

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

DIEGO SANTOS BARBOSA  
LUIS AUGUSTO RIBEIRO COSTA  
TIAGO CARVALHO MARTINS

**A CLIMATIZAÇÃO DOS ARMÁRIOS DE RUA COM A EVOLUÇÃO  
DOS SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES: estudo de caso**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2014

DIEGO SANTOS BARBOSA  
LUIS AUGUSTO RIBEIRO COSTA  
TIAGO CARVALHO MARTINS

**A CLIMATIZAÇÃO DOS ARMÁRIOS DE RUA COM A EVOLUÇÃO  
DOS SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES: estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: M. Sc. Alexandre Jorge Miziara

CURITIBA  
2014

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

DIEGO SANTOS BARBOSA  
LUIS AUGUSTO RIBEIRO COSTA  
TIAGO CARVALHO MARTINS

### **A CLIMATIZAÇÃO DOS ARMÁRIOS DE RUA COM A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES: estudo de caso**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 28 de janeiro de 2014, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os alunos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Ph.D. Luiz Carlos Vieira  
Coordenador de Curso  
Departamento Acadêmico de Eletrônica

---

Prof. M.Sc. Sérgio Moribe  
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso  
Departamento Acadêmico de Eletrônica

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Valmir de Oliveira  
UTFPR

---

Prof. Ph.D. Augusto Foronda  
UTFPR

---

Prof. M.Sc. Alexandre Miziara  
Orientador - UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

A Deus, por tudo que nos proporcionou na vida.

Aos nossos pais, pelo exemplo de vida e família.

Aos nossos filhos, que nos motivam a lutar por um futuro melhor.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que nos iluminou, concedeu forças para chegarmos ao final desta sofrida, porém valiosa, caminhada.

À família, esposa, filhos, pai e mãe que nos deram suporte e apoio, para não desistirmos do sonho da graduação.

Aos professores os quais nos ensinaram os caminhos para desenvolvermos a disciplina aplicada e também incentivando o estudo, para que possamos nos tornar profissionais ainda mais qualificados.

Agradecemos em especial ao Professor Alexandre Jorge Miziara, nosso orientador.

Por fim, nossos colegas de classe que muito nos ajudaram a vencer as barreiras do conhecimento, do cansaço, do desânimo, trazendo um pouco de descontração nos momentos em que estávamos nos sentindo derrotados, mas também seriedade no momento de cumprimos as obrigações perante os professores, com certeza esses serão lembrados nas diversas situações que vivenciamos estes anos na universidade.

## RESUMO

BARBOSA, Diego S.; COSTA, Luis Augusto R.; CARVALHO, Tiago M. de. **A climatização dos armários de rua com a evolução dos sistemas de telecomunicações: estudo de caso.** 2014. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) - Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, 2014.

Com o avanço da tecnologia e a evolução dos equipamentos de transmissão, as empresas de telefonia se deparam com vários problemas em sua operação, sendo que um dos principais é o aumento da temperatura interna dos armários de rua. A velocidade e necessidade de expandir, fez com que novos equipamentos fossem implantados nesses gabinetes, em contrapartida, o aquecimento passou a ser um obstáculo. As soluções de climatização utilizadas pela maioria das empresas de telecomunicações não estavam mais dissipando o calor gerado por esses equipamentos com a velocidade necessária, pelo contrário, estava afetando o desempenho da rede e danificando diversas placas por superaquecimento. Mas um projeto inovador idealizado por uma empresa de telecomunicações juntamente com fornecedores, resolveu o problema de forma aparentemente simples, mas ao mesmo tempo complexo devido à necessidade de associar o melhor desempenho com economia. Uma análise teórica de toda a estrutura, com conceitos em calor, resfriamento e comunicação serviu como base para as ideias iniciais. Assim como o conhecimento de toda a topologia atual e futura colaboraram muito para a evolução dos estudos. A tecnologia desenvolvida trouxe um resultado melhor que o esperado, e o objetivo de unir alto desempenho a um custo menor que a solução anterior foi alcançado. A relação custo x benefício que esta inovação trouxe para a corporação foi surpreendente. Novos estudos poderão surgir à medida que tenhamos nova reformulação dos equipamentos instalados na rua.

**Palavras-chave:** Tecnologia. Climatização. Armário de rua. Custo. Desempenho.

## ABSTRACT

BARBOSA, Diego S.; COSTA, Luis Augusto R.; CARVALHO, Tiago M. de. **The climate of street cabinets with the evolution of telecommunications systems: case study.** 2014. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) - Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, 2014.

With the advancement of technology and the evolution of transmission equipment, the telephone companies face many problems in its operation one of the main is a major increase in the internal temperature of the street cabinets. The speed and need to expand of companies forced to use new equipment within the cabinets, however, the warming has become an obstacle. Climatization solutions used by most telecommunications companies not dissipate the heat generated by such equipment with the necessary speed, however, was affecting network performance and damaging several plates due to overheating. But an innovative project conceived by a telecommunications company with suppliers, solved the problem of seemingly simple yet complex at the same time due to the need to combine the best performance with economy. A theoretical analysis of the entire structure with concepts in heat, cold and communication was the basis for the initial ideas. As knowledge of current and future topology cooperated much to the progress of the studies. The developed technology has brought a better result than expected, and the goal of uniting high performance at a lower cost than the previous solution was reached. The cost-benefit ratio that this innovation brought to the corporation was amazing. Further studies will collaborate when happen a new reformulation of the equipment installed in the street.

**Keywords:** Technology. Systems climate. Telecommunications Cabinets. Cost. Performance.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Topologia Estrela .....  | 18 |
| Figura 2 - Distribuidor Intermediário Digital (DID).....                          | 19 |
| Figura 3 - Ocupação do armário de rua .....                                       | 20 |
| Figura 4 - Abrangência de atuação da empresa espelho ao iniciar suas atividades . | 30 |
| Figura 5 - Topologia RTPC.....  | 34 |
| Figura 6 - Modelo de Rede Convergente I .....                                     | 36 |
| Figura 7 - Modelo de Rede Convergente II .....                                    | 37 |
| Figura 8 - Wireless Local Loop (WLL) .....  | 39 |
| Figura 9 - Central TDM Nortel .....   | 40 |
| Figura 10 - Servidor B-BRAS Juniper.....  | 41 |
| Figura 11 - Exemplo de um Distribuidor Geral (DG).....                            | 42 |
| Figura 12 - Topologia antiga utilizada .....                                      | 43 |
| Figura 13 - Topologia utilizada em 2013 .....                                     | 44 |
| Figura 14 - SDH's do fabricante ECI .....   | 45 |
| Figura 15 - Visão Geral de um DSLAM.....  | 46 |
| Figura 16 - Trocador de Calor Ar-Ar – Fluxo de ar.....                            | 50 |
| Figura 17 - Trocador de Calor Ar-Ar.....  | 50 |
| Figura 18 - Ar Condicionado fixado na porta do equipamento .....                  | 52 |
| Figura 19 - Filtro de Membrana .....  | 53 |
| Figura 20 - Tipos de membrana de Eptfe .....                                      | 54 |
| Figura 21 - Membrana.....   | 54 |

## LISTA DE SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| AC      | Corrente Alternada  |
| ADSL    | Linha Digital Assimétrica para Assinante  |
| AM      | Amplitude Modulada  |
| CCC     | Central de Controle de Comutação  |
| CL      | Central Local   |
| DC      | Corrente Contínua (do original <i>Direct Current</i> )                                      |
| DDD     | Discagem Direta Distância   |
| DDI     | Discagem Direta Internacional   |
| DG      | Distribuidor Geral  |
| DID     | Distribuidor Intermediário Digital  |
| ECI     | Corporação Eletrônica de Israel   |
| EUA     | Estados Unidos da América   |
| FM      | Frequência Modulada   |
| FNT     | Fundo Nacional sobre Telecomunicações   |
| IP      | Internet Protocolo  |
| ISP     | Provedor de Serviços de Internet  |
| O&M     | Organização e Métodos   |
| PABX    | Troca Automática de Ramais Privados (do original <i>Private Automatic Branch Exchange</i> ) |
| PIB     | Produto Interno Bruto   |
| PTFE    | Politetrafluoretileno   |
| PTS     | Ponto de Transferência de Sinalização   |
| RTP     | Rede de Telefonia Pública   |
| RTPC    | Rede de Telefonia Pública Comutada  |
| Rx      | Receptor  |
| SDH     | Hierarquia Digital Síncrona   |
| SDH-ADM | Hierarquia Digital Síncrona - com múltiplos canais  |
| SIP     | Protocolo de Inicialização de Sessão  |
| SNT     | Sistema Nacional de Telecomunicações  |
| SS7     | Sinalização de Sistema Número 7   |
| SW      | Onda Curta (do original <i>Short Wave</i> )   |
| TDM     | Múltiplos Canais Por Divisão de Tempo   |
| TIC     | Tecnologia da Informação e Comunicação  |
| Tx      | Transmissor   |
| URSS    | União República Socialista Soviética  |
| WLL     | Laço Local Sem Fio (do original <i>Wireless Local Loop</i> )                                |
| CPqD    | Centro de Pesquisa de Desenvolvimento em Telecomunicações                                   |

## LISTA DE ACRÔNIMOS

|          |   |
|----------|---|
| INTEL    | Corporação de Eletrônicos Integrados  |
| ANATEL   | Agência Nacional de Telecomunicações  |
| CADE     | Conselho Administrativo de Defesa Econômica   |
| EMBRATEL | Empresa Brasileira de Telecomunicações  |
| FINDATA  | Serviço Internacional de Acesso a Informações Financeiras   |
| DSLAM    | <i>Digital SubscriberLineAccess Multiplexer</i>   |
| LAN      | Área de Rede Local  |
| VLAN     | Área de Rede Local Virtual  |
| NASA     | Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (do original <i>National Aeronautics and Space Administration</i> )                              |
| EBITDA   | Lucros Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização (do original <i>Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization</i> ) |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>2 PROBLEMA</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....  | <b>14</b> |
| <b>4 OBJETIVOS</b> .....  | <b>15</b> |
| 4.1 OBJETIVO GERAL .....  | 15        |
| 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                     | 15        |
| <b>5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....                          | <b>16</b> |
| <b>6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....                                | <b>17</b> |
| 6.1 FATOS IMPORTANTES NO SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES .....            | 21        |
| 6.2 CICLOS DE DESENVOLVIMENTO DAS TELECOMUNICAÇÕES NO BRASIL .....  | 23        |
| 6.3 O SURGIMENTO DO SISTEMA TELEBRÁS .....                          | 24        |
| 6.3.1 Implantação do Plano Nacional de Telecomunicações .....       | 24        |
| 6.3.2 A Montagem do Sistema Telebrás .....                          | 24        |
| 6.3.3 Ampliação de Rede .....                                       | 26        |
| 6.3.4 Esgotamento do modelo estatal .....                           | 27        |
| 6.4 O SURGIMENTO DA EMPRESA ESPELHO .....                           | 30        |
| 6.5 EVOLUÇÃO DAS REDES TELEFÔNICAS .....                            | 32        |
| 6.6 REDE DE TELEFONIA PÚBLICA COMUTADA (RTPC) .....                 | 33        |
| 6.7 REDES CONVERGENTES .....  | 35        |
| <b>7 TOPOLOGIAS UTILIZADAS PELA EMPRESA</b> .....                   | <b>39</b> |
| 7.1 CENTRAL TDM .....   | 40        |
| 7.2 SERVIDOR B-RAS .....  | 41        |
| 7.3 <i>HEADEND</i> (HE) OU TERMINAL DE REDE ÓPTICA .....            | 41        |
| 7.4 DISTRIBUIÇÃO GERAL (DG) .....                                   | 42        |
| 7.5 USUÁRIO .....   | 42        |
| 7.6 A TOPOLOGIA DA REDE .....                                       | 43        |
| 7.7 <i>SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY</i> (SDH-ADM) .....            | 44        |
| 7.8 <i>DIGITAL SUBSCRIBER LINE ACCESS MULTIPLEXER</i> (DSLAM) ..... | 45        |
| 7.9 REDE METÁLICA .....   | 46        |
| 7.10 REDE ÓPTICA .....  | 46        |
| <b>8 ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO</b> .....                              | <b>48</b> |
| 8.1 TROCADOR DE CALOR AR-AR .....                                   | 48        |
| 8.2 AR CONDICIONADO .....   | 51        |
| 8.3 FILTRO DE MEMBRANA .....  | 52        |
| <b>9 ANÁLISE COMPARATIVA</b> .....                                  | <b>55</b> |
| 9.1 DESCRIÇÃO DOS ITENS .....                                       | 56        |
| 9.2 COMPROVAÇÃO PRÁTICA .....                                       | 64        |
| <b>10 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                                | <b>66</b> |
| <b>11 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....                    | <b>68</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | <b>69</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de comunicação desenvolvida pelo ser humano vem aumentando a cada dia. À medida que a tecnologia dos equipamentos evolui para suprir essa demanda surgem novos desejos e necessidades se criam. No Brasil, a expansão da telefonia urbana começou no início dos anos 70, nessa época, o telefone era o essencial e resolvia todos os problemas de comunicação. Com o passar dos anos desenvolveu-se a troca de informações em formas diferentes, não bastava somente a forma de voz, mas se tornava necessária a troca de imagens (iniciando com o fax), e posteriormente a troca de informações em forma de dados.

Com o desenvolvimento recente das telecomunicações surgem novos produtos e além da tradicional telefonia fixa aparece a televisão (TV) por assinatura, telefonia móvel, acesso à internet com altas velocidades, entre outros. A contribuição por parte das operadoras de telefonia e fabricantes para essa evolução foi o desenvolvimento de novos equipamentos, criação de novas tecnologias e novas topologias de rede para que a qualidade do serviço ofertado aumente e atenda ao consumidor.

Um marco importante para a evolução tecnológica das telecomunicações no Brasil foi a utilização da fibra ótica, tanto na interligação entre localidades distantes como nas redes metropolitanas. O nosso foco é a solução de rede metropolitana adotada pela maioria das operadoras do mundo, onde se utilizando de Hierarquia Digital Síncrona (SDH's) e equipamentos *MetroEthernet* consegue-se levar altas velocidades próximas às casas dos consumidores. O atendimento que era feito anteriormente com um cabo de pares metálicos a uma distância de 4km ou 5km agora são feitos com no máximo 800mts de pares metálicos. Esse cabo metálico parte de armários de rua que são ligados à central de comutação e controle através de anéis de fibras ópticas. Surge então essa figura importante na evolução, o armário de rua. Os equipamentos de transmissão e acesso são levados para essas 'mini centrais' que ficam próximas ao destino e o que antes era somente para a manobra de pares metálicos (Distribuidor Intermediário Digital - DID) agora possui equipamentos de telecomunicações ativos.

Equipamentos que antes eram instalados em locais amplos com climatização ideais agora são instalados em locais expostos ao sol, chuva, poeira e

intempéries. O desafio dos fabricantes e operadoras é fornecer a refrigeração necessária para o correto funcionamento desses equipamentos no armário. Como são compostos de componentes eletrônicos, os equipamentos de telecomunicações aquecem de acordo com seu consumo energético e intensidade de processamento, conseqüentemente, estão suscetíveis a falhas devido à temperatura alta de seus componentes, e essas falhas geram interrupção de serviços prestados aos assinantes.

## 2 PROBLEMA

O exponencial desenvolvimento dos equipamentos eletrônicos de telecomunicações superou a tecnologia aplicada para a refrigeração dos armários de rua. Diversas soluções técnicas foram estudadas e utilizadas nas operadoras de telecomunicações, dentre elas o ajuste da disposição dos equipamentos dentro do armário (*layout*), utilização de pintura especial, manta isolante, trocadores de calor, e por fim o sistema de ar condicionado. Porém essas soluções tornaram-se ineficazes com o tempo e com um alto custo de Operação e Manutenção (O&M).

A proposta do estudo dos sistemas de climatização utilizados em armários de telecomunicações é analisar as mais importantes soluções técnico-econômicas contra o aquecimento excessivo em armários de rua que causa danos nos equipamentos internos e queda de serviço para os clientes da empresa em questão.

### 3 JUSTIFICATIVA

Um dos fatores que delimita a qualidade de uma empresa de telecomunicações é a disponibilidade de seus serviços prestados. No Brasil, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) é o órgão responsável por controlar todo o processo. Nos casos de interrupção de serviços ela penaliza as prestadoras com multas e estipula regras de ressarcimento aos assinantes.

