
Cabeamento Estruturado para Escritório de Pequenos Negócios

Djeizon de Almeida Barros

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Cornélio Procópio

Este projeto de cabeamento estruturado visa implementar, do zero, uma rede cabeada em um escritório de negócios, sob as normas vigentes com visada às boas práticas de instalação e manutenção dos componentes passivos. Cada vez mais presentes no mercado, os escritórios *small business* são estruturas simples que possuem falta de infraestrutura e muitos desses locais ainda não estão completamente adaptados para suportar novas velocidades entregues pelos serviços de fibra óptica, disponibilizado na entrada da edificação, porém subutilizada pelo pobre cabeamento de cobre já entrando em fase de obsoletamento. O projeto contemplará o levantamento de planta física, elaboração da planta lógica, equipamentos passivos a serem implementados conforme a necessidade, os custos envolvidos para a devida implementação. Trata-se de projeto-modelo fictício para uso em diversas aplicações. No cenário atual em que diversas redes são erroneamente implementadas norteadas por práticas comuns e duvidosas, faz-se necessário um guia prático, pois, a leitura de normas textuais tornam-se praticamente ignoradas por pequenos negócios, seja pela dificuldade técnica de seus textos, falta de mão de obra para sua correta interpretação ou falta de orçamento para o direcionamento correto de custos.

24 de novembro de 2019



Lista de figuras

1	Planta física com mobília - Formato A3	11
2	Planta lógica da visão do cabeamento - Formato A3	13
3	Visão da topologia - Formato A3	15
4	Exemplo de NEXT aprovado.	21

Lista de tabelas

1	Possíveis organizações e profissionais envolvidos	6
2	Tabela de funcionários e uso de aplicativos	8
3	Tabela de Aplicativos	9
4	Eletrodutos e portas de interface	14
5	Encaminhamento	16
6	Calculo detalhado — canaletas X2	16
7	Calculo detalhado — eletrodutos	17
8	Equipamentos passivos	17
9	Descrição detalhada do cabeamento — em metros	18
10	Custo dos passivos	24
11	Custos de encaminhamento	24

Sumário

1	Introdução	5
1.1	Escopo do Projeto	5
1.2	Benefícios	5
1.3	Organizações Envolvidas	6
2	Requisitos	6
2.1	Velocidade real contratada e percebida	6
2.2	Extinção de conectores manualmente prensados com alicate	6
2.3	Tolerância à falha - Redundância contra quedas no serviço	7
2.4	Cobre de alta qualidade	7
2.5	Todos os equipamentos ativos e passivos na base 1000	7
2.6	WiFi - Padrão IEEE 802.11ac implementado	7
3	Usuários e Aplicativos	7
3.1	Usuários	8
3.2	Aplicativos	9
4	Estrutura predial existente	10
5	Planta Lógica - Elementos estruturados	12
5.1	Visão do cabeamento	12
5.2	Topologia	14
5.3	Encaminhamento	16
5.3.1	Calculo detalhado do encaminhamento	16
5.4	Memorial descritivo (Passivos)	16
5.4.1	Calculo detalhado do cabeamento e considerações sobre emendas	17
5.5	Identificação dos cabos	19
6	Implantação	19
7	Plano de certificação	21
7.1	NEXT - Near End Cross Talk — ou Paradiafonia	21
7.2	FEXT - Far End Cross Talk — ou Telediafonia	22
7.3	ACR - Attenuation To Cross Talk Ratio — ou Insertion Loss / Inserção de Perda	22
7.4	Os onze itens de uma rede certificada	22
8	Plano de manutenção	22
8.1	Plano de expansão	23
9	Risco	23
10	Orçamento	24
11	Recomendações	25
11.1	Cancelamento do eletromagnetismo	25
11.2	Aterramento	25
11.3	Equipamentos que causem danos	25

11.4	Manutenção da energia em caso de queda	25
11.5	Ativos de Rede	25
11.5.1	Roteador	26
11.5.2	<i>Switch</i>	26
11.5.3	Ponto de acesso sem fio	26
11.5.4	Servidor	26
12	Referências bibliográficas	27

1 Introdução

Um novo serviço de internet é contratado por uma pequena empresa. O provedor de serviços para internet leva até o ponto do cliente o acesso à uma nova tecnologia: uso de fibra óptica. O pessoal que realiza essa instalação não informa o cliente de que os "500 megas" contratados poderá ser subutilizado caso a rede interna esteja completamente na base 10/100, isto é, suportando velocidades teóricas de, no máximo, 100 Mbps. Depois de um certo tempo, o empresário verifica que sua velocidade não ultrapassa os 92 Mbps (devido ao *overhead* do roteador) e associa a baixa velocidade a um problema com o serviço do provedor de internet. Este vai ser, daqui para frente, o caso típico de muitas pequenas empresas que estão sob cabeamento estruturado obsoleto, utilizando equipamentos também obsoletos, todos operando na base 10/100 (FastEthernet).

Este projeto tem como finalidade, estabelecer um modelo de norte para adequadamente prestar-se atenção nos detalhes de uma nova instalação de cabeamento estruturado que suporte a base 10/100/1000 (Gigabit) e possa beneficiar-se ainda mais do custo-benefício do par metálico, com fornecimento do serviço de fibra óptica. Há detalhes importantes: desde um pequeno conector e seu banhamento metálico de ouro, até os equipamentos utilizados com finalidade de produzir redundância e alta disponibilidade para a empresa, haja vista que um pequeno negócio sem estar efetivamente *online*, é empresa fadada ao fracasso.

1.1 Escopo do Projeto

O escopo deste projeto é a projeção de todos os componentes passivos de um cabeamento estruturado que será equipado com 25 computadores de mesa, 01 servidor, 01 roteador, 01 *switch* e 04 pontos de acesso sem fio. Também se prevê redundância no acesso à Internet, com a contratação de dois provedores de serviços de internet. Apesar de o escopo não ser equipamentos ativos, serão descritos mais adiante uma recomendação para equipamentos ativos.

1.2 Benefícios

Hoje em dia, muitas redes cabeadas estão com capacidade para suportar apenas velocidades teóricas de até 100 Mbps. A maioria dos roteadores de escritórios e/ou domésticos são comercializados como roteadores que operam na base 10/100. Quando se opta por um serviço de fibra óptica, nem todo micro-empresário está atento à subutilização do serviço devido às condições de instalação do cabeamento atual, podendo ocasionar algumas frustrações, tais como: gargalos na velocidade, má conexão devido à conectores prensados manualmente com alicates, conectores velhos, cabos dobrados indevidamente em determinado segmento do cabeamento. Nem todos os departamentos de T.I. possuem profissionais qualificados o suficiente para dominar todos os detalhes envolvidos numa instalação de cabeamento estruturado moderna. O benefício de ater-se às boas práticas de implementação de cabeamento estruturado é o marco inicial para que se possa realizar uma implementação que dure muitos anos.

1.3 Organizações Envolvidas

Em se tratando de projeto fictício, não há organizações envolvidas. Para fins de orientação, a seguinte tabela demonstra um conjunto de organizações, empresas ou profissionais que poderão eventualmente participar no envolvimento da implementação de uma rede.

Tabela 1: *Possíveis organizações e profissionais envolvidos*

Profissional / Empresa	Serviço
Provedor de Internet 1	Serviço de acesso à Internet
Provedor de Internet 2	Serviço de acesso à Internet para redundância
Engenheiro Elétrico	Instalações elétricas relacionadas e não relacionadas à rede
Analista de Compras	Orçamentos e compras de equipamentos
Projetista da Rede	Projeta, configura e coloca em operação a rede lógica
Instalador da Rede	Profissional ou equipe que instala a rede física
Telecom Local	Instala/remaneja os troncos telefônicos
Empresa de Telefonia	Profissional para instalar PABX e cabos telefônicos
ANATEL	Órgão credenciador para certificação de redes

2 Requisitos

2.1 Velocidade real contratada e percebida

Toda a instalação deverá perceber a velocidade real do provedor de serviços de Internet contratado, acima de 100 Mbps, isto é, os *hosts* deverão suportar as transmissões na base 10/100/1000, sem gargalos, bem como futuras atualizações de velocidade, até 1 Gbps.

2.2 Extinção de conectores manualmente prensados com alicate

Talvez um dos sintomas mais simples de um nó da rede que está apresentando falhas, fatalmente é devido a um conector estar manualmente prensado na ponta do fio de rede. Para obter algo próximo de uma rede certificada, é necessário que apenas se utilize a ferramenta de inserção (*punch-down*) e um cordão injetado, comumente chamado de *patch cord*.

2.3 Tolerância à falha - Redundância contra quedas no serviço

O roteador principal do escritório deverá receber dois sinais de WAN em duas interfaces, e deverá priorizar a mais veloz como a principal WAN; ao passo que, havendo um eventual blecaute e falta do sinal, o segundo provedor de internet assume o fornecimento de acesso, sem que o usuário final perceba que ocorreu um problema. Esta prática passou a ser mais comum devido à demanda das pequenas empresas realizarem operações de transferências de dados remotas com diversos fornecedores e clientes.

2.4 Cobre de alta qualidade

Para garantir uma boa longevidade da estrutura de instalação, sendo instalação nova, é preferível somente o uso de cabos de rede Categoria 6 (CAT6), por 03 motivos:

- (a) Geralmente possuem bitola maior no cobre;
- (b) Possuem um septo separador que isola cada par trançado. Este separador fornece resistência física ao cabo e diminui aumenta o fenômeno chamado de *cancelamento*, que ocorre nas correntes eletromagnéticas. Mais sobre *cancelamento* é explicado na última subseção.
- (c) São um bom custo benefício para redes Gigabit.

Em se tratando de cobre de alta qualidade, também se pensa em conectores corretos da Categoria 6, pois o uso de conectores da Categoria 5e poderão causar problemas de incompatibilidade pelas características físicas entre estas categorias. Eis que o conector CAT6 tem um melhor banho metálico em seus terminais.

2.5 Todos os equipamentos ativos e passivos na base 1000

Um bom cabeamento poderá ser rendido à completa subutilização se a rede estiver interligada à dispositivos que operam somente na base 10/100. Proritariamente, a compra de equipamentos — roteadores, *switches* e *access points* — deverá observar as características de que tais operam na base 10/100/1000, suportando as velocidades Gigabit.

2.6 WiFi - Padrão IEEE 802.11ac implementado

Este protocolo permite velocidades médias de 600Mbps nos pontos de acesso, ou seja, na data atual, uma referência muito boa para os padrões de Wi-Fi. (INSERIR REFERÊNCIA) Não é o escopo do projeto de cabeamento, mas a referência ao ponto de acesso correto certamente resultará em um sistema sem fio altamente eficiente.

3 Usuários e Aplicativos

O projeto visa atender um pequeno escritório que reúne um grupo de 9 profissionais. Não obstante, também considera a presença de dispositivos de rede, tais como impressoras cabeadas, pontos de acesso sem fio; e, usuários visitantes. No caso de pessoas não pertencentes ao local de trabalho, deverá ser implementada uma VLAN para dispositivos sem fio dos eventuais visitantes. No que se refere a cabeamento, a rede projetada deverá conter 2 pontos por área de trabalho (ATR), outros dois pontos nas áreas de impressora,

incluindo pontos extras. Como o modelo é para satisfazer a escritórios de até, no máximo, 10 pessoas trabalhando, não há projeto de expansibilidade de imediato, no entanto, a projeção de pontos satisfaz uma futura expansibilidade sem demais custos. Os equipamentos a serem comprados são 01 roteador que suporte duas conexões WAN, 01 *switch* de 48 portas, 04 pontos de acesso sem fio e respectivo cabeamento de par (04 vias) trançado. Sobre os equipamentos ativos, haverá a recomendação das marcas. Porém, a rede lógica fica a critério do departamento de T.I., em forma, aqui, de recomendações.

3.1 Usuários

Nesta seção será descrita a tabela de todos os profissionais atuantes na edificação que farão o uso do cabeamento estruturado e a explicação da rotina do acesso à rede de cada um deles.

Tabela 2: *Tabela de funcionários e uso de aplicativos*

Usuário	Aplicativos mais utilizados
Diretor	Windows e Microsoft Office
Recepcionista	Windows e Microsoft Outlook
Analista de T.I.	Windows Server, SQL Server, RouterOS (MikroTik) ou Cisco IOS
Administrador 1 a 4	Windows e Microsoft Office
Contador 1 e 2	Windows, Microsoft Office e programas fiscais

O **diretor da empresa** utilizar-se-á do sistema operacional Windows 10 e da suíte de aplicativos Microsoft Office. Grande parte da função do diretor é comandar a sua empresa, realizando contatos, conferindo planilhas no Servidor de Arquivos e comunicando-se com demais funcionários. É posição estratégica de liderança. Deve compