para emissão radiada equipamentos Classe B
Fonte: Autoria Própria

Como pode ser visto na figura 25, o resultado da operação normal ficou muito próximo do limite da norma (pico), mas mesmo assim o equipamento pode ser considerado aprovado, pois se analisar todos os 3 eixos e realizar o quase pico, o resultado ficará com um valor um pouco mais baixo.

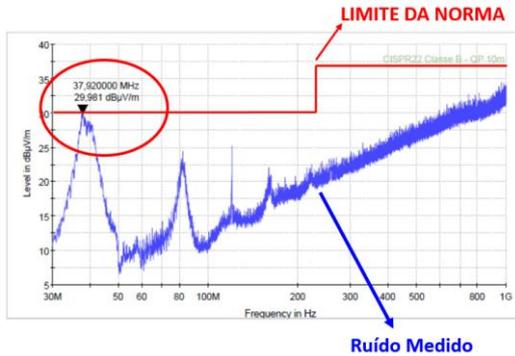


Figura 25 – Resultado (PICO) Emissão Radiada com a central em operação normal.
Fonte: Autoria Própria

Como o equipamento está muito próximo do limite da norma, qualquer variação tanto de componentes eletrônicos quanto no equipamento que fará a medição normativa, pode acabar reprovando o produto. Desta forma foi decidido rastrear o que poderia estar ocasionando tal nível de ruído, para tentar amenizar este pico registrado na frequência de aproximadamente 37 MHz. Como este ensaio mensura os níveis de emissões, foi procurado pontos que poderiam servir de antena ou facilitador de propagações para o meio. O setup consistia em dois telefones dentro da câmara, para simular uma operação normal, estes telefones poderiam afetar o teste, logo, foi decidido removê-los de dentro e ensaiar novamente. O resultado então foi melhor, como mostra a figura 26.

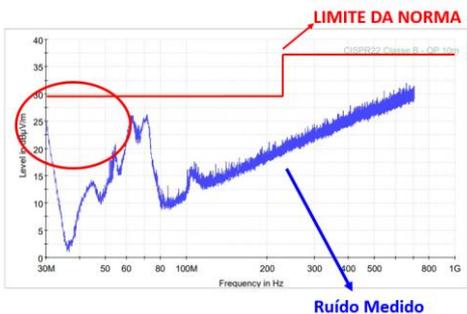


Figura 26 – Resultado Emissão Radiada sem telefones.
Fonte: Autoria Própria

Após a análise do resultado, foi constatado que ao remover os telefones da central e retirá-los de dentro da câmara os níveis de Emissões Radiadas diminuíram, mostrando assim que o motivo das emissões da central estarem quase no limite da normal seria muito possivelmente o cabo telefônico dentro da câmara semi-anecóica ou o próprio telefone que estava propagando ruídos para o meio.

Em um primeiro momento, acreditou-se que as tensões (12 V e 48 V) presentes nos circuitos de ramais poderiam estar com problemas de filtragem. Foram então, aplicados filtros com o objetivo de tentar reduzir a emissão de ruído quando os telefones eram conectados. Como os circuitos utilizavam tensões contínuas de 12 V e 48 V, foi adaptado capacitores com valor de 100 nF nas tensões dentro dos circuitos de ramais e, assim, repetido o ensaio novamente, mas desta vez com os telefones dentro da câmara. No entanto, o resultado apresentado ficou fora dos limites da norma, pior do que o primeiro ensaio, como mostra a figura 27.

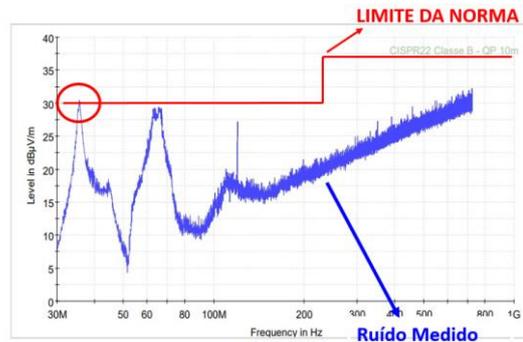


Figura 27 – Resultado Emissão Radiada com aplicação do filtro 100 nF nas tensões 12 V e 48 V.
Fonte: Autoria Própria

O filtro não apresentou um resultado satisfatório, piorando o resultado da emissão. Para esta tentativa, é necessário realizar uma varredura da impedância do capacitor nesta frequência, o que não foi feito por ter sido uma tentativa empírica. Conforme as técnicas de desacoplamento (DEVICES; 2009), é necessário encontrar a resistência equivalente do circuito para encontrar a frequência de corte que o capacitor de desacoplamento irá atuar. Somente após esta análise e modelagem do circuito, que o valor ideal do capacitor é encontrado.

Assim, a investigação do problema voltou-se novamente para os telefones, na qual foram substituídos por resistores de 330 ohms, como mostra a figura 28. Desta forma, é simulada a conexão de um telefone na central telefônica, mas com características puramente resistivas. Sendo assim conseguiu simular um consumo de energia igual à central em operação normal, e com a certeza de que não teria a interferência dos telefones no momento do ensaio.

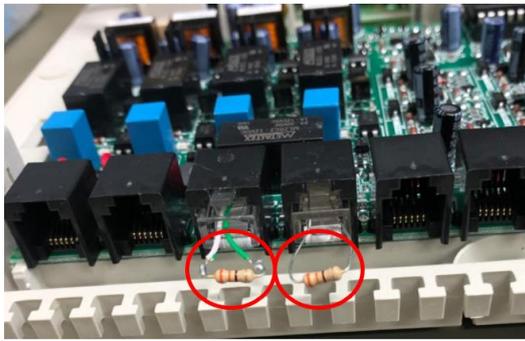


Figura 28 – Substituição de telefones por cargas resistivas.

Fonte: Autoria Própria

Desta vez o resultado do ensaio da central apresentou-se dentro do limite da norma quando conectado uma carga resistiva, conforme a figura 29, mostrando assim, que a reprovação no ensaio anterior era causada pelos circuitos dos telefones conectados a central.

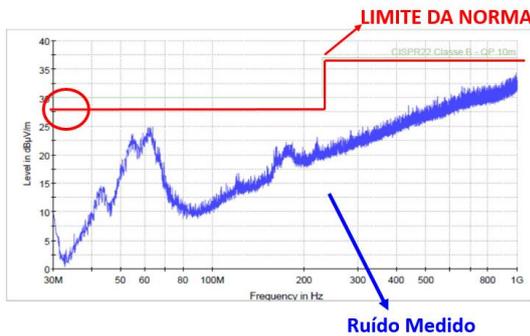


Figura 29 – Resultado Emissão Radiada com carga resistiva.

Fonte: Autoria Própria

Foi então implementado um filtro exatamente no conector do telefone, com o intuito de não permitir que as emissões se propagem para o telefone por meio de indutores de 10 uH, em série com o telefone. Foi construído um “adaptador” para poder conectar o telefone em série com o filtro, como mostra a figura 30.

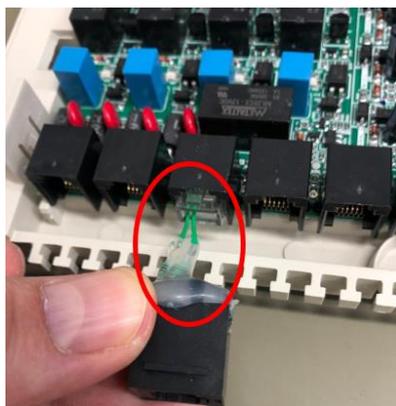


Figura 30 – Adaptador com filtro indutivo

Fonte: Autoria Própria

Conforme visto na figura 31, o resultado do ensaio de emissão radiada ficou dentro dos limites da norma aplicada.

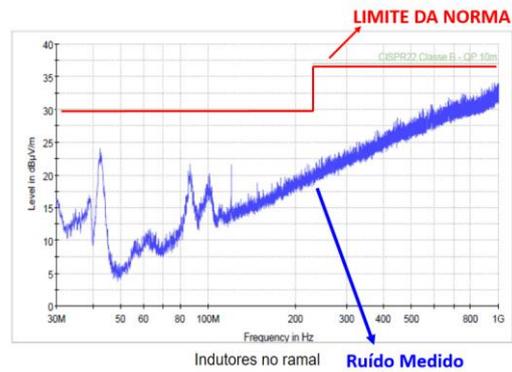


Figura 31 – Resultado Ensaio Emissão Radiada com indutores no circuito de ramal.

Fonte: Autoria Própria

Com resultado atendendo as normas aplicadas ao produto, decidiu-se incorporar nos indutores na PCI, o que acabou gerando mais uma revisão do produto por conta deste teste, mas que garante a não reprovação nos ensaios definitivos de homologação.

3.4.4. Imunidade a Redução e a Interrupção da rede Elétrica (DIPS)

Este ensaio consiste em “interromper” a energia elétrica nas condições mostrada na tabela 4 e verificar se o equipamento continua operando normalmente.

NÍVEL	Porcentagem de redução da tensão (%)	Duração em períodos (ciclos)
1	>95	0,5
2	30	30
3	>95	300

Tabela 4 – Níveis do ensaio DIPS

Fonte: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/en/atos-de-requisitos-tecnicos-de-certificacao/2018/1181-ato-1120>

Este teste, assim como os próximos foram realizados no Laboratório de Eletromagnetismo e Compatibilidade Eletromagnética (MagLab), localizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que dispõe do equipamento da empresa EM Test (figura 32), que faz as interrupções, aplica surtos e outros testes elétricos através da programação das condições dos testes.



Figura 32 – Setup teste DIPS
Fonte: Autoria Própria

Neste ensaio a central não reprovou e continuou operando normalmente, logo, avançou-se para os próximos ensaios.

3.4.5. Imunidade a Transitórios Elétricos Rápidos em Terminais de Energia Elétrica (BURST)

Este ensaio consiste em aplicar surtos de tensão no valor de 1 kV com repetição de 5 kHz, duração dos transientes de 15 ms e intervalo de tempo de 300 ms entre um burst e outro, respeitando a norma IEC 61000-4-4 (2004) como mostra a figura 33. Após esta aplicação de transitórios rápidos de surto o equipamento não deve apresentar falhas, resistindo a esta condição extrema de variação na rede elétrica e manter sua funcionalidade.

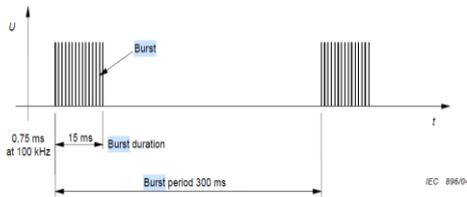


Figure 2 – General graph of a fast transient/burst

Figura 33 – Transitório rápido (BURST).
Fonte: IEC 61000-4-4 (2004)

O Equipamento utilizado para este ensaio no Maglab é o EM Test (figura 34) que também é utilizado no teste de BURST.



Figura 34 – Setup teste BURST
Fonte: Autoria Própria

Neste ensaio a central não reprovou e continuou operando normalmente, prosseguindo assim com os próximos ensaios.

3.4.6. Imunidade a Surtos em Terminais de Energia Elétrica (SURGE)

Este ensaio consiste em aplicar surtos de tensão no valor de 1 kV e 2 kV com intervalos de tempo maiores respeitando a norma IEC 61000-4-5 (2001) e em ângulos da tensão elétrica senoidal de 90° e 270° específicos, conforme a tabela 5.

Nível (kV)		Forma de aplicação	Portas ensaiadas
Portas Internas	Portas Externas		
0,5	1,0	Linha p/ terra	Telecomunicação
	1,0	Linha p/ linha	Energia elétrica em c.a
	2,0	Linha p/ linha	Energia elétrica em c.a

Tabela 5 – Níveis ensaio SURGE

Fonte: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/en/atos-de-requisitos-tecnicos-de-certificacao/2018/1181-ato-1120#item2.1.5>

Este teste também foi realizado através do equipamento da empresa EM Test (figura 36) que é utilizado no teste de SURGE.

Neste ensaio a central não reprovou e continuou operando normalmente, prosseguindo assim com os próximos ensaios.

3.4.7. Proteção Contra Choque Elétrico na porta Externa Telecom

Para este ensaio, são aplicadas sobretensões (1 kV e 1,5 kV), de acordo com a tabela 6, na porta externa de telecomunicações (tronco), com os ramais curto-circuitados. Após a aplicação da sobretensão, é verificado se existe corrente de fuga superior a 10 mA. Caso exista, o produto poderá expor o usuário a riscos de choque elétrico e será considerado reprovado.

Configuração (Posição da chave Fig.35)	Corrente Alternada	Corrente Contínua
I	1500 Vca	2120 Vcc
II	1000 Vca	1410 Vcc
III	1000 Vca	1410 Vcc

Nota: A tolerância para os valores especificados é de $\pm 5\%$

Tabela 6 – Sobretensões aplicadas no ensaio

Fonte: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/es/atos-de-requisitos-tecnicos-de-certificacao/2018/1193-ato-950>

Este teste foi realizado no MagLab, que dispõe do equipamento que aplica estes níveis de tensões como pode ser visto o setup na figura 35.

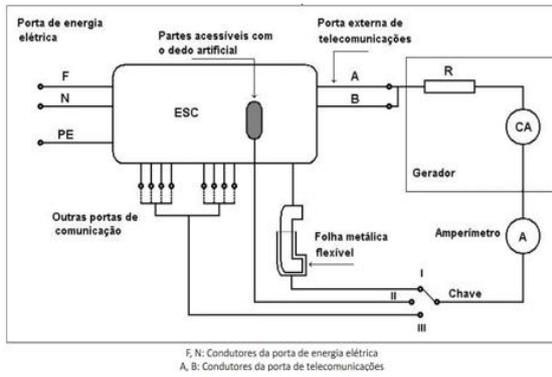


Figura 35 – Setup teste Proteção contra Choque elétrico
Fonte: Autoria Própria

Neste ensaio a central reprovou, pois ocorreu uma fuga elétrica, produzindo uma corrente muito acima de 10 mA, que centelhou e acabou queimando o microcontrolador. Quando centelhou, o ramal 3 ficou com marcas de queimado, como mostra a figura 36, o que levou a procurar possíveis problemas de layout da placa de circuito impresso.

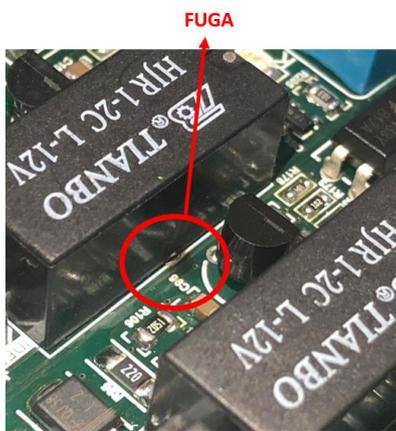


Figura 36 – Fuga no ensaio Risco de Choque Elétrico.
Fonte: Autoria Própria

Analisando o layout da placa de circuito impresso, ficou evidente que mesmo aplicando as regras para roteamento, em algum momento ela foi desconsiderada. Desta forma, a trilha que recebe a aplicação do surto deveria ter um isolamento de pelo menos 40 mils entre qualquer outra entidade placa, tais como trilhas, pads, etc, condição esta que não foi respeitada, como pode ser visto na figura 37.

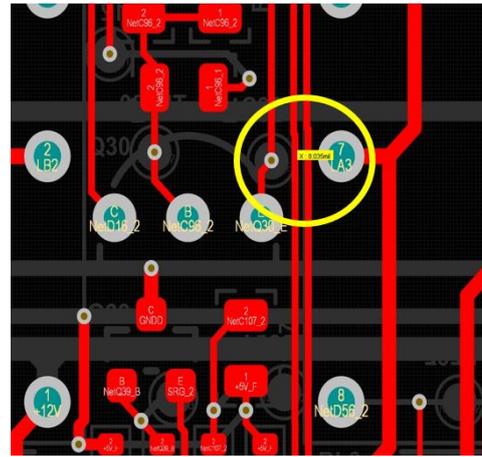


Figura 37 – Trilha que resultou na fuga no ensaio.
Fonte: Autoria Própria

E ao analisar os outros circuitos de tronco, pode-se notar que também estavam com o mesmo problema, e deveriam estar com as regras de distanciamento sendo respeitadas, como mostra a figura 38.

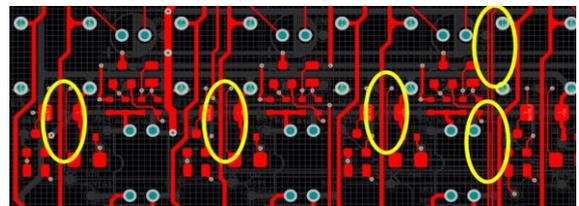


Figura 38 – Troncos 0, 1, 2 e 3 com o mesmo problema
Fonte: Autoria Própria

Devido ao resultado do ensaio de Emissão Radiada, foi necessário refazer a PCI da central para adicionar os indutores de filtro, logo, também foi incluída a correção dos circuitos de tronco para a próxima versão do protótipo.

Após este problema, foi criado procedimento para utilização de uma ferramenta presente no software de layout que se chama *Design Rule Check* (DRC), esta ferramenta permite conferir se as regras estipuladas no início do layout foram quebradas, isto ajuda a fazer uma conferência final da PCI reforçando a qualidade do protótipo e evitando um problema deste nível.

Com essas alterações a serem feitas, decidiu-se então partir para a próxima revisão para ensaiar novamente a central.

3.5. MONTAGEM E TESTES PROTÓTIPO 3

O protótipo 2 foi marcado por uma série de problemas, tanto de esquemático, quanto de PCI, mas que foi possível contorná-los para realizar os ensaios de pré-certificação. Nos ensaios, obtiveram-se resultados promissores, apesar de surgir a necessidade de refazer o layout da PCI, mesmo assim ficou comprovado que maioria dos circuitos já estão prontos para certificação. A seguir serão

mostradas as correções realizadas no protótipo 2 para a concepção do protótipo 3.

Os Tps foram incluídos na revisão 2, e melhorados na revisão 3, pois como a PCI passou por modificações, alguns Tp's tiveram que ser deslocados. Todos os Tps foram posicionados permitindo assim que seja realizado testes na PCI, por meio de uma giga de testes, ao ser montada na fábrica, como mostra a figura 39.

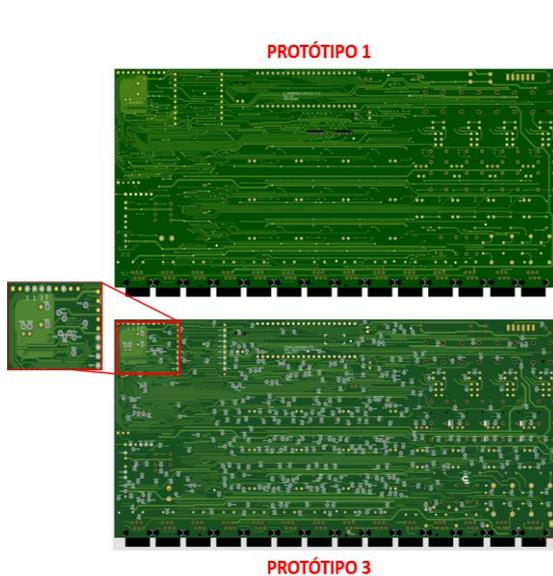


Figura 39 – Diferença Versão 1 para Versão 3 nos Test Póints.

Fonte: Autoria Própria

Para o ensaio de Emissão Radiada, foi necessário adicionar indutores nos ramos de homologação para que a central mantivesse seus níveis de emissão dentro do limite da norma. Para isto foram adicionados filtros indutivos nos conectores que ligam os telefones, como mostra a figura 40.

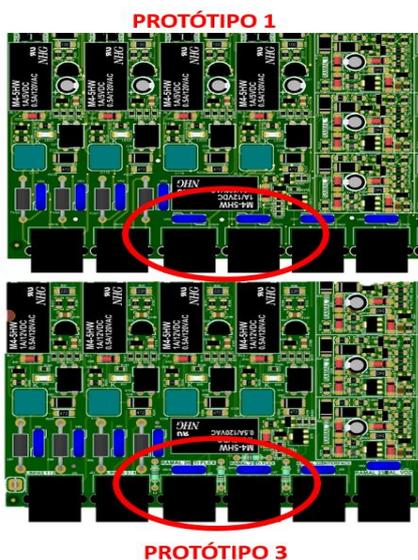


Figura 40 – Diferença Versão 1 para Versão 3, com os Indutores

Fonte: Autoria Própria

O protótipo 2 reprovou no ensaio de Risco de Choque Elétrico na porta de Telecom, devido a uma falha nas regras do layout da placa de circuito impresso, pois algumas trilhas estavam próximas umas das outras. Para resolver este problema foi necessário remover algumas metalizações de furos que estavam próximos e afastar trilhas que estavam com a regra não atendida, como mostra a figura 41.

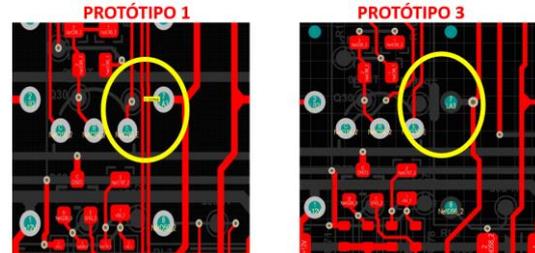


Figura 41 – Diferença Versão 1 para Versão 3, Trilhas do tronco.

Fonte: Autoria Própria

A ponte retificadora, que foi implementada invertida, também foi corrigida na versão 3 da prototipagem como mostra a figura 42. Após essas correções, foi fabricada a nova versão da PCI e realizada a montagem manual da central telefônica.

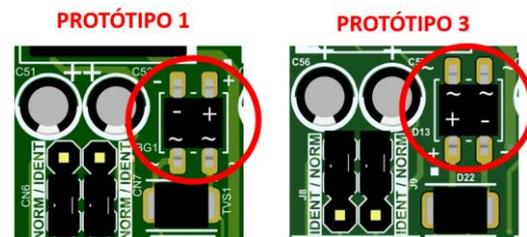


Figura 42 – Diferença Ver 1 para Ver 3, ponte retificadora.

Fonte: Autoria Própria

Após a montagem manual do protótipo 3, a mesma foi testada novamente todas as funções dentro da empresa e enviadas novamente para uma bateria de ensaios de pré-certificação, na qual a central encontrou-se **aprovada** em todos os ensaios realizados.

3.6. RESULTADO ENSAIOS HOMOLOGAÇÃO

Após os ensaios de pré-certificação, a central foi enviada para o Organismo de Certificação Designado (OCD) TUV **Rheinland**® na qual é uma instituição técnica que conduz os processos de avaliação de conformidade de produtos por delegação da Agencia Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e expede os certificados de conformidade correspondentes. Com isto os produtos recebem são considerados homologados e podem ser comercializados e utilizados legalmente no Brasil.

custos antes e depois da modificação do projeto, como pode ser visto a seguir nas listas de componente PTH e SMD.

3.8.1. CENTRAL 2-08

Para a central 2-08 foi reduzido em 22% o número de componentes PTH, de 94 para 77 peças. Já o número de componentes SMD aumentou em 15%, de 411 peças para 474 peças, conforme a tabela 7.

TIPO COMPONENTE	2-08 ANTIGA	2-08 NOVA
PTH	94 peças	77 peças
SMD	411 peças	474 peças

Tabela 7 –Comparativo componentes PTH e SMD central 2-08

Fonte: Autoria Própria

O impacto do custo na central 2-08 não foi tão significativo, pois como foi comentado anteriormente, esta central já havia sido feito um trabalho de unificação de PCI's anteriormente, mas que manteve o microcontrolador antigo.

Desta forma não se conseguiu um resultado expressivo na redução de custos, no entanto, foi realizada a atualização da tecnologia do microcontrolador. Assim, foram agregados novos recursos, como suporte a comunicação USB e ETHERNET, adição dos test points, melhorias nos circuitos de áudio e unificação da certificação com o mesmo custo de fabricação da geração anterior.

3.8.2. CENTRAL 4-12

Nesta central se obteve uma redução impressionante no seu custo de fabricação e quantidade de componentes. Foi obtida uma redução de 47% do número de componentes PTH, de 173 para 117 peças. Ainda conseguiu uma redução na quantidade de componentes SMD em 2%, de 628 para 611 peças, como pode ser visto na tabela 8.

TIPO COMPONENTE	4-12 ANTIGA	4-12 NOVA
PTH	173 peças	117 peças
SMD	628 peças	611 peças

Tabela 8 –Comparativo componentes PTH e SMD central 4-12

Fonte: Autoria Própria

Como a versão antiga desta central, que utilizava o sistema de interconexão de PCIs, a redução de custo foi muito significativa. Obteve-se uma redução de custo de aproximadamente 20% entre componentes e mão de obra, mas não somente em valor de componentes, mas também em processos produtivos, graças a redução de PCI's

necessárias para se construir o produto. Antes deste projeto, esta central era constituída por seis placas interconectadas, logo, seria necessário repetir todo o processo de fabricação seis vezes, ou seja, coordenar estoque de PCI, fazer o processo de montagem SMD, depois o processo de montagem PTH e testar as seis placas. Desta nova forma, além da redução de custo com componentes, tem-se uma redução em todos estes processos listados, fazendo com que seja apenas controlado o estoque de uma PCI e ter um único processo de montagem SMD e PTH. Outro ponto muito importante é o teste automático da central, o qual foi permitido graças a inclusão dos test points na PCI. Antes era testado de forma manual as centrais, e ainda para cada modelo tinha uma giga diferente, e nesta versão do produto se pode realizar os testes com uma giga única e de forma automática.

4. CONCLUSÃO

Este projeto teve como objetivo principal, uma unificação de dois produtos na qual faziam a mesma tarefa, mas com muitas diferenças.

Todos os objetivos foram atingidos, principalmente para a central 4-12, na qual estava muito desatualizada em relação as outras linhas de produto da empresa, tanto no quesito de mercado quanto de tecnologia.

Foi um trabalho complexo, que exigiu muitas horas de trabalho, e que é necessário dentro de uma empresa que possui um produto a mais de uma década no mercado e que deseja mantê-lo por mais anos seguidos.

Atingindo os objetivos propostos no início do trabalho, obtiveram-se os seguintes resultados:

- Os dois produtos possuem um projeto único.
- Ambas as centrais compartilham da mesma PCI.
- Melhorias no processo de fabricação do produto.
- Obteve-se uma redução de custo de quase 20% em componentes e mão de obra da central 4-12.
- Inclusão de test points para testes automáticos.
- Evolução de tecnologias com a modernização do microcontrolador.
- Atualização e melhorias de circuitos já utilizados em outras centrais.
- Apenas uma certificação para os dois produtos.

Este tipo de atividade é comum no mercado de trabalho e muito positivo tanto para a empresa

quanto para o profissional que irá atuar na área de desenvolvimento de produtos, pois todo produto que é criado, necessita passar por evoluções e modificações, não somente por motivos de concorrência, mas para melhorar seus métodos produtivos, atender o consumidor final da forma, entregando um produto confiável e com qualidade. Desta forma a empresa continua se mantendo no mercado e o desenvolvedor agrega muita experiência em seu currículo profissional com um trabalho desta proporção.

5. REFERÊNCIAS

ANATEL. Site. **Ato nº 1120, de 19 de fevereiro de 2018.** Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/atos-de-certificacao-de-produtos/2018/1181-ato-1120>. Acesso em: 20 dez. 2020.

ANATEL. Site. **Ato nº 950, de 08 de fevereiro de 2018.** Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/index.php/component/content/article?id=1193>. Acesso em: 20 dez. 2020.

ANATEL. Site. **Ato nº 963, de 08 de fevereiro de 2018.** Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/index.php/component/content/article?id=1241>. Acesso em: 20 dez. 2020.

IEC (Suíça). 2004. **INTERNATIONAL STANDARD 61000-4-4**, [S. 1.], 2004.

IEC (Suíça). 2005. **INTERNATIONAL STANDARD 61000-4-5**, [S. 1.], 2005.

PAUL, Clayton R. **Introduction to electromagnetic compatibility**. 2. Ed. Hoboken, New Jersey: Wiley-Interscience, 2006.

DEVICES, Analog. **“Decoupling Techniques: WHAT IS PROPER DECOUPLING AND WHY IS IT NECESSARY?”**, disponível em: <https://www.analog.com/media/en/training-seminars/tutorials/MT-101.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2021