A alta temperatura dos equipamentos internos dos armários de rua, portanto, causa interrupção de serviços prestados, danos nas placas, e torna necessária a intervenção manual de um técnico especializado, gerando custo de deslocamento e mão de obra.

Outro ponto relevante é a perda de clientes que sofrem com falhas e interrupções recorrentes, causando para a empresa uma perda às vezes irreparável, pois o cliente acabava absorvendo uma imagem ruim e não retorna a adquirir o serviço novamente.

## 4 OBJETIVOS

Analisar as soluções de infraestrutura para resolver o problema de aquecimento em armários de telecomunicações de rua. Problema que causa a falha de funcionamento dos equipamentos eletrônicos e frequentemente danifica os mesmos.

### 4.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar que a solução de filtros de alta capacidade em substituição ao ar-condicionado ou trocador de calor ar-ar é mais eficiente e com um custo menor de implantação e manutenção.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar informações sobre telecomunicações, evolução das topologias de rede, transferência de calor, definição dos armários de rua;
- Identificar e descrever soluções de climatização utilizadas ao longo da evolução da tecnologia nas telecomunicações;
- Analisar a eficiência e viabilidade técnico-econômicas dessas soluções;
- Levantar dados na empresa em estudo quanto ao impacto do aquecimento em equipamentos;
- Constatar que a solução proposta é viável tanto tecnicamente como economicamente.

## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo de caso será realizado através de pesquisa de campo com registro formal de todo o processo obtido, será utilizada também a coleta de dados secundários apresentados em livros e estudos sobre o assunto, manuais teóricos fornecidos pela empresa, internet e materiais de apresentação das empresas parceiras envolvidas nas soluções. Além de dados didáticos serão coletados dados primários com informações sobre a empresa abordada no projeto. O início da análise se dará a partir da pesquisa de campo de forma quali-quantitativo onde será elaborada uma análise de custos para contabilizar a viabilidade e possível retorno lucrativo no investimento realizado pela empresa.

Seguem abaixo as etapas do processo de elaboração do trabalho:

1º Etapa: Pesquisa em internet, livros, artigos sobre o tema e apresentações realizadas por empresas que atuam no ramo de soluções de calor em rede de telecomunicações.

2º Etapa: Identificação do problema em uma determinada empresa de telecomunicações, relacionando a indisponibilidade do serviço devido aos danos causados nos equipamentos, à alta temperatura no ambiente do armário de rua.

3º Etapa: Pesquisar a fundo com funcionários sobre as possíveis soluções, causas e consequências do problema de temperatura alta em toda rede.

4º Etapa: Análise da evolução tecnológica da empresa para comprovação da real necessidade de novas soluções.

5º Etapa: Avaliação técnica e econômica de todas as soluções, demonstrando com números e gráficos os resultados obtidos.

## 6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

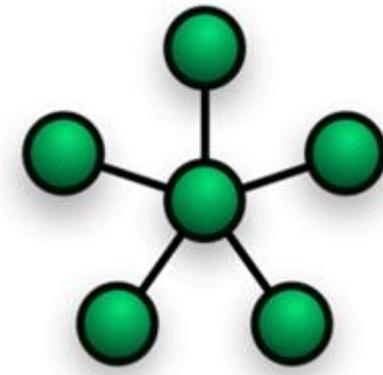
Comunicação sempre foi, desde o início dos tempos, uma necessidade humana buscando aproximar comunidades distantes. Na pré-história, as informações se referiam a perigos iminentes, busca de caça etc. Tribos indígenas se valiam de sinais de fumaça ou de tambores para se comunicar. Os grandes conquistadores foram obrigados a estabelecer um sistema de mensageiros. Há, na História, referência à utilização de pombo-correio como uma forma de comunicação, em especial durante as guerras. É importante notar duas características sobre comunicações. Primeira, a mensagem não é comunicada diretamente, mas é comunicada por meio de um sinal. Segunda, o sinal sempre passa através de algum meio de comunicação qualquer (fios, cabos, fibras, ar, ondas de rádio etc.) que carregue o sinal entre o transmissor e o receptor (ABET, 2013).

As telecomunicações se diferenciaram destes processos visuais pelo uso de sinais processados eletricamente no transporte das informações. As telecomunicações se iniciaram verdadeiramente em 1844, quando Samuel Morse transmitiu a primeira mensagem em uma linha entre Washington e Baltimore (Código Morse). Mais de 30 anos se passaram em que a telegrafia fora o único meio de telecomunicação. Foi o sistema que acompanhou os desbravadores de territórios virgens e, mesmo após a invenção da transmissão por rádio, permaneceu em uso pela sua inteligibilidade mesmo na presença de ruídos e sinais de baixa intensidade.

Em 1876, um novo fato iria revolucionar as telecomunicações. Tratava-se da recente invenção do Telefone com microfone de magneto-indutivo, por Alexander Graham Bell. Disputando com dois notáveis de seu tempo, Elisha Gray co-fundador da Empresa *Western Electric* e Thomas Edson, ele ganhou a corrida inventando um aparelho de uso prático.

Quando 10 anos mais tarde surgiu o microfone a carvão (1886), estavam concretizados os princípios operacionais da transmissão telefônica, que iriam prevalecer praticamente até a década de 1950 em todos os telefones. Também, em 1886, Heinrich Hertz provou, experimentalmente, a analogia entre ondas de luz e elétricas. Guglielmo Marconi, usando os fundamentos de James Maxwell e de Hertz, construiu o primeiro transmissor de rádio (1895) (SOARES *et al.*, 2008).

Com o passar do tempo a necessidade de ser cada vez mais eficaz a comunicação entre dois pontos distintos foram surgindo diversos tipos de equipamentos e topologias como o adotado no Brasil por muitas operadoras a chamada topologia em estrela (Figura 1), onde a comunicação entre todos os pontos é realizada através de uma central única. Com isso economiza-se em equipamentos espalhados em várias regiões evitando assim a manutenção dos mesmos.



**Figura 1 - Topologia Estrela**  
**Fonte: Autoria própria.**

Assim surgiram-se os primeiros armários de rua, no começo contendo apenas um DID (Figura 2), distribuindo basicamente voz através de pares de fios metálicos até a casa do assinante. Mas a evolução dos serviços é rápida e logo foi necessário encaminhar dados por esses fios metálicos. Devido a uma limitação física de transmissão no cobre esses armários de rua já não podiam ficar tão distantes das centrais causando assim um problema para todas as operadoras, foi então que surgiu a ideia de levar alguns equipamentos até o armário como os chamados SDHsde SW (Onda Curta, do original *Short Wave*) *metro ethernet*.



**Figura 2 - Distribuidor Intermediário Digital (DID)**  
**Fonte: Autoria própria.**

Após a mudança de topologia de rede e aumentando os equipamentos nos armários de rua conseguiu-se assim atingir velocidades maiores na transmissão de dados com distâncias relativamente grandes, mas criaram-se outros problemas, como a dificuldade de colocar tantos equipamentos em espaços tão pequenos, uma vez que a cada hora as cidades crescem mais e necessita de mais e mais ruas, prédios e casas, não sobrando lugar para construir infraestrutura para as grandes redes de telecomunicações, precisou-se aprender a trabalhar em pequenos espaços e com eficiência.

Um dos grandes problemas na entrada de equipamentos no armário de rua antes apenas com o DID foi o calor que esses equipamentos geravam e a inserção de baterias para que mesmo em falta de energia elétrica o serviço não fique indisponível. A Figura 3, a seguir, mostra a grande densidade de equipamentos dentro de um armário de rua.



**Figura 3 - Ocupação do armário de rua**  
**Fonte: Aatoria própria.**

Como se não bastasse inserir diversos equipamentos no armário de rua para suprir a necessidade de atingir velocidades altas, o mercado foi ficando mais e mais exigente, cobrando a cada dia maiores velocidades no tráfego de dados e maior eficiência nos serviços a fim de ser praticamente zero a indisponibilidade. Com essa exigência do mercado mudaram-se praticamente por completo os armários, agora além de DIDs eles deveriam ter equipamentos de acesso, transmissão e infraestrutura como ar condicionado para refrigerar placas que só funcionam com temperaturas baixas.

A infraestrutura do armário tornou-se muito complexa com essas mudanças, em um país tropical como o Brasil onde temos altas temperaturas o ano todo, o prejuízo por danos causados aos componentes dos equipamentos era muito alto, e o ar condicionado nos armários já não era o bastante para dissipar o calor gerado por tantos equipamentos em um ambiente tão pequeno.

Houve então a necessidade de inovar no resfriamento do armário, a necessidade de algo que, além de manter o equilíbrio da temperatura do armário também pudesse reduzir o custo, que a operação com ar-condicionado estava deixando.

## 6.1 FATOS IMPORTANTES NO SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES

Conforme descrito por Ferreira (2004), no ano de 1660, Dom Gauthey realizou o experimento do telefone acústico, usando um tubo de um quilometro de comprimento, mas somente em 1682 Gauthey propôs à Academia de Ciência de Paris esse sistema de propagação da voz por tubos metálicos acústicos.

Já em 1844, ocorreu a primeira transmissão de mensagens realizada por Samuel Morse em uma linha metálica entre as cidades de Washington e Baltimore. As letras foram codificadas por uma combinação de sinais longos e breves, conhecido por Código Morse, mesmo ainda que descoberto a transmissão por rádio e com baixa qualidade de sinal devido à interferência de ruídos e baixa intensidade o código Morse é usado até os dias atuais por algumas unidades militares para contato entre seus centros de comando, afim de deixar a comunicação confidencial para terceiros.

Outro grande feito realizado no setor, ainda segundo Ferreira (2004), foi a descobertas das fibras ópticas, cujo potencial de uso foi demonstrado por John Tyndall em 1870. Dificilmente algum avanço tecnológico, a longo prazo, vai superar o impacto social da fibra óptica. Através de um único filamento de vidro, tão fino como um fio de cabelo humano, é possível transmitir capacidades altíssimas de dados a uma velocidade impressionante, já que o sistema utiliza-se da luz para se comunicar de um ponto ao outro do sistema. Hoje o sistema de fibra óptica não só transporta milhares de chamadas telefônicas como quase que todo o sistema de telecomunicações do mundo inteiro.

O primeiro sistema totalmente em fibras ópticas foi instalado em grande escala no Brasil pela empresa British Telecom no ano de 1991, ocupando assim o lugar dos gigantescos cabos de cobres que além de difícil manutenção e de valor alto no mercado tinha uma baixa taxa de transmissão de dados.

Ferreira (2004) menciona também que, em 1875, Graham Bell, em parceria com Thomas Watson, inventou o telefone, revolucionando a história das telecomunicações. Graham Bell em novembro de 1876 realizou a primeira ligação interurbana do mundo, entre as cidades de Boston e Salem a uma distância de 25 quilômetros uma da outra. A evolução foi tamanha que em menos de um ano várias

idades do continente americano e pelo mundo já tinham o famoso telefone interligando umas às outras.

No ano de 1895 foi construído por James Maxwell e Heinrich Hertz o primeiro transmissor de rádio, provando assim a analogia entre ondas de luz e ondas elétricas.

Com o passar dos anos novos inventos foram surgindo permitindo assim automatizar os processos de construções de equipamento e cabos, as linhas áreas com cabos antes nu foram substituídas por cabos envelopados e compactados permitindo até mesmo que cabos sejam lançados nos mares, as frequências assim saíram de kHz para MHz e GHz.

Ferreira (2004) fala também que o inglês John Bayard e norte americano Philo Farnsworth, inventaram no ano de 1926, a televisão, mesmo que os dois trabalhando separadamente sem tomar conhecimento dos projetos um do outro. Vinte anos mais tarde na Universidade da Pensilvânia é inventado o primeiro computador eletrônico do mundo, com nada menos que 18 mil válvulas e que custou na época uma bagatela de 20 milhões de dólares.

Com a disputa pelas duas maiores potências do mundo, os Estados Unidos da América (EUA) e a União Socialista Soviética (URSS), essa última em 1957 lança o primeiro satélite artificial a órbita da terra, o Sputnik. Em 1960 chega a vez do satélite Echo I que funcionava como um satélite passivo – refletor, constituído assim na primeira comunicação bidirecional entre as cidades de Nova Jérsei e Califórnia totalmente através do satélite refletor. Após dois anos foi colocado em órbita o primeiro satélite de comunicações e dessa vez ativo o *Telstar I*, transmitindo assim dezenas de chamadas telefônicas, telefotos e sinais de televisão, abrindo as portas para a era das comunicações via satélite.

Após nove anos do primeiro satélite, a empresa *Integrated Electronics Corporation* (INTEL) inventou o microprocessador, o chip. Essa última invenção possibilitou que os serviços de telecomunicações popularizassem-se em âmbito mundial até chegar ao desenvolvimento da internet, os computadores pessoais etc. O seu advento possibilitou também o desenvolvimento de diversas outras tecnologias como a televisão digital e as antenas parabólicas.

## 6.2 CICLOS DE DESENVOLVIMENTO DAS TELECOMUNICAÇÕES NO BRASIL

Ferreira (2004) descreve o período de 1946 a 1962 como o início do ciclo das Telecomunicações no Brasil. Após um período de estagnação devido à Segunda Guerra Mundial, o Brasil se viu em necessidade de tecnologia em seu território, durante os anos de 1962 e 1967 o setor de telecomunicações no país passou por uma fase de reorganização. Em 27 de agosto de 1962, foi formulada a sua primeira política nacional para o setor de comunicações, aprovado pelo congresso nacional foi instituído o Código Brasileiro de Telecomunicações, de número 4.117, ponto marcante para a fase institucionalizada das telecomunicações Brasileiras.

O período em que o sistema decolou foi entre 1967 e 1975, marcando assim o desenvolvimento setorial. A ação da Embratel com o Ministério das Comunicações foi uma relação que perdurou até a metade dos anos 70, quando a Telecomunicações Brasileiras S.A. iniciou sua implantação de 2 milhões de linhas telefônicas.

Os anos seguintes foram muito complicados para o país, uma fase muito conturbada para o setor onde se via com cortes nos investimentos, tarifas baixas e enxugamento superavitário operacional das operadoras mais rentáveis do setor.

A situação se agravou no período de 1985 a 1994 com um represamento máximo da demanda, desprofissionalização das empresas estatais e politização das diretorias da Telebrás e de suas subsidiárias.

O setor de telecomunicações se encontrava com muitas barreiras contra o desenvolvimento de novas tecnologias, tendo a necessidade de apoio de algumas entidades como a Embratel, criada para assumir as funções dos serviços internacionais e interurbano, o Centro de Pesquisa de Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), criado em 1976 para suprir as dependências tecnológicas e, finalmente, a Anatel para regularizar, regular e fiscalizar os serviços prestados à sociedade.

## 6.3 O SURGIMENTO DO SISTEMA TELEBRÁS

### 6.3.1 Implantação do Plano Nacional de Telecomunicações

A partir de 1965, a Embratel começou a execução do Plano Nacional de Telecomunicações, implantando troncos de micro-ondas de alta capacidade, inclusive para transmissão de TV. Interligou todos os estados do Brasil e instalou a Estação Terrena do Sistema Internacional de Comunicação por Satélites em Tanguá (RJ). Essa estação melhorou sensivelmente as comunicações em todo o território nacional e a implantação desse processo foi considerada, na época, um processo sofisticado de comunicação à distância.

Com o avanço da tecnologia, a Embratel pode implantar no país um sistema em tropo difusão o maior do gênero em operação comercial do mundo para integrar a região amazônica, em agosto de 1968. No começo dos anos 70, todas as capitais e as principais cidades já estavam interligadas, o que viabilizava a operação dos serviços básicos. Começa um processo de expansão expressiva da base telefônica brasileira, passando de 1,4 milhões para 5 milhões de terminais instalados. Foi implantado em Campinas (SP) o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento para incremento tecnológico do setor. Estabeleceu-se uma política industrial visando consolidar o parque industrial brasileiro voltado a demandado Sistema Nacional de Telecomunicações (SNT). Entre 1969 e 1973, a Embratel assumiu a exploração dos serviços internacionais à medida que expiravam os prazos de concessão das empresas que os operavam (TATSCH, 2003).

### 6.3.2 A Montagem do Sistema Telebrás

As medidas decorrentes do Código levaram a uma melhoria significativa nos serviços interurbanos e internacionais, mas o mesmo não ocorreu nos serviços locais (PADILHA, 2001). Em 1971, o governo cogita da criação de uma entidade pública destinada a planejar e coordenar as telecomunicações de interesse nacional,

a obter os recursos financeiros necessários à implantação de sistemas e serviços de telecomunicações e a controlar a aplicação de tais recursos mediante a participação acionária nas empresas da operação desses sistemas e serviços. Nascia então a ideia de criação da empresa de Telecomunicações Brasileiras S.A. (Telebrás, que seria efetivada em 1972, pela Lei nº 5.792, de 11 julho). Essa lei além de autorizar a criação da Telebrás também colocou à disposição os recursos do Fundo Nacional sobre Telecomunicações (FNT), e autorizou a transformação da Embratel em sociedade de economia mista, subsidiária da Telebrás. Pela lei, a Telebrás ficou vinculada ao Ministério das Comunicações. Desde a sua formação, em 11 de julho de 1972, a Telebrás constituiu um avanço em relação à exploração dos serviços de telecomunicações existentes no Brasil naquela época (TATSCH, 2003).

Logo após a sua criação, a Telebrás iniciou o processo de aquisição e absorção das empresas que prestavam serviços telefônicos no Brasil, visando consolidá-las no âmbito estadual. Havia nessa época mais de 900 operadoras independentes no Brasil e, no total, uma base de cerca de 2 milhões de terminais.

Em 1973, a Embratel passou a ser a única operadora de serviços internacionais do Brasil, com o encerramento de atividades da Western. Foi também inaugurado o cabo submarino Bracan | e feita a ligação de Fernando de Noronha ao Sistema Nacional via ondas curtas. Pelo Decreto nº 74.379, de 8 de agosto de 1974, a Telebrás foi designada “concessionária geral” para exploração dos serviços públicos de telecomunicações em todo o território nacional. O avanço tecnológico propiciou, entre outros eventos positivos o surgimento da Discagem Direta à Distância (DDD) e da Discagem Direta Internacional (DDI). O Sistema DDD foi inaugurado entre São Paulo e Porto Alegre, em 1969. Em 10 de novembro de 1975, é inaugurado o Sistema DDI. As vantagens e peculiaridades oferecidas pelo DDI são as mesmas do primeiro sistema (DDD), aliás, toda localidade operada pelo último processo está apta a operar com o DDD (TATSCH, 2003).

O governo Geisel, segundo Padilha (2001), tratou de adotar medidas para fortalecer a indústria nacional de equipamentos de telecomunicações. Merece destaque a Portaria nº 102 do Ministério das Comunicações, que exigiu a identificação e o uso das fontes nacionais de tecnologia, e a Portaria nº 661, que levou as multinacionais a desenvolver a produção de centrais digitais seguindo especificações técnicas feitas pela Telebrás. Em 1978, pela Portaria nº 622, o Ministério das Comunicações coordena a redução das importações de equipamentos

de telecomunicações. Entre 1974 e 1975 ocorreram eventos importantes, como a regularização que estabelecia as regiões prioritárias para implantação da telefonia móvel terrestre entre São Paulo, Rio de Janeiro e Distrito Federal. Foram instaladas antenas em Manaus e Cuiabá para atender aos serviços domésticos via satélite e a nova Rede Nacional de Estações Costeiras. Em 16 de setembro de 1975, inaugurou-se a Estação de Tanguá II. Três anos mais tarde, surgem três novas estações terrenas de comunicações domésticas via satélite: Porto Velho (RO), Rio Branco (AC) e Macapá (AP), e em 1979 é inaugurada a Estação de Tanguá III (RJ) (TATSCH, 2003).

### 6.3.3 Ampliação de Rede

Nas décadas seguintes, a Telebrás experimentou grande crescimento e o país passou de 2 milhões de linhas fixas, em 1973, para 12,4 milhões 20 anos depois. No mesmo período, a densidade de terminais por 100 habitantes passou espetacularmente de 1,9 para 8,1. Em 1980, entrou em atividade o cabo submarino Brasil – Estados Unidos (Brus). As inaugurações dos serviços de DDI de Portugal para o Brasil, as Estações Terrenas de Altamira-Itaituba, Sinop e Alta Floresta na Amazônia ocorreram em 1981. As melhorias continuaram a passos largos. A rede Nacional de Televisão por Satélite (TV SAT) e o sistema de cabos submarinos Atlantis foram inaugurados em outubro de 1982. No ano seguinte, os computadores da Bolsa de Valores do Rio de Janeiro e a da Rede Nacional de Telex passam a operar interligados e é inaugurado o Serviço Internacional de Acesso a informações Financeiras (Findata). Também foram lançados satélites de comunicações BrasilSat-I em 1985 e o BrasilSat-II em 1986, através dos quais se conseguiu a interligação total do território brasileiro, levando sinais de telefonia, telegrafia e televisão a todas as regiões do país. A existência dos satélites possibilitou o lançamento do Programa de Popularização e Interiorização das Telecomunicações, destinado a levar as facilidades de comunicação ao maior número de localidades brasileiras e suas comunidades. Além disso, nos anos que antecederam a quebra do monopólio estatal, registrou-se a retomada do crescimento e da qualidade na prestação dos serviços de telecomunicações. O Brasil iniciou as instalações do Sistema de

Telefonia Móvel Celular e de Rede Inteligente. No campo do desenvolvimento industrial, em parceria com universidades e indústrias, a Telebrás desenvolveu diversos produtos vinculados a tecnologias de vanguarda, tais como: centrais de comutação telefônica digital, que permitiam grande variedade de serviços não disponíveis nas centrais convencionais; fibras ópticas, permitindo altíssima capacidade de transmissão de informações; e sistema de comunicação de dados e textos, possibilitando a interligação de terminais e computadores à rede telefônica (TATSCH, 2003).

#### **6.3.4 Esgotamento do modelo estatal**

Nos anos 80, as dificuldades econômicas vividas pelo país comprometeram os investimentos e dificultaram a continuidade da expansão e melhoria do Sistema Nacional de Telecomunicações. Em verdade, por mais extraordinários que tenham sido os resultados do modelo estatal, ele se esgotou quando ficou suficientemente claro que, apenas da evolução ocorrida, a quantidade, a diversidade e a qualidade dos serviços oferecidos à população estavam muito aquém da demanda. Em dezembro de 1997, por exemplo, quando o governo federal, com o então Sérgio Motta à frente do Ministério das Comunicações, ainda estavam formatando o processo de privatização da Telebrás, havia uma fila de espera de 13,4 milhões de pessoas inscritas em todo o país em planos de expansão da rede fixa, aguardando as empresas do Sistema Telebrás terem condições de entregar ao cidadão um telefone. Desse total, 7,2 milhões correspondia à demanda reprimida no estado de São Paulo. A respeito da visível necessidade de novos investimentos, não se mexeu na estrutura vigente. Aliás, a Constituição de 1988 consolidou o modelo estatal que vigorava havia 20 anos. De acordo com o artigo 21, somente empresas sob o controle acionário estrutura podiam explorar, por concessão, os serviços telefônicos, telegráficos, de transmissão de dados e demais serviços públicos de comunicações (TATSCH, 2003).

Nos anos que se seguiram pouco se alterou no modelo original. A primeira tentativa do governo de desregulamentar o setor ocorreu no começo da década passada, durante o governo Collor. Naquela época, autorizou-se a participação da

iniciativa privada na telefonia móvel celular, na banda B, nos serviços de rádio chamada, na expansão do sistema de telefonia em condomínios e comunidades com serviços precários e no caso em que um grupo determinado de pessoas jurídicas com necessidades comuns em comunicações instalasse, por exemplo, uma rede de telefonia móvel celular, para uso próprio e viesse sobrar linha, quando então estas poderiam ser cedidas ou alugadas a qualquer pessoa.

Além disso, nos serviços de comunicações de dados via satélite em baixa velocidade, os grupos privados poderiam ter suas próprias centrais de transmissão de dados via satélite, mas estas seriam controladas pela Embratel e Telebrás. Os contratos de edição das listas telefônicas não seriam mais renovados indefinidamente, mas apenas uma vez e com a duração total de 12 anos abrindo-se depois concorrência para a participação de novas empresas. Em julho de 1991, o então presidente Collor assinou decreto regulamentando o serviço limitado de telecomunicações que, constituído basicamente por transmissão de dados via satélite, não seria considerado monopólio da Embratel. Medidas judiciais anularam a desregulamentação dos serviços de telefonia celular. A desregulamentação das telecomunicações no Brasil só deslanchou a partir de 1995, com o governo Fernando Henrique Cardoso (TATSCH, 2003).

Entre 1976 e 1996, enquanto a população brasileira aumentou em 50% e o Produto Interno Bruto (PIB) apresentou um incremento de quase 80% a planta de terminais telefônicos instaladas pela Telebrás aumentou mais de 400%. Esta rede provia serviços em mais de 20 mil localidades no território nacional. No mesmo período de 20 anos, o tráfego aumentou em uma proporção ainda maior – mais de 900% para serviços locais e mais de 1.700% para ligações de longa distância, o que mostra que a demanda por serviços crescia mais que a capacidade instalada. O tráfego telefônico mede apenas a demanda por serviços gerada pela parcela da população e companhias que já tem acesso ao sistema. O tráfego não mede a demanda por novas linhas, ou em outras palavras, ele não nos dá uma indicação do número de pessoas e organizações que necessitam de acesso a serviços telefônicos. A Anatel estimava que existiam, em 1996, algo entre 18 e 25 milhões de usuários potenciais, e que apenas 14,5 milhões eram efetivamente atendidos. Por outro lado, mais de 80% dos terminais residências estavam concentrados nas classes A e B, o que mostra que as classes menos favorecidas não contavam com o serviço individualizado. Além disso, estas pessoas não tinham acesso a serviços

coletivos adequados, pois os telefones públicos eram insuficientes e mal distribuídos geograficamente (TATSCH, 2003).

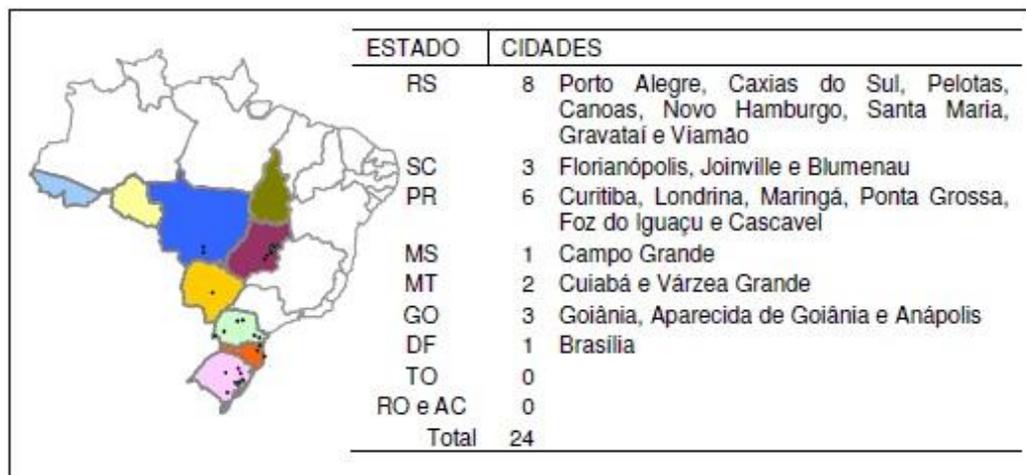
As maiores empresas como, por exemplo, as instituições financeiras e companhias multinacionais, construíram redes privadas de comunicações, usando a infraestrutura do Sistema Telebrás para atender suas próprias necessidades de serviço. As pequenas e médias empresas, por outro lado, estavam na mesma situação de usuários residenciais em relação ao acesso a serviços telefônicos. Adicionalmente, quase todos os terminais existentes estavam localizados em áreas urbanas. Estimava-se que menos de 2% das propriedades rurais tinham acesso a serviços telefônicos. Esta situação era o resultado da incapacidade das companhias públicas de prover manutenção e investimentos necessários para equilibrar a taxa de crescimento da rede com o aumento da demanda e, portanto, causando o efeito de demanda reprimida. A falta de investimentos também decorreu da estrutura de tarifas telefônicas que não era diretamente associada aos custos para prover os serviços correspondentes. Nesta situação, as companhias não dispunham de incentivos apropriados para investir na expansão e na melhoria da qualidade dos serviços (TATSCH, 2003).

Havia um mecanismo de subsidio cruzado em que os sérvios mais lucrativos e as regiões mais desenvolvidas contribuiriam para desenvolvimento de outras regiões, mas este mecanismo não funcionava da realidade porque sua aplicação era limitada a ligações telefônicas de longa distância para local. Uma razão adicional era o fato de que como empresas públicas, as operadoras eram forçadas a participar de um processo formal de concessão para contratação de serviços e compra de ativos, o que acarretava aumento dos custos e do tempo necessário para implementação. Até mesmo o gerenciamento de recursos humanos era muito burocrático porque havia limitações salariais e deveriam ser seguidos processos públicos de seleção de pessoal. E, finalmente, as companhias estavam acompanhadas devido a seu poder de monopólio e conseqüentemente ausência de competição. Não havia necessidade de conquistar e manter consumidores ou de melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços (TATSCH, 2003).

#### 6.4 O SURGIMENTO DA EMPRESA ESPELHO

A empresa objeto desse estudo de caso foi constituída no ano de 1999, com sede na cidade de Curitiba no Paraná. O grupo, que na época era composto por um grupo de investimento constituído por Magnum Group (Europa) - 60%, IDBGroup (Israel) - 28% e Merrill Lynch Group (EUA) - 12%, foi responsável pela compra da autorização para prestação de STFC em leilão ocorrido no dia 27 de agosto de 1999. Esta autorização lhe proporcionou a licença de operação de STFC na Região II (Distrito Federal e estados do Acre, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Rondônia, Santa Catarina e Tocantins).

Finalizada a montagem da infraestrutura, que lhe permitiria entrar em operação, a empresa começou a operar comercialmente no ano de 2000, prestando serviços em 24 cidades (ver a Figura 4).



**Figura 4 - Abrangência de atuação da empresa espelho ao iniciar suas atividades**  
**Fonte: Aatoria própria.**

A necessidade de implantar uma rede totalmente nova fez com que a companhia pudesse utilizar tecnologias recentes e lhe permitiu desenvolver uma rede totalmente digital. Este tipo de rede possibilitou que a empresa lançasse serviços diferenciados da concorrência, como a cobrança por minuto e o detalhamento da conta telefônica por chamadas, desde o início.

No ano seguinte ao início da operação a empresa manteve o foco na expansão da rede para proporcionar atendimento em mais cidades e, com isso, terminou 2001 com 30 novas cidades atendidas, perfazendo um total de 54 cidades, com mais de 250 mil linhas em serviço. Dentre estas cidades estavam as capitais do Acre, Tocantins e Rondônia, estados que até então não eram atendidos. Fechou 2001 com 860 mil terminais disponíveis, antecipando as metas firmadas com a Anatel, que previam 630 mil terminais. Isto lhe permitiu solicitar novas licenças.

O modelo de telecomunicações está fortemente centrado em assimetrias regulatórias pró-entrantes, ou seja, as operadoras espelho não têm as mesmas obrigações que as concessionárias, seja em termos de tarifas, metas de universalização ou no que se refere à adoção de novas tecnologias (MIRA, 2003).

No ano de 2002 lançou o serviço de banda larga em Linha Digital Assimétrica para Assinante (ADSL), chamado Turbonet. Em junho, depois de sete trimestres em operação, teve o seu primeiro mês de lucro operacional - Ebitda, que significa Lucros Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização (do original *Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*) e adquiriu licença de serviços de comunicação multimídia.

Ainda no mesmo ano de 2002 a empresa estudada iniciou suas operações em São Paulo, para o mercado corporativo, apenas. Em setembro lançou o provedor de Internet, um Provedor de Serviços de Internet (ISP) gratuito, criado para concorrer diretamente com ISPs gratuitos e pagos. Em novembro de 2002 ofereceu aos seus clientes a verificação gratuita da conta telefônica detalhada pela Internet.

No ano de 2003, a estratégia dominante foi a compra de licenças para ampliação de serviços dentro e fora de sua área de atuação original. Em março, a operadora adquiriu a licença de telefonia local para a grande São Paulo e a licença para oferecer ligações de longa distância nacional e internacional, a partir da sua área de atuação para qualquer lugar do país ou do mundo. Com isso, iniciou as operações de chamadas de longa distância nacional e internacional nas cidades de atuação. No mês de julho, houve o lançamento do ADSL Profissional, que era uma conexão ADSL com IP fixo. Em outubro, três novas licenças foram adquiridas para chamadas de longa distância nacional e internacional de e para a grande São Paulo, cidade do Rio de Janeiro e Belo Horizonte (MG) e para telefonia local para as

idades do Rio de Janeiro e Belo Horizonte (MG). Também em outubro de 2003, lançou uma linha especial para utilização em máquinas de cartão de crédito e débito.

Em 2004, a tônica foi o lançamento de serviços de acesso à Internet discada com mensalidade fixa e sem limite de tempo e de acesso, novas formas de cobrança para chamadas de longa distância nacionais, franquia única de voz para vários estados e VoIP, que permite chamadas de voz via Internet. A ampliação da rede se caracterizou pela ativação de centrais telefônicas no Rio de Janeiro, início de operações em Sarandi (PR) e de chamadas de longa distância nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Uma marca importante foi atingida neste ano: o provedor de serviços de Internet chegou a 2 milhões de usuários.

Em 2006, ela concluiu a transformação de seu tipo societário de uma sociedade limitada para uma sociedade anônima, com a subsequente obtenção do registro de companhia aberta. Nesse mesmo ano, a Companhia realizou a reestruturação da maior parcela de sua dívida e aderiu ao Novo Mercado na Bolsa de Valores de São Paulo. Também em 2006, adquiriu a licença para operar em todo o país como prestadora de serviços completos de telecomunicações, com telefonia fixa e de longa distância.

## 6.5 EVOLUÇÃO DAS REDES TELEFÔNICAS

Com a intensificação da concorrência entre as operadoras de telecomunicações, em virtude de novas concessões para serviço local e longa distância e do surgimento de alternativas de chamadas de longa distância pela internet, vem exigindo de todas as competidoras do mercado a busca por novas tecnologias e para reter seus clientes e preservar suas receitas. Assim, uma das principais estratégias do mercado é o oferecimento de novos serviços, inovadores e tentadores para os clientes atuais, cada dia mais jovens e mais interessados em interação com o mundo como um todo (ROCHA, 2005).

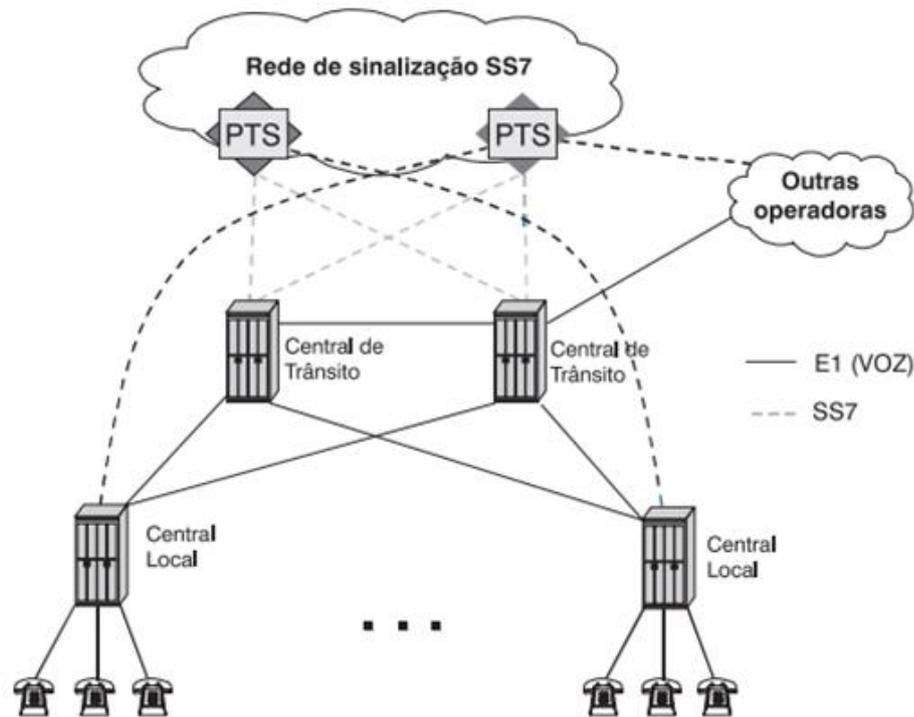
A primeira etapa para tal evolução nos serviços é uma solução que possibilita de forma ágil, flexível e com eficiência a utilização dos recursos de rede não podendo fugir da mudança física das redes convencionais, baseadas em comutação de circuitos, para redes convergentes baseadas em comutação de

pacotes, com interfaces abertas e padronizadas, também denominadas redes da próxima geração. A proposta que vem movimentando o mercado de telecomunicações é uma rede única, otimizada para trafegar dados e capaz de suportar o serviço de telefônica através do protocolo IP, levando assim a redução de custo operacionais obtida pela convergência das infraestruturas de transporte e gerenciamento.

No entanto, apesar das vantagens que um modelo de rede baseada em comutação de dados por pacotes traz para as operadoras e seus clientes existem alguns obstáculos importantes que dificultam essa evolução de rede. Uma das principais dificuldades importantes que essa mudança traz é a alteração da topologia de rede, o que se torna muito complicado tendo em vista uma rede já em operação. A primeira proposta sugerida é a desativação da rede atual e a construção de uma rede totalmente nova e nos moldes que atendem todas as especificações necessárias para aplicações que serão implantadas o que se torna totalmente inviável em grandes e complexas redes como as redes das telefônicas nacionais. Outra questão importante é a transparência nos serviços para os assinantes, garantindo que a rede convergente capaz de no mínimo torna-se disponível os mesmos serviços com o mesmo nível de qualidade que uma rede de telefônica em operação a aos mesmos custos (ROCHA, 2005).

## 6.6 REDE DE TELEFONIA PÚBLICA COMUTADA (RTPC)

As redes nacionais de telefônica fixa baseadas em comutação de circuito, que compõem a Rede de Telefonia Pública Comutada (RTPC), adotam uma topologia hierarquizada, conforme ilustrado na Figura 5.



**Figura 5 - Topologia RTPC**  
**Fonte: Rocha (2005).**

As centrais telefônicas locais, também denominadas centrais de comutação classe 5, são aquelas que provêm interfaces de acesso aos usuários do serviço telefônico através de interfaces analógicas a dois fios. Essas centrais geralmente se interconectam a centrais telefônicas com função trânsito, também denominadas centrais de comutação classe 4, através de interfaces de acesso digital E1 a 2 Mbit/s utilizando soluções de transmissão apropriadas (ópticas, satélite, rádioetc.). As centrais trânsito, por sua vez, podem se interconectar a centrais de maior hierarquia como centrais trânsito internacionais. Através de todas essas interconexões, o tráfego de voz pode fluir entre as centrais locais, via centrais trânsito, possibilitando o estabelecimento de chamadas entre usuários atendidos por centrais locais distintas, mediante um plano de encaminhamento adequado. Para comunicação entre esses diversos elementos de rede (centrais telefônicas), são utilizadas sinalizações apropriadas, com destaque para sinalização associada ao canal, como o R2 Digital, e sinalização por canal comum *Signaling System Number7* (SS7), em que as mensagens de sinalização podem possuir um trajeto próprio, distinto do tráfego de voz, através de uma rede de sinalização composta por diversos Pontos de Transferência de Sinalização (PTS) (ROCHA, 2005).

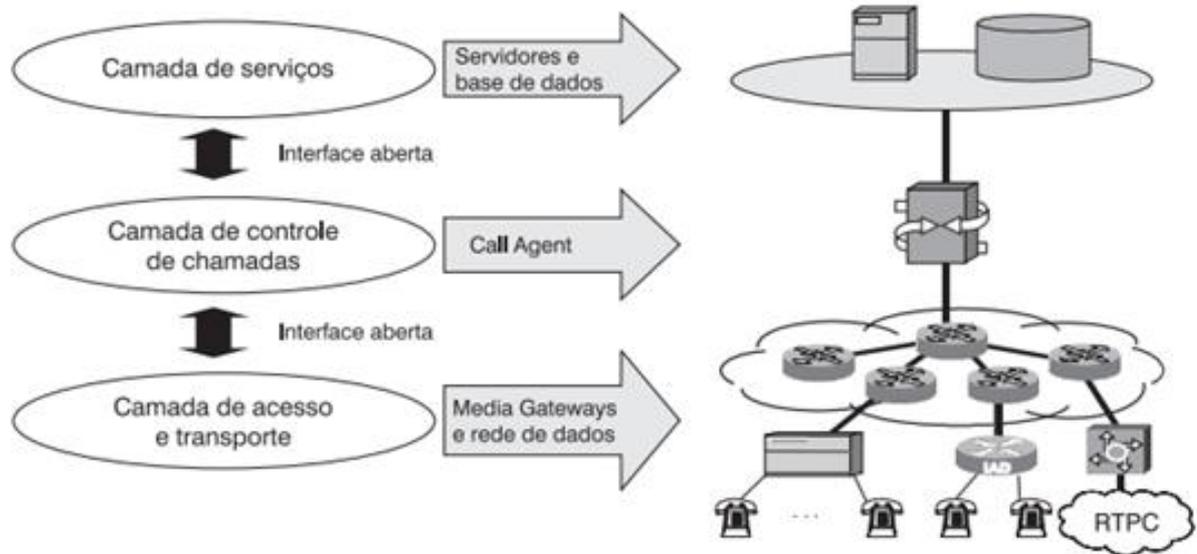
## 6.7 REDES CONVERGENTES

Uma abordagem bastante empregada na literatura modela as redes convergentes em três camadas, conforme ilustrado a seguir na Figura 6. Essas camadas se comunicam através de interfaces abertas e padronizadas, que proporcionam flexibilidade à rede e garantem interoperabilidade entre equipamentos e sistemas de diversos fornecedores. A camada de acesso e transporte contém os elementos que compõem a infraestrutura (*backbone* IP) da rede convergente, como os *switches* e roteadores, além dos *media gateways*, responsáveis por prover as interfaces de acesso à rede convergente e pela codificação e *packetization* dos sinais de voz. Os *media gateways* são frequentemente classificados como:

- *Residential gateways*, que são os equipamentos que provêm a interface da rede convergente com aparelhos telefônicos convencionais através de interfaces analógicas a dois fios.
- *Enterprise gateways*, que são os equipamentos que provêm a interface da rede convergente com PABX digitais, que significa Troca Automática de Ramais Privados (do original *Private Automatic Branch Exchange*), através de enlaces E1, utilizando principalmente sinalização R2 Digital.
- *Trunking gateways*, que são os equipamentos que provêm a interface da rede convergente com a Rede de Telefonia Pública Comutada (RTPC) através de enlaces E1, utilizando principalmente sinalização por canal comum SS7.

A camada de controle de chamadas é responsável pelo estabelecimento, tarifação, supervisão e liberação de todas as chamadas que trafegam pela rede convergente, por meio do controle dos *media gateways* via protocolos padronizados. O elemento de rede que desempenha essas funções é denominado genericamente *callagent*, que pode ser um *softswitch*, *media gateway controller* ou SIP (Protocolo de Inicialização de Sessão) *Server*. A camada de serviços é constituída por servidores e bases de dados que controlam a lógica de execução dos serviços oferecidos aos usuários atendidos pela rede convergente. O desenvolvimento de novos serviços segundo esse modelo se resume à introdução de novas aplicações nesses servidores. Por isso, a implantação de novos serviços nessas redes é

considerada mais ágil, flexível e abrangente do que nas redes telefônicas convencionais (ROCHA, 2005).



**Figura 6 - Modelo de Rede Convergente I**  
**Fonte: Rocha (2005).**

A Figura 7, mais abaixo, ilustra uma topologia típica de rede convergente baseada em protocolo IP onde o controle de chamadas é centralizado em um ou mais *softswitches*. Nessa topologia, os *residential* e *enterprise gateways* realizam as funções tradicionalmente desempenhadas pelas centrais telefônicas locais, tornando disponíveis o serviço de voz a assinantes, telefones públicos e centrais privadas (PABX) conectados a suas interfaces de acesso. Internamente, os sinais de voz provenientes dessas interfaces são codificados e encapsulados em pacotes RTP, que são então enviados ao *backbone* IP a partir de uma solução de transmissão adequada. Para interconexão da rede convergente com a RTPC, possibilitando que assinantes atendidos através de *residential* e *enterprise gateways* estabeleçam chamadas com assinantes atendidos pelas centrais telefônicas da RTPC, devem ser introduzidos na rede os *trunking gateways*, que passam a desempenhar, nesse caso, o papel das centrais trânsito na interconexão com outras redes. A operadora pode adotar a estratégia de vários pontos de interconexão, utilizando vários *trunking gateways* de menor capacidade ou um número reduzido de pontos de interconexão, concentrando *trunking gateways* de maior porte em poucas localidades. Em ambos

os casos, a sinalização com a RTPC pode ser provida diretamente pelo *softswitch* através de rotas de sinalização de canal comum SS7 (modo quase-associado) com os pontos de transferência (PTS) da rede de sinalização (ROCHA, 2005).

Para o estabelecimento das chamadas envolvendo os diversos *media gateways* da rede, utilizam-se protocolos de sinalização que também são transportados pelo *backbone* IP em conjunto com o tráfego de voz. Os mais comuns são o MGCP, H.248, H.323 e SIP. Por meio desses protocolos, o *softswitch* cria, modifica e libera conexões entre as interfaces dos diversos *media gateways*, possibilitando a transmissão de pacotes RTP entre eles e tornando disponível, assim, o serviço telefônico aos usuários da rede. No caso dos *residential gateways*, o *softswitch* adicionalmente os instrui a detectar e informar sobre determinados eventos (tais como telefone fora do gancho, tom de modem ou fax etc.) e aplicar determinados sinais a suas interfaces (tais como tom de ocupado, tom de controle de chamada, corrente de toque etc.) para que o serviço telefônico da rede convergente seja efetivamente transparente para o usuário em relação ao serviço da rede tradicional (ROCHA, 2005).

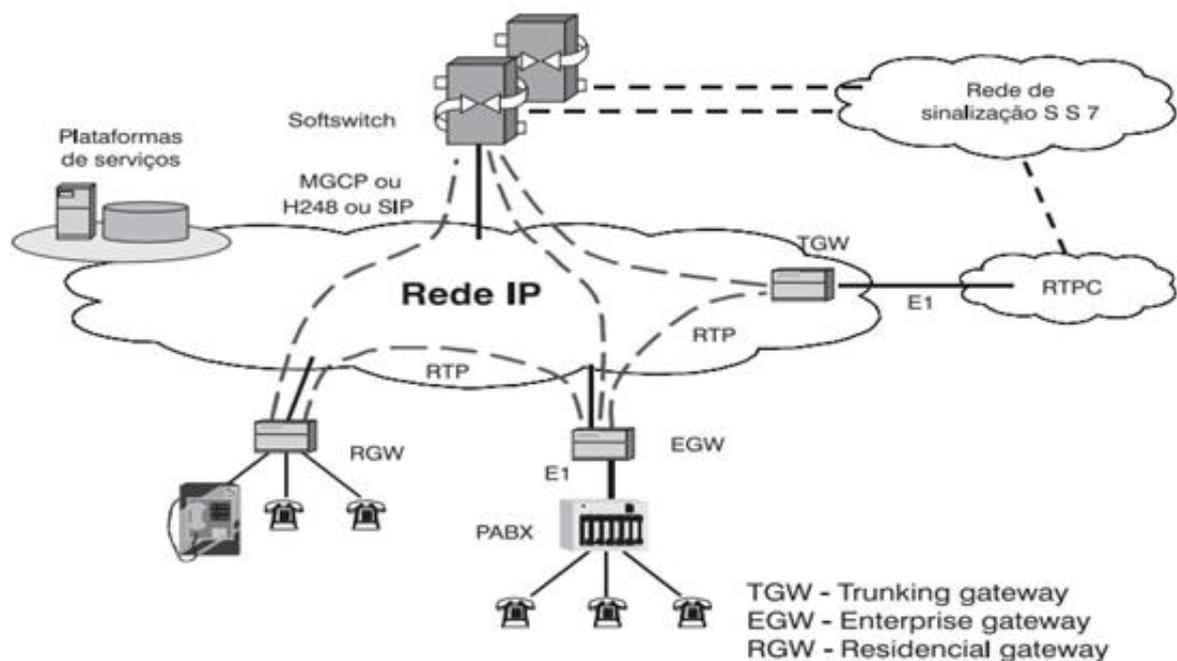
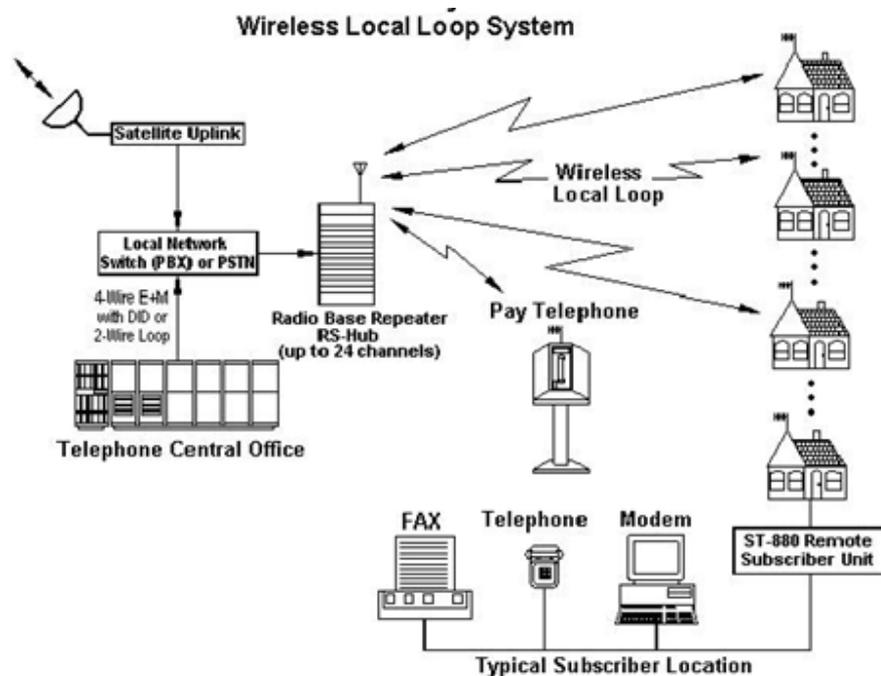


Figura 7 - Modelo de Rede Convergente II  
Fonte: Rocha (2005).

Para que possamos entender um pouco mais sobre o aquecimento dos armários, vamos lembrar um pouco dos conceitos básicos de calor e também refrigeração.

## 7 TOPOLOGIAS UTILIZADAS PELA EMPRESA

No início de sua atuação no Brasil a empresa inovou com um acesso ao serviço de voz via rádio a seus clientes, a tecnologia utilizada foi o *Wireless Local Loop* ou mais conhecido como WLL (Figura 8), a forma simples com que o serviço é oferecido aos clientes possibilitou atingir lugares distantes, fora dos grandes centros antes não atendidos devido ao grande investimento e o pouco retorno que isso traria.



**Figura 8 - Wireless Local Loop (WLL)**  
**Fonte: Santos (2013).**

Com o WLL a empresa conseguiu uma visibilidade grande no mercado e um aumento de clientes em sua planta de forma exponencial, com o crescimento da planta e a solicitação de cada vez mais serviços se deparou em uma divisão de águas, ampliar sua rede já saturada de antenas WLL ou investir em uma tecnologia já muito usado pelos concorrentes, atendendo seus clientes via cabo de cobre.

No entanto tal aplicação tornaria um grande passo, pois o investimento seria enorme, foi então a decisão de optar pelo plano mais rápido e menos custosa, a

topologia de grandes centrais e armários de distribuição conforme a figura 9, os elementos de rede envolvidos para o funcionamento são:

- Rede SW: Central TDM;
- Rede de dados: Servidor B-RAS;
- *Headend* (HE);
- DG: Distribuidor Geral;
- Usuário.

### 7.1 CENTRAL TDM

A Central TDM (Multiplexação por Divisão de Tempo) tem a função de realizar a comutação dos circuitos de voz. Para conexão até o DSLAM, a central TDM utiliza interface V5.2, através do enlace físico E1, com capacidade para 30 canais simultaneamente por E1. Esses links E1s são conectados ao *headend* por um par de cabos coaxial – um cabo utilizado para transmissão (TX) e outro para recepção (RX). Dessa forma, são os responsáveis por direcionar as chamadas e/ou solicitações de serviços para os outros equipamentos da rede. Abaixo na Figura 9 podemos observar uma central TDM.



**Figura 9 - Central TDM Nortel**  
**Fonte: Autoria própria.**

## 7.2 SERVIDOR B-RAS

O *Broadband Remote Access Server* (B-RAS) é um servidor responsável pela conexão e desconexão dos usuários, além de adicionar serviços como *firewall* e filtros de bloqueio e limitação de banda. Provê o serviço de navegação dos clientes a internet como um todo como sua autenticação a rede da operadora. Abaixo, na Figura 10, um servidor B-BRAS.



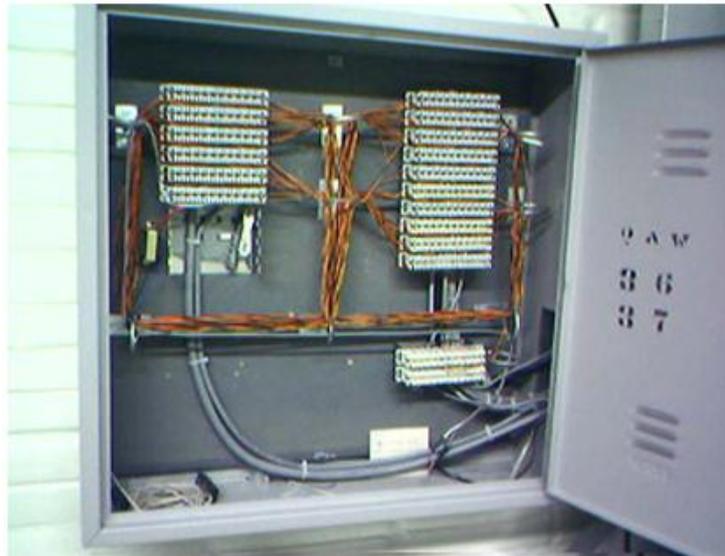
**Figura 10 - Servidor B-BRAS Juniper**  
Fonte: Autoria própria.

## 7.3 HEADEND (HE) OU TERMINAL DE REDE ÓPTICA

O *Headend* é um agregador de sistemas ópticos com alta capacidade para serviços de VOZ e *Ethernet*, com um  $\lambda$  em 1550 nm (*lasers* de bombeio), utilizado no fornecimento de serviços de infraestrutura óptica, é muito utilizado em redes metropolitanas com capacidade até de 100 Gbit/s. O *headend* recebe os sinais, ajusta-os, melhora sua definição, decodifica-os e depois transmite ao usuário através da rede óptica.

## 7.4 DISTRIBUIÇÃO GERAL (DG)

Os distribuidores de telefonia é parte do sistema que interliga a central local com o aparelho telefônico. Além da voz, é usada também para comunicação de dados. Atualmente, a rede é formada em sua maior parte por cabos de pares metálicos que se originam da CCC (Central de Controle e Comutação) ou de um CL (Central Local) e ramificam-se através de distribuidores até chegar ao assinante. Abaixo, na Figura 11, imagem de um DG.



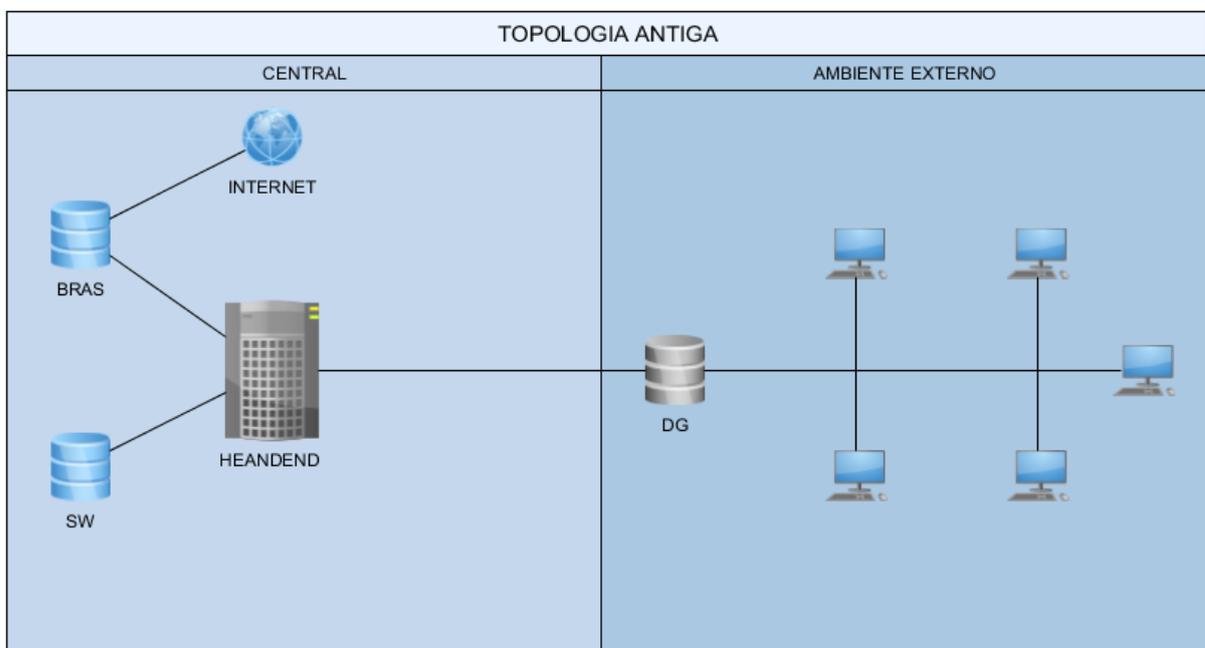
**Figura 11 - Exemplo de um Distribuidor Geral (DG)**  
Fonte: Autoria própria.

## 7.5 USUÁRIO

O usuário ou cliente como chamado pelas operadoras de telecomunicações é onde todos os serviços são utilizados, seja ele um cliente comercial ou residencial. Normalmente o mesmo tem três equipamentos básicos para um correto funcionamento de todo o sistema, o filtro de linha onde será separado o sinal de dados e voz, aparelho de telefone analógico ou digital e o computador para utilização do serviço de dados, podendo ser essa topologia diferente variando de cliente para cliente.

## 7.6 A TOPOLOGIA DA REDE

Conforme a Figura 12 abaixo, a topologia para atender aos clientes era simples e de fácil aplicação em campo, os investimentos eram pequenos em vista do grande atendimento que a topologia apresentava e o Distribuidor Geral (DG) era capaz de atender centenas e até milhares de clientes.

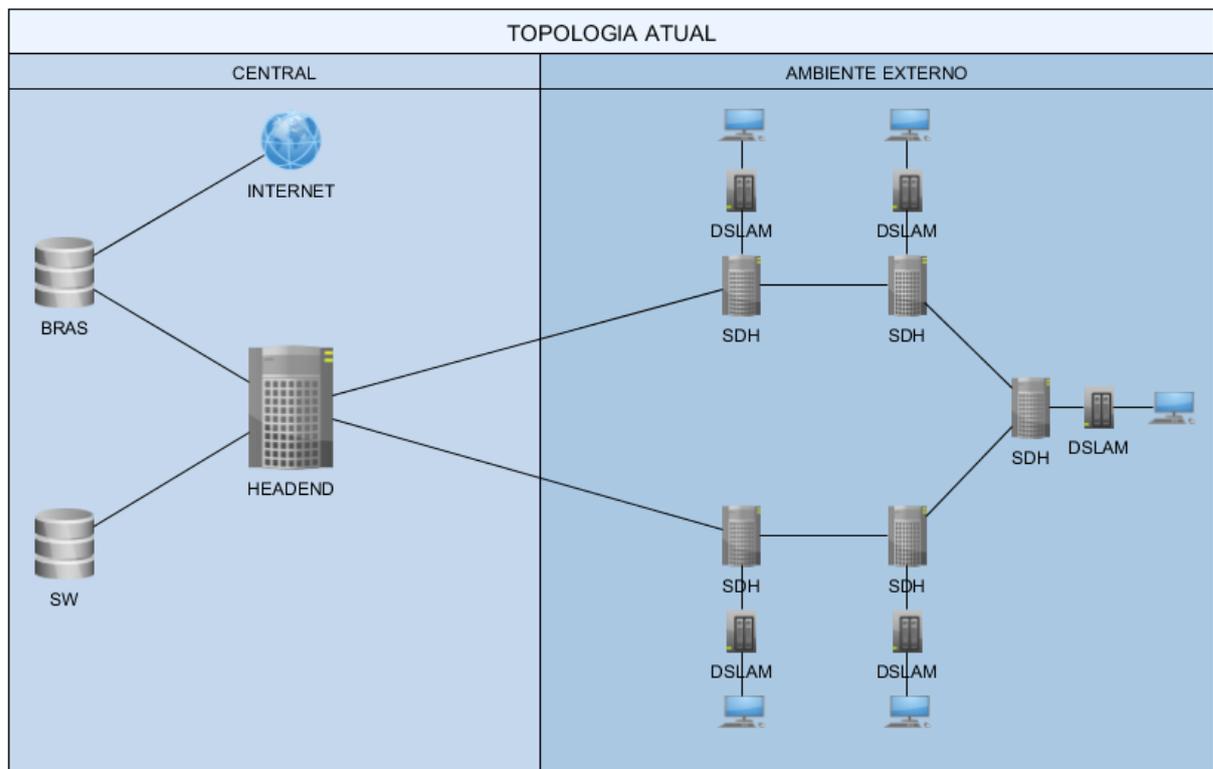


**Figura 12 - Topologia antiga utilizada**  
**Fonte: Autoria própria.**

A rede também tinha seus problemas, devido o alcance dos equipamentos na época, o DG não podia ser muito longe das centrais e limitava-se a alguns serviços para os clientes como não atender altas velocidades de internet, devido a esse último não se suportou a topologia por muito tempo, logo foi necessário levar os equipamentos próximos aos clientes através dos armários de rua, onde nele podia-se se colocar todos os itens necessários para atender qualquer tipo de serviço e velocidades de internet solicitados.

Já abaixo na Figura 13, nos traz a topologia atualmente utilizada nas operadoras mais eficientes do mundo. Nesse novo modelo de rede, alguns itens foram adicionados à topologia anteriormente utilizada, são eles:

- SDH-ADM;
- DSLAM;
- REDE METÁLICA;
- REDE OPTICA.



**Figura 13 - Topologia utilizada em 2013**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 7.7 SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY (SDH-ADM)

O *Synchronous Digital Hierarchy – Add and Drop Multiplex* (SDH-ADM) é um multiplexador de sinais que entrega serviços de Ethernet de nova geração, assim como tráfego de VOZ (E1).

Instalados na rede metropolitana em forma de anel para garantir assim redundância do serviço em caso de rompimento de fibra, mas havendo diversas

formas de ligações como estrela, ponto a ponto. O SDH tem capacidades diversas dependendo de seu fabricante chegando a 100Gbit/s de capacidade, com sistema óptico de 980 a 1550 nm (lasers de bombeio), o que permite uma infraestrutura para acesso a Internet e conectividade LAN e ao mesmo tempo fornece suporte para o tráfego de voz, por meio de links de E1.

Abaixo, a Figura 14 mostra um equipamento de SDH da empresa Corporação Eletrônica de Israel (ECI) com capacidades diversas:

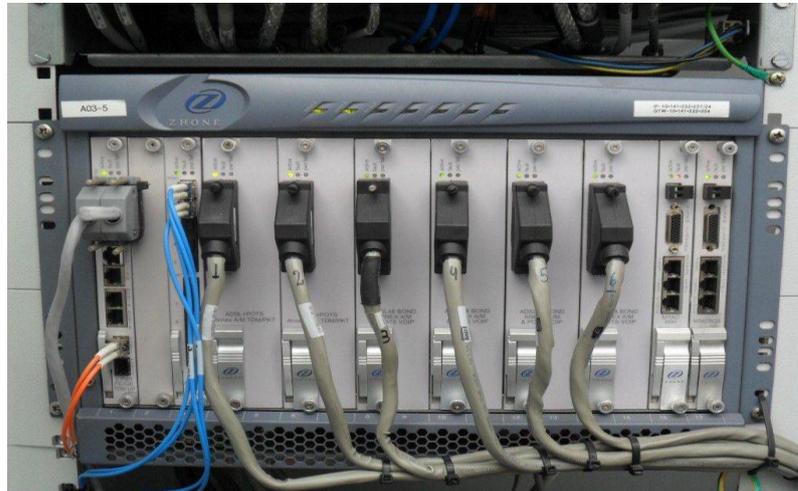


**Figura 14 - SDH's do fabricante ECI**  
Fonte: Corporação Eletrônica de Israel (ECI, 2013).

### **7.8 DIGITAL SUBSCRIBER LINE ACCESS MULTIPLEXER (DSLAM)**

O DSLAM, exemplificado na Figura 15, é o equipamento de acesso da rede e tem a função de concentrar o tráfego de voz e dados e distribuí-los para os

usuários, de acordo com suas respectivas Redes Virtuais Locais (VLANs, do original *Virtual Local Area Networks*) de serviços.



**Figura 15 - Visão Geral de um DSLAM**  
Fonte: A autoria própria.

## 7.9 REDE METÁLICA

A rede metálica pode ser aérea (via postes de energia) e subterrânea (passando por galerias adequadas). É formada pelos cabos de pares de cobre que interligam o DSLAM à localidade do cliente.

## 7.10 REDE ÓPTICA

Constituídas de cabos de fibras ópticas, podem ser aéreas (utilizando passagens for postes de energia), subterrânea (utilizando galerias adequadas) ou submarinos (passando pelo mar). É utilizada nas redes públicas de telecomunicação tanto para redes de longa distância quanto para rede local. São utilizadas para suportar todo tráfego de dados, voz e imagem. Permitem altos volumes de tráfego.

Com as mudanças realizadas na topologia hoje utilizada, foi capaz de atender à demanda do mercado atingindo altas velocidades, com anéis de 2,5Ghz e

interface com os DSLAM de 1Ghz foi possível oferecer serviço de qualidade e com isso a satisfação do clientes, além do alto índice de disponibilidade na rede chegando a quase 100% devido a sua estratégia de ligação em anel e os SDH realizando a proteção do serviços e com seus protocolos de comutação de trafego de milissegundos, imperceptível para os clientes.

Todo esse ganho trouxe alguns problemas, com a demanda em levar os equipamentos próximos aos clientes, necessitou-se criar toda uma estrutura para isso, o que era antes simples com o DG onde não se necessitava nem ao menos energia, agora a estrutura demandava muito mais. Buscando uma solução de baixo custo a iniciou o desenvolvimento e instalação de armários de rua, esses armários seriam capazes de armazenar todos os equipamentos com segurança e ainda ter excelente infraestrutura de energia e dissipação de calor, pois em um país tropical é quase que impossível não ter temperaturas cada vez mais elevadas no ambiente externo do armário o que comprometeria muito a vida útil dos equipamentos e seu funcionamento normal.

## 8 ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO

Devido ao aumento do processamento de informações nos equipamentos de telecomunicações, houve um crescimento no consumo de energia e consequentemente de dissipação térmica gerada por esses equipamentos.

O armário havia sido projetado para uma determinada quantidade de assinantes, porém o desenvolvimento de novas tecnologias aumentou essa capacidade. Inicialmente na empresa estudada, a capacidade do armário era de 480 assinantes de voz e 60 de ADSL, atualmente o armário comporta 1400 assinantes de voz e dados ao mesmo tempo (chamado de combo – palavra inglesa abreviada de *combination*, que em português significa combinação).

Para suportar essa evolução, a estrutura do armário teve que evoluir. A capacidade de dissipar o calor teve que aumentar consideravelmente, pois os problemas de alta temperatura interna nos armários estavam sendo frequentes. As consequências eram o aumento do custo de O&M, danos causados nas placas dos equipamentos de acesso e transmissão, e o excesso de deslocamentos técnicos onde se gasta muito com combustível, automóveis e principalmente a hora técnica.

O estudo de caso demonstra as soluções adotadas ao decorrer do tempo de vida da empresa detalhando as diferentes soluções e mostrando as vantagens e desvantagens de cada uma. Também apresenta um comparativo quanto ao custo-benefício das soluções.

### 8.1 TROCADOR DE CALOR AR-AR

Solução de climatização utilizada nos primeiros armários da empresa, iniciando em 2000 e única solução utilizada até o ano de 2005. Possui baixo custo de implementação e baixo custo de manutenção pois não é necessário trocar peças, somente limpezas periódicas no sistema.

As características do trocador de calor ar-ar, segundo Kitframe, 2013, são:

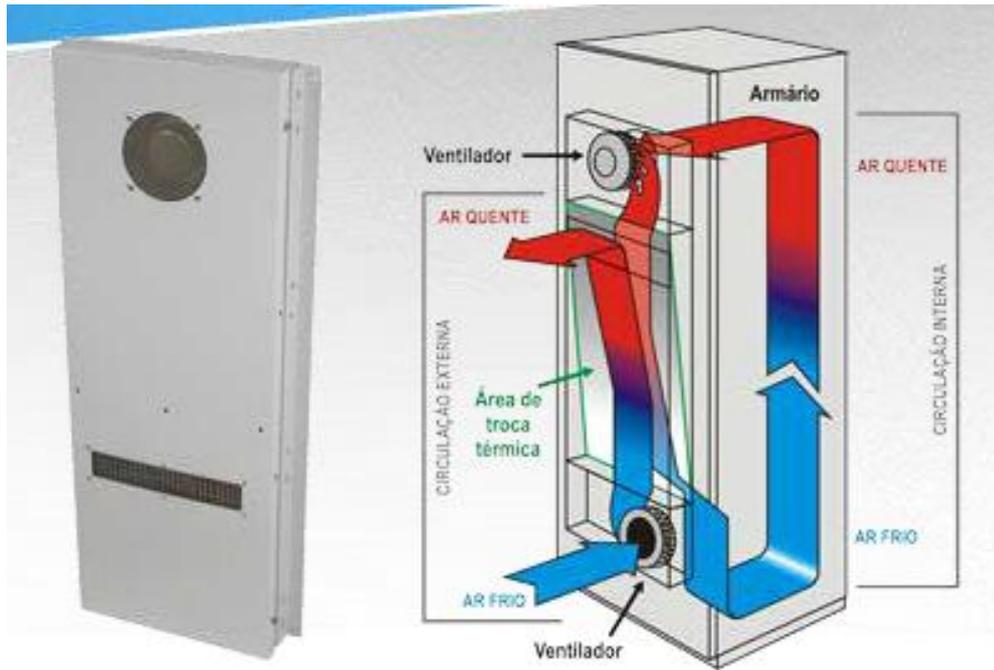
- Projetados tanto para painéis elétricos como gabinetes de telecomunicações;

- Aplicações *indoor* ou *outdoor*;
- Alimentação elétrica corrente alternada ou contínua;
- Capacidades de troca térmica de 20 a 250 W/K;
- Removem o calor gerado dentro do gabinete ou painel;
- Estabelecem um diferencial de temperatura em relação ao ambiente externo;
- Alto grau de proteção mecânica;
- Ambiente interno totalmente protegido do ambiente externo;
- Bloco de dissipação de alumínio, removível, facilitando a limpeza do trocador;
- Relação custo/benefício incomparável;
- Fácil manutenção.

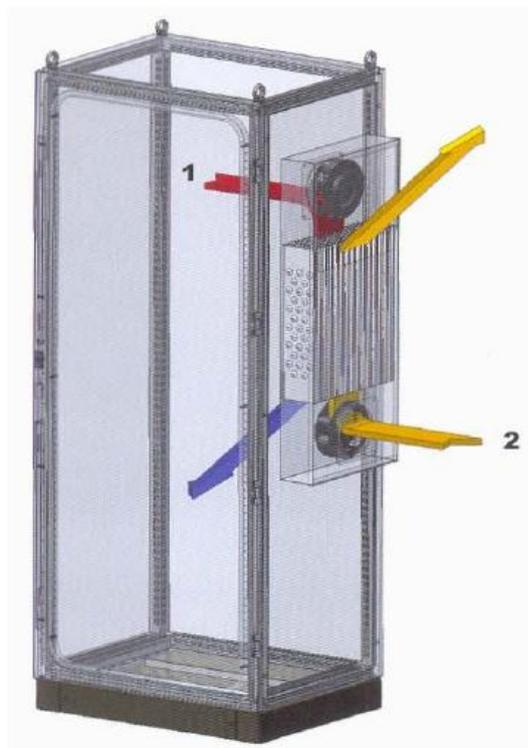
Nessa solução, não existe a renovação do ar interno com o externo, o resfriamento do ar interno é feito pelo sistema de troca de calor localizado nas portas dos equipamentos onde os ventiladores fazem o ar circular e uma área de troca térmica faz o resfriamento do ar. Uma vantagem é que sem a captação do ar externo também não temos a incidência de poeira e outras impurezas. Sua capacidade de dissipação é de 2000W, sendo 1000W por sistema localizado na porta do equipamento (o armário possui 2 portas frontais). O que equivale a vários equipamentos juntos que consomem até 46A de corrente contínua.

Com capacidade de troca térmica na faixa de 20 a 250 W/K com alimentação elétrica AC ou DC. Os trocadores de Calor ar/ar são projetados para remover o calor gerado dentro do armário, estabelecendo um diferencial de temperatura com o ambiente externo (normalmente de 6 a 12°). Seu funcionamento se baseia na troca térmica entre fluxos opostos separados por placas de alumínio e montadas em um bloco de dissipação (KITFRAME, 2013).

O bloco de dissipação é fabricado em placas de alumínio montadas com espaçadores e tirantes de fixação. Sua construção cria canais para os fluxos de ar interno e externo em direções opostas. Como os fluxos de ar não se misturam, a selagem do painel não se vê afetada e o grau de proteção elétrico é preservado. O bloco de dissipação é removível, facilitando a limpeza periódica do mesmo. As Figuras 16 e 17 demonstram o princípio básico de seu funcionamento.



**Figura 16 - Trocador de Calor Ar-Ar – Fluxo de ar**  
**Fonte: Adaptado de Nilko (2013).**



**Figura 17 - Trocador de Calor Ar-Ar**  
**Fonte: Adaptado de Kitframe (2013).**

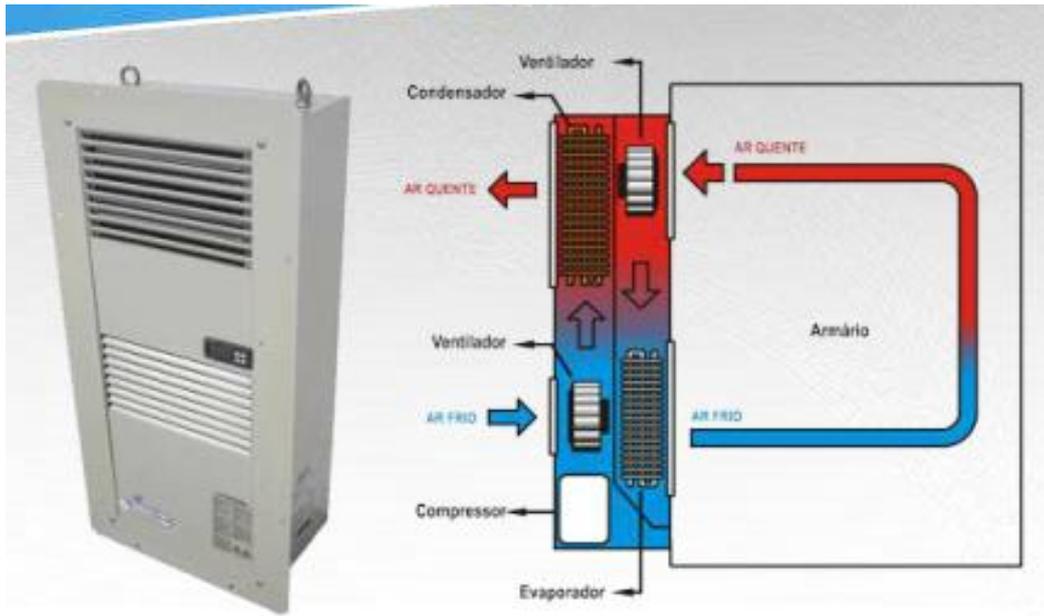
## 8.2 AR CONDICIONADO

Solução adotada a partir do ano de 2005, onde os equipamentos de acesso tiveram um desenvolvimento rápido e um aumento de velocidades no ADSL. Na época eram constantes os alarmes de temperatura alta e os danos em placas eram corriqueiros. Possui um custo elevado de implementação e de manutenção com o passar do tempo.

Propicia um controle mais preciso e estável da temperatura dos equipamentos e tem as seguintes características (CARTHOM'S, 2013):

- *Design* compacto com sistema de evaporação de água condensada, defletor de ar interno, *display* digital, veneziana frontal em plástico injetado e montagem externa ao armário de forma semi-embutida;
- Possui controlador de temperatura com precisão de uma casa decimal e retardo no tempo de acionamento do compressor (2,5 minutos) que evita partidas consecutivas, diminuindo o consumo de energia e aumentando a vida útil do condicionador de ar;
- Admite uma temperatura externa de 20° a 50°;
- Seu filtro de ar é de polietileno expandido com uma área de vazão maior do que a necessária para uma menor frequência de trocas;
- Possui um defletor de ar na saída do ar frio, melhorando a circulação de ar no interior do armário.

Sua capacidade de dissipação é de até 3500W, o que equivale a equipamentos consumindo até 65A de corrente contínua. Seu principal diferencial é o controle da temperatura interna e a capacidade de manter um delta muito maior com relação à temperatura externa. A Figura 18 demonstra o princípio básico de seu funcionamento.

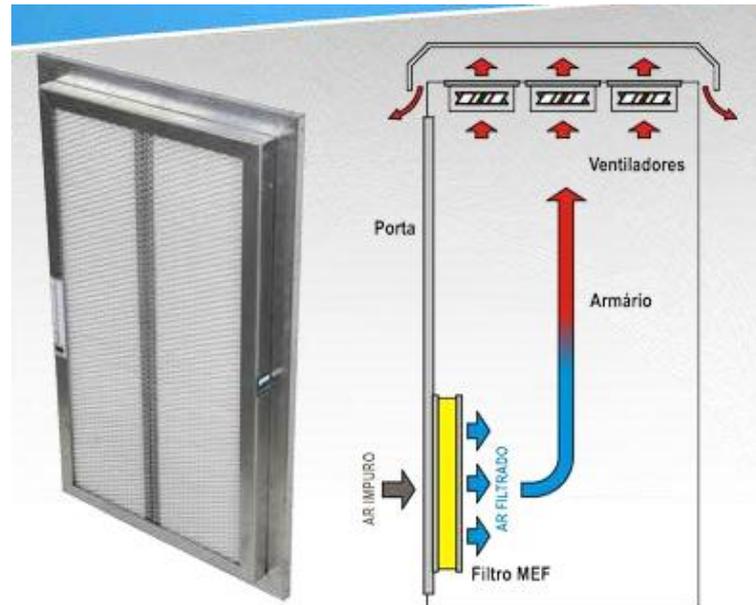


**Figura 18 - Ar Condicionado fixado na porta do equipamento**  
**Fonte: Adaptado de Nilko (2013).**

### 8.3 FILTRO DE MEMBRANA

Solução inovadora desenvolvida no ano de 2008. A empresa em conjunto com seu fabricante de armários e a empresa norte-americana detentora da tecnologia do filtro de membrana de alta capacidade, desenvolveu a solução de refrigeração utilizando o filtro de alta capacidade e a exaustão do ar quente com uma ventilação 'forçada'.

A Figura 19 demonstra o funcionamento básico da solução que rapidamente consegue 'retirar' o ar quente do ambiente do armário, proporcionando um fluxo de ar constante através de Seus ventiladores no teto do armário.



**Figura 19 - Filtro de Membrana**  
**Fonte: Adaptado de Nilko (2013).**

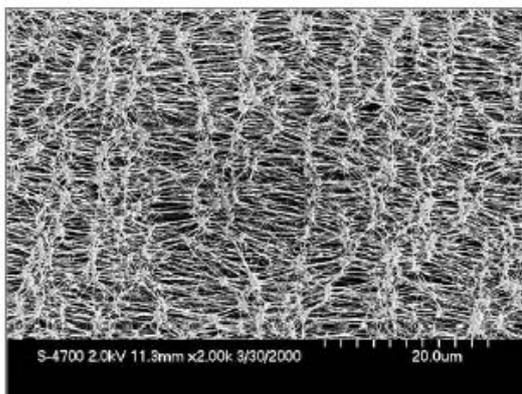
A membrana utilizada para a produção do filtro possui características únicas e são produzidas com alta tecnologia (a mesma utilizada em roupas e equipamentos da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA, do original *National Aeronautics and Space Administration*). Ela foi desenvolvida para ambientes e condições climáticas extremas, comprovadamente testada para a retenção de água, poeira, pólen, poluição industrial e de combustão.

O filtro é produzido com uma combinação de membranas com a tecnologia ePTFE, uma variação do PTFE (politetrafluoretileno, conhecido mundialmente pelo nome de teflon) desenvolvida pela empresa Gore. O criador da membrana descobriu que se expandindo o PTFE nas condições certas, cria-se um material muito resistente e microporoso. O resultado disso é o ePTFE que apresenta uma série de características (GORE, 2013):

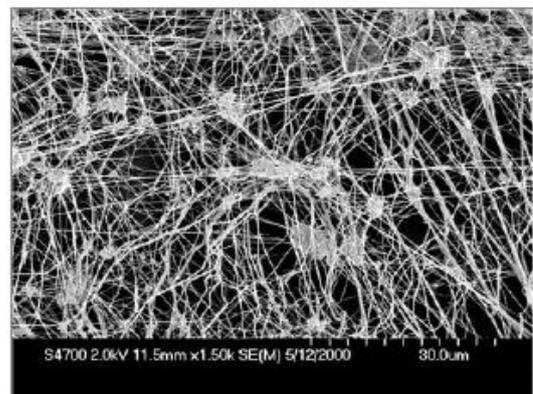
- Alta resistência térmica;
- Alta resistência química;
- Elevada resistência a peso;
- Baixa absorção de água;
- Baixo coeficiente de atrito.

Com tudo isso, o filtro fornece um fluxo de ar superior e uma resistência a líquidos e resíduos para ambientes com ventilação forçada.

Em resumo, quando integrados em uma embalagem, o ePTFE permite a liberação de gases, sem deixar qualquer líquido ou resíduo penetrar a membrana de ventilação. Membranas comuns são obstruídas rapidamente, impedindo o fluxo de ar. A Figura 20 mostra o diferencial do filtro de ePTFE, onde a membrana ‘apertada’ é a utilizada no filtro dos armários, e ela permite a passagem do ar impedindo a passagem de qualquer micro partícula.



**Membrana “Apertada” ou  
“Fechada”**



**Membrane Aberta**

**Figura 20 - Tipos de membrana de Eptfe  
Fonte: Adaptado de Gore (2013).**

A membrana de Politetrafluoretileno (PTFE) repele a água e os agentes contaminantes, permitindo que o ar permeie pela respectiva estrutura microporosa (Figura 21).



**Figura 21 – Membrana  
Fonte: Adaptado de Gore (2013).**

## 9 ANÁLISE COMPARATIVA

O Quadro 1 faz uma comparação das soluções estudadas no projeto indicando os pontos fortes e fracos de cada solução.

| Item                     | Trocador de Calor   | Ar Condicionado   | Filtro GORE   |
|--------------------------|---|---|---|
| Ano Início               | 2000  | 2005  | 2008  |
| Capacidade de dissipação |    |    |    |
| Nível de ruído           |    |    |    |
| Consumo de AC            |   |   |   |
| Custo da Solução         |  |  |  |
| Vida Útil                |  |  |  |
| Frequência Manutenção    |  |  |  |
| Custo/Benefício          |  |  |  |
| Eficácia                 |  |  |  |

**Quadro 1 – Comparação das soluções propostas**  
**Fonte: Autoria própria**

Legenda:



- Atende satisfatoriamente



- Atende de forma regular ou parcial



- Atende de forma insatisfatória

## 9.1 DESCRIÇÃO DOS ITENS

Descrição dos pontos utilizados na comparação:

- **Ano início:** Ordem cronológica do surgimento e implantação decada tipo de solução:
  - Trocador de Calor: Juntamente com a fundação da empresa em 2000, os armários adquiridos utilizavam o sistema de trocador de calor ar-ar. Nessa época era a melhor solução existente e com um excelente custo-benefício. Durante 4 anos foram adquiridos 796 armários com essa característica.
  - Ar Condicionado: No ano de 2005 surgiram as soluções de ar condicionado nos armários outdoor, e embora com um custo maior veio solucionar o problema dos armários mais críticos. Foram adquiridos 541 armários nessa configuração.
  - Filtro de Membrana: Surgiu em meados do ano 2008 e a partir de sua homologação na empresa tornou-se a única solução adquirida. Foram adquiridos mais de 3000 armários com essa configuração.
  
- **Capacidade de dissipação:** Analisando os 3 tipos de armários que temos quanto à sua climatização, foi feito um comparativo entre as suas capacidades de dissipação de calor (medido em *Watts*), e para esclarecer melhor foi feita uma associação com os equipamentos que podem ser instalados dentro desse armário (tendo por base seu consumo de corrente contínua em *Ampères*).
  - Trocador de calor: Possui capacidade de dissipação total de 2500W, o que permite climatizar equipamentos que consomem juntos até 46A de corrente contínua. Até 2004, o armário continha dois equipamentos de acesso que proviam somente voz e consumiam 6A cada, um equipamento que fornecia o acesso de dados e consumia 15A (o DSLAM) e também um equipamento de transmissão que consumia 5A. Ou seja, 32A de consumo total, estando dentro das possibilidades de climatização do trocador de calor. A partir de 2005, foi adicionado mais um DSLAM ao

*layout* dos armários ficando com o consumo padrão de 47A, o que já tornava insatisfatório a climatização por trocador de calor.

- Ar Condicionado: Possui capacidade de dissipação total de 3500W, o que permite climatizar equipamentos que consomem juntos até 64A de corrente contínua. Continuando a evolução do trocador de calor, que em 2004 começou a se tornar insuficiente com o consumo de 47A, em 2005 foram implantados os primeiros armários com ar condicionado, atendendo satisfatoriamente a condição da época. Porém com a evolução dos equipamentos de telecomunicações, e o desenvolvimento dos DSLAM COMBO (modulação de voz e dados em um só equipamento) em 2007, tivemos um aumento considerável da dissipação de calor dos equipamentos. O DSLAM passou agora a consumir 28A e, em 2008, metade dos armários da planta passaram a ter a seguinte configuração: um equipamento de transmissão (consumo de 5A), um equipamento de voz (consumo de 6A) e três equipamentos DSLAM COMBO (consumindo 28A cada), totalizando 95A. Diante desse novo cenário, o ar condicionado passa a ser também insatisfatório em metade dos armários da planta.
- Filtro de Membrana: Possui capacidade de dissipação total de 5400W, o que permite climatizar equipamentos que consomem juntos até 100A de corrente contínua. Existe ainda a possibilidade futura que permite aumentar essa capacidade de dissipação, com um maior fluxo do ar forçado (isso implica em diminuição da vida útil do filtro), mas esse é um caso para estudos posteriores. Portanto a climatização que utiliza os filtros de membrana atende satisfatoriamente a todos os casos da empresa.
- **Custo da solução**: Para a análise de custos das soluções, foram considerados itens fundamentais e característicos de cada tipo de armário. Itens sem os quais a solução de climatização se torne inviável:
  - Trocador de calor: Para o correto funcionamento, esse sistema necessita de duas portas frontais do armário, um trocador de calor em cada porta, quatro ventiladores (também conhecidos como fan), sendo que são utilizadas duas em cada porta frontal do armário, e em conjunto com os ventiladores, é necessária uma placa de controle das rotações dos

mesmos, que de acordo com a temperatura interna do armário coordena a velocidade (geralmente existem 4 níveis de rotação). O resultado é um menor ruído e também um desgaste menor dos ventiladores, pois em horários e pouco calor externo eles tendem a funcionar nas menores rotações.

- Ar Condicionado: Para esse sistema foram consideradas as duas portas e os dois equipamentos de ar condicionado. Nesse caso, não são necessários ventiladores extras ou a placa de controle pois o ambiente interno deve ficar confinado para um melhor controle de temperatura. Também se deve considerar que o equipamento de ar condicionado possui controle
- Filtro de Membrana: Foram considerados os itens fundamentais da solução, dentre eles as duas portas frontais, placa de controle de ventiladores, quatro ventiladores e 2 filtros de membrana de alto desempenho.

As Tabelas 1, 2 e 3 mostram o levantamento dos custos de cada tipo de solução, levando em conta os itens indispensáveis para a solução de climatização somente.

**Tabela 1 – Custos da solução com trocador de calor**

| <b>Itens pertencentes ao Kit do Trocador de Calor</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Valor Unitário</b> | <b>Valor Total</b>  |
|---|-------------------|-----------------------|---------------------|
| Portas  | 2                 | R\$ 598,00            | R\$ 1.196,00        |
| Ventilador  | 4                 | R\$ 280,00            | R\$ 1.120,00        |
| Trocador de Calor                                     | 2                 | R\$ 296,00            | R\$ 592,00          |
| Placa de Controle de Ventilador                       | 1                 | R\$ 460,00            | R\$ 460,00          |
| <b>Total</b>  |                   |                       | <b>R\$ 3.368,00</b> |

**Fonte: Aatoria própria.**

**Tabela 2 – Custos da solução com ar condicionado**

| <b>Itens pertencentes ao Kit do Ar Condicionado</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Valor Unitário</b> | <b>Valor Total</b>   |
|---|-------------------|-----------------------|----------------------|
| Portas  | 2                 | R\$ 598,00            | R\$ 1.196,00         |
| Ar Condicionado                                     | 2                 | R\$ 4.833,00          | R\$ 9.666,00         |
| <b>Total</b>  |                   |                       | <b>R\$ 10.862,00</b> |

**Fonte: Aatoria própria.**

Tabela 3 – Custos da solução com filtro de membrana de ePTFE

| Itens pertencentes ao Kit do Filtro de Membrana | Quantidade | Valor Unitário | Valor Total         |
|---|------------|----------------|---------------------|
| Portas  | 2          | R\$ 822,00     | R\$ 1.644,00        |
| Ventilador                                      | 4          | R\$ 280,00     | R\$ 1.120,00        |
| Filtros de Membrana                             | 2          | R\$ 1.265,00   | R\$ 2.530,00        |
| Placa de Controle de Ventilador                 | 1          | R\$ 460,00     | R\$ 460,00          |
| <b>Total</b>                                    |            |                | <b>R\$ 5.754,00</b> |

Fonte: Aatoria própria.

- **Custo benefício:** O item anterior é uma análise simples em Reais do custo de cada tipo de climatização, nesse item, levando em conta seu custo levantado, analisamos qual o benefício trazido e até que ponto atende às necessidades da empresa:
  - Trocador de calor: Possui um custo baixo, porém não atende em todos os casos, portanto a avaliação é que atende parcialmente.
  - Ar Condicionado: Possui alto custo de aquisição e também não atende em todos os casos da necessidade da empresa, portanto atende de forma insatisfatória.
  - Filtro de Membrana: possui um custo intermediário de aquisição e atende em 100% dos casos de armários da empresa em questão, sua avaliação é que atinge satisfatoriamente aos requisitos.
  
- **Vida útil:** Comparação da vida útil das soluções:
  - Trocador de Calor: Atende de forma satisfatória, pois sua vida útil é de até 15 anos segundo fabricante. Essa longa vida útil é devido à simplicidade do sistema e seus componentes em alumínio, restando apenas os ventiladores para serem substituídos de acordo com a necessidade (vida útil), porém com baixo custo.
  - Ar Condicionado: Atende de forma regular, pois o aparelho de ar condicionado que é o componente principal do sistema, possui uma vida útil (conforme fabricantes do ramo) de 5 anos, e possui um alto custo de reposição.
  - Filtro de membrana: Atende de forma regular, pois segundo o fabricante do filtro o componente de maior valor no sistema, a vida útil é de 3 a 5

anos, sendo que possui um custo médio de reposição ao fim desses prazos. Também temos os ventiladores que possuem um desgaste e necessitam substituição em prazos médios de 3 anos, porém com um baixo custo.

- **Frequência de manutenção preventiva:** Comparação da necessidade de intervenção técnica no local para efetuar manutenções preventivas. A empresa tem como política de manutenções preventivas as revisões trimestrais em todos os armários de sua planta. Levou-se em consideração a necessidade de troca de peças e a complexidade da atividade:
  - Trocador de Calor: Não é necessário técnico especialista em refrigeração. Limpeza simples nos componentes do sistema, é extremamente necessário a limpeza de pequenos filtros externos ao trocador de calor. Não é comum a troca de peças devido à simplicidade do sistema e não apresenta risco de afetar o sistema elétrico do armário durante a atividade. Atende de forma regular.
  - Ar Condicionado: É necessário técnico especialista em refrigeração. Limpeza mais complexa dos componentes do sistema, é importante a revisão dos componentes e medições especiais. É comum a troca de peças devido à complexidade do sistema e pode afetar o sistema elétrico do armário em caso de inabilidade do técnico executor. Atende de forma insatisfatória.
  - Filtro de Membrana: Não é necessário técnico especialista em refrigeração. Limpeza simples nos componentes do sistema, não é recomendada a limpeza dos filtros conforme orientação do fabricante. Devido às propriedades da membrana, mesmo com aparente sujeira externa o filtro mantém suas características por até 5 anos. Não é comum a troca de peças devido à vida útil dos filtros. Somente os ventiladores possuem desgaste e necessitam troca à médio prazo. Atende de forma regular.
- **Risco de falha afetando serviços:** Nesse item, analisamos o risco de ocorrência de falhas e diante dessa falha, qual a possibilidade de se tornar

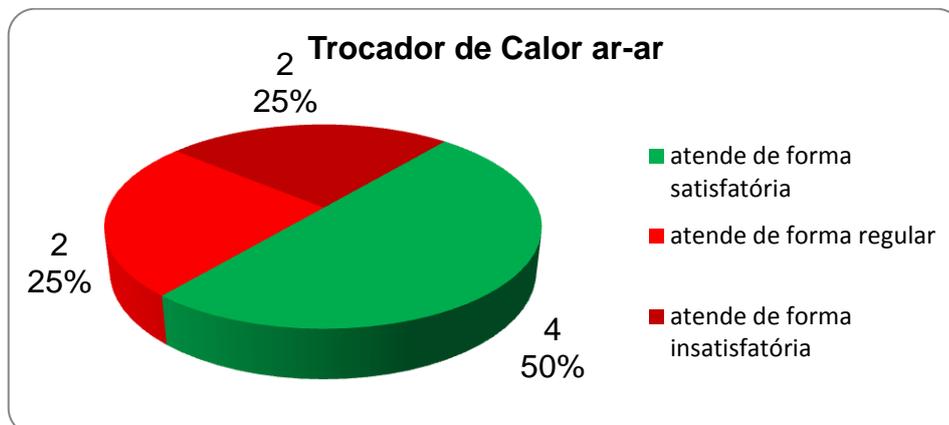
grave a ponto de afetar o funcionamento do armário e conseqüentemente o serviço do assinante:

- Trocador de Calor: Baixo risco de falhas afetando serviços. O sistema possui 4 ventiladores e na falha de algum deles é enviado um alarme ao monitoramento de rede para tratamento da falha minoritária.
  - Ar Condicionado: Risco médio de falhas afetando serviços. O sistema possui dois equipamentos e na falha de um, é enviado um alarme majoritário ao monitoramento da rede para tratamento. Essa falha pode vir a afetar serviço em caso de demora na manutenção local, pois o armário estará funcionando com apenas a metade da sua capacidade de climatização.
  - Filtro de Membrana: Baixo risco de falhas afetando serviços. Conforme comentado no trocador de calor, ele possui 4 ventiladores e em caso de falha em uma das unidades a empresa possui tempo de envio de manutenção local sem risco de parada de serviços dos equipamentos contidos no armário.
- **Consumo de AC**: É um item relevante, pois talvez a diferença seja pequena em um armário somente, mas em um montante de 4.000 armários no final do mês seja uma economia bastante razoável. Foi feita a análise do consumo de energia elétrica dos diferentes tipos de armário e chegou-se no resultado:
    - Trocador de Calor: Atende satisfatoriamente, pois possui um baixo consumo de energia. Somente o consumo dos ventiladores é o que ocorre nesse sistema.
    - Ar Condicionado: Atende insatisfatoriamente, pois possui um alto consumo de energia. Devido ao sistema de compressores de ar condicionado, temos um alto consumo de energia para compensar a eficiência do sistema. Como o sistema fica 24 horas em funcionamento, mesmo com baixo funcionamento em períodos noturnos o consumo é elevado.
    - Filtro de Membrana: Atende satisfatoriamente. Como no trocador de calor, os ventiladores fazem o trabalho de retirada do ar e funcionam 24 horas, porém o consumo é baixo mesmo em altas rotações.

- **Eficácia para a variação de temperatura:** dentre armários da planta que apresentaram de problemas de aquecimento, devido a grande aumento de temperatura média ambiente, foram feitas as seguintes análises:
  - Trocador de Calor: Atende de forma insatisfatória em casos de variações de temperaturas, pois possui limitações de tecnologia. Sua própria propriedade construtiva não permite a dissipação rápida do calor interno do armário.
  - Ar Condicionado: Atende satisfatoriamente, pois sua programação permite que seja atendida uma grande variação na faixa de temperatura. É bastante eficiente e consegue isolar o ambiente interno do externo.
  - Filtro de Membrana: Atende satisfatoriamente, pois o fluxo de ar criado no interior do armário possibilita a retirada rápida do calor excessivo. Estando o filtro em condições ideais é bastante eficiente.

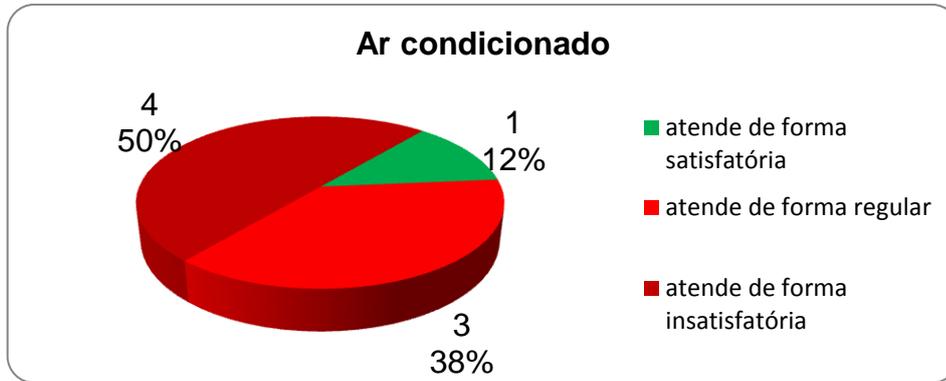
Com base nos tópicos analisados anteriormente quanto às soluções de climatização adotadas pela empresa, foram montados gráficos que mostram o desempenho de cada uma das mesmas.

O Gráfico 1 mostra que 50% dos itens estudados no sistema trocador de calor ar-ar atendem de forma satisfatória, 25% atendem de forma regular ou parcial e 25% atendem de forma insatisfatória.



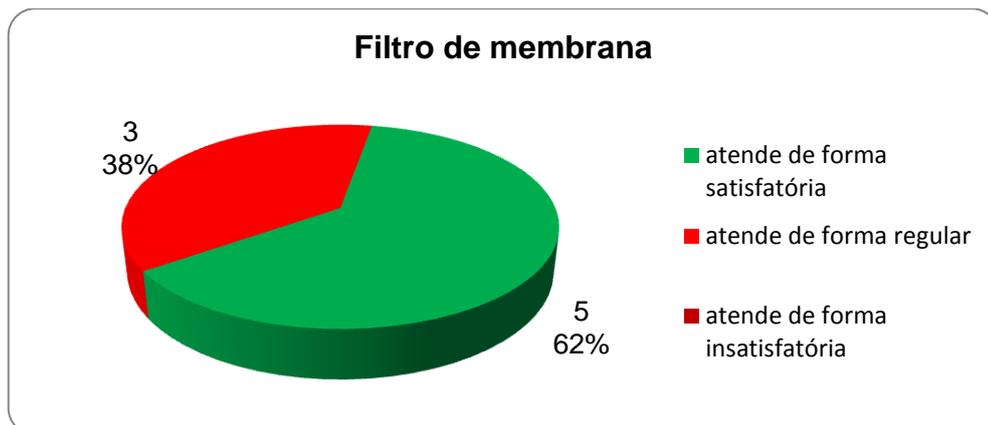
**Gráfico 1 – Resultado da comparação: trocador de calor ar-ar**  
 Fonte: Autoria própria.

O Gráfico 2 demonstra que 12% dos itens estudados no sistema de ar condicionado atendem de forma satisfatória, 38% atendem de forma regular ou parcial e 50% atendem de forma insatisfatória.



**Gráfico 2 – Resultado da comparação: ar condicionado**  
 Fonte: Autoria própria.

O Gráfico 3 constata que 62% dos itens estudados no sistema de filtro de membrana atendem de forma satisfatória, 38% atendem de forma regular ou parcial e nenhum item atende de forma insatisfatória.



**Gráfico 3 – Resultado da comparação: filtro de membrana**  
 Fonte: Autoria própria.

Analisando os gráficos é evidente a vantagem do sistema de filtros de membrana que se mostra muito eficiente e em nenhum requisito deixa de atender às

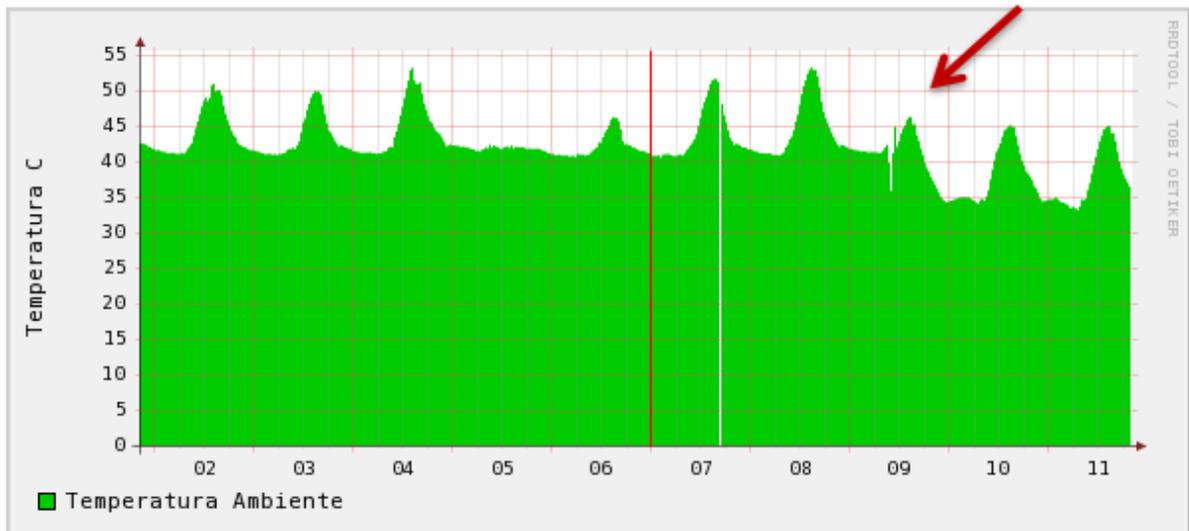
necessidades da empresa. Em um segundo momento, aparentemente o trocador de calor de ar-ar leva vantagem sobre o sistema de ar condicionado, porém a análise gráfica não leva em conta a importância de cada item estudado, o que é fundamental para a escolha do item a ser implantado na prática. O item capacidade de dissipação é um ponto crucial para essa análise final, e se o mesmo não for suficiente para atender às necessidades da demanda já compromete os itens seguintes, fazendo que toda a solução seja insatisfatória na prática.

## 9.2 COMPROVAÇÃO PRÁTICA

Com tantos estudos teóricos e soluções aplicadas em laboratório, a empresa sentiu a necessidade de aplicar a melhor solução encontrada em seus armários já instalados na planta. Os fabricantes de fato já haviam provado a melhor solução para armários novos, porém o que fazer com o legado que apresentava problema era a questão.

Foi então escolhido um armário que apresentava muitos alarmes de alta temperatura, conseqüentemente muitas incidências de falhas de serviço e danos nas placas para passar por um *Retrofit* (termo utilizado para designar o processo de modernização de algum equipamento), ou seja, a partir de um armário antigo, adaptar os novos componentes (principalmente os filtros de membrana) e transformar seu sistema de climatização.

O Gráfico 4 abaixo mostra o acompanhamento da temperatura ambiente pela fonte de corrente contínua do armário em questão. Pode-se constatar que houve uma diminuição aproximada de 8° na temperatura interna do armário no momento da troca do sistema de trocador de calor para o sistema de filtros de membrana, isso tanto nos horários de maior incidência de sol que é em torno de meio dia, quanto em outros horários.



**Gráfico 4 - Resultado do Retrofit de tecnologias de climatização**

**Fonte: Autoria própria, adaptado do sistema de monitoramento da empresa.**

A partir do resultado obtido nesse projeto de modernização, a empresa iniciou o processo de Retrofit em 99% de sua planta instalada em 2009 e obteve grande êxito nesse projeto, que durou 3 anos.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho realizou-se uma análise do problema de temperatura alta em armários de rua, com o objetivo de mostrar as diferentes soluções utilizadas pela empresa em questão e chegar à conclusão de qual solução seria a melhor.

Apresentou-se como problema a alta temperatura que os armários de rua enfrentavam (isso devido à grande densidade de equipamentos inseridos nesse ambiente), danificando componentes e placas dos equipamentos e com isso gerando prejuízos para empresa.

Foram identificados três tipos de soluções para a climatização dos armários de rua: os que utilizam os trocadores de calor ar-ar, os armários com sistema de ar condicionado e os armários com a utilização do filtro de membrana.

Também foram definidos os objetivos a serem atingidos para a demonstração de melhor solução apresentada. Realizado o levantamento em campo dos diferentes tipos de armários e embasamento bibliográfico para complementar o estudo. Na sequência, foi levantada a arquitetura e layout atualmente utilizados, bem como todos os equipamentos envolvidos. Com base no levantamento bibliográfico e na arquitetura atual foi montado o estudo. Para entender melhor o problema e os ganhos que a proposta levaria foi realizado por meio de visitas técnicas e informações coletadas com técnicos da própria empresa uma análise para entender quais seriam as dificuldades da implementação de cada solução e o que isso poderia acarretar nos custos de fabricação de um armário de rua. Na sequência, foi feito uma análise comparativa dos pontos relevantes para a companhia, descrevendo prós e contras de cada solução e fazendo levantamento de custos de todos os casos.

De posse desses dados, a conclusão obtida com esse trabalho é que a solução de filtro de membrana atende a todos os requisitos e se mostra mais eficiente em grande parte dos pontos analisados. Essa solução resolveu os principais problemas de temperatura interna dos armários e a partir de sua homologação em 2008 passou a ser a única solução adquirida pela empresa.

Posteriormente grandes projetos de adequação dos armários já existentes na planta e que não possuem a tecnologia de filtros de membrana foram feitos, chegando a resultados excelentes e gerando melhorias para a operadora tanto na

solução do excesso de placas danificadas como na economia nas suas contas de energia (atualmente somente nesse tipo de armário a empresa possui mais de 4000 elementos).

Finalmente, o fato que comprova o sucesso da solução é que os fabricantes de armários desse segmento passaram a utilizar essa tecnologia e a tornaram o principal item de seu portfólio, levando para todas as grandes operadoras da América Latina principalmente, mas com vários casos pelo mundo.

## 11 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

A motivação para o estudo de diferentes soluções de climatização se deu principalmente pelo aumento da demanda de clientes em cada armário e suas evoluções quanto à tecnologia dos equipamentos de telecomunicações. Armários que inicialmente haviam sido projetados para uma tecnologia simples de voz que não exige processamento de informações estavam sendo agora utilizados para fornecer serviços de dados e internet em altas velocidades.

Com a constante evolução, chegará o momento que os armários mesmo com a melhor solução de climatização não suportarão mais a demanda dos equipamentos instalados em seu interior.

A proposta para trabalhos futuros é o estudo dos componentes instalados, junto aos fabricantes de equipamentos de acesso e transmissão. Um melhor dimensionamento dos componentes específicos para esse tipo de instalação levando em conta sempre uma melhoria funcional e redução do tamanho dos equipamentos para a liberação de espaço e um melhor fluxo de ar interno.

Esse estudo é bastante importante, pois historicamente os equipamentos de telecomunicações são produzidos para serem instalados em ambientes climatizados e agora estão se deparando com ambientes confinados como os armários *outdoor*.

## REFERÊNCIAS

ABET - Associação Brasileira dos Empregados de Telecomunicações. **Histórico e Evolução das Telecomunicações**. Disponível em: <[http://www.abet.com.br/portal/f\\_associado.jsp?p=/associado/desenho\\_historico.ht](http://www.abet.com.br/portal/f_associado.jsp?p=/associado/desenho_historico.ht)>. Acesso em: 06 ago. 2013.

BRASIL. **Decreto nº 74.379, de 8 de agosto de 1974**. Dispõe sobre atribuições de Telecomunicações Brasileiras S.A. - TELEBRÁS, com as prerrogativas de concessionária de serviço público, para executar, através de subsidiárias ou associadas, a implantação e exploração de serviços públicos de telecomunicações e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-74379-8-agosto-1974-422810-norma-pe.html>>. Acesso em: 13 set. 2013.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 5.792 de 11 de julho de 1972**. Institui política de exploração de serviços de telecomunicações, autoriza o Poder Executivo a constituir a empresa Telecomunicações Brasileiras S.A. - TELEBRÁS, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/topicos/12115298/artigo-13-da-lei-n-5792-de-11-de-julho-de-1972>>. Acesso em: 13 set. 2013.

CARTHOM'S. Disponível em: <<http://www.carthoms.com.br/site/produto.php?id=32&linha=3&pag=0>>. Acesso em: 10 set. 2013.

ECI - Corporação Eletrônica de Israel. Disponível em: <[http://www.ecitele.com/OurOffering/Products/Pages/Packet\\_Transport.aspx](http://www.ecitele.com/OurOffering/Products/Pages/Packet_Transport.aspx)>. Acesso em: 17 ago. 2013

FERREIRA, Vera Batista Filippi. Evolução do Setor de Telecomunicações no Brasil. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DA CAMPANHA NACIONAL DAS ESCOLAS DA COMUNIDADE, 2., 2004, Varginha. **Anais...** Varginha: EC-CNEC, 2004. Não paginado.

GORE - Outdoor Cabinet Cooling Filters. Disponível em: <[http://www.gore.com/en\\_xx/products/filtration/cooling/index.html](http://www.gore.com/en_xx/products/filtration/cooling/index.html)>. Acesso em: 10 set. 2013.

KITFRAME - System. Disponível em: <<http://www.kitframe.com/solucoes-climatizacao.php>>. Acesso em: 10 set. 2013.

MIRA, Tônia Mansani de. **A estratégia de diferenciação no setor de telefonia: um estudo de caso.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/9860.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2013.

NILKO – Cabines *Outdoor*. Disponível em: <<http://www.nilko.com.br/cabines/index.html>>. Acesso em: 27 ago. 2013.

PADILHA, Marcos Lopes. **Análise setorial:** telefonia fixa em perspectiva. São Paulo: Gazeta Mercantil, 2001, p. 23. (v. 1).

ROCHA, André Fagundes. Evolução das redes de telefônicas a partir de processos gradativos de modificação de topologia de rede e conversão de centrais. **Cad. CPqD Tecnologia**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 61-70, jan./dez. 2005. Disponível em: <[http://www.cpqd.com.br/cadernosdetecnologia/Vol1\\_N1\\_jan\\_dez\\_2005/apresentacao.html](http://www.cpqd.com.br/cadernosdetecnologia/Vol1_N1_jan_dez_2005/apresentacao.html)>. Acesso em: 09 ago. 2013.

SANTOS, Marco Antonio Von Helde. **WLL - Wireless Local Loop.** Disponível em: <[http://www.gta.ufrj.br/grad/99\\_2/vonhelde/introdu%E7%E3o.htm](http://www.gta.ufrj.br/grad/99_2/vonhelde/introdu%E7%E3o.htm)>. Acesso em: 23 ago. 2013.

SOARES, Antônio J. M. *et al.* **Redes de Comunicação Convergentes - Tecnologia e Protocolos.** Brasília: Editora UnB, 2008.

TATSCH, Cristiano Roberto. **Privatização do setor de Telecomunicações no Brasil.** 2003. 318 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Economia) - Programa de Pós Graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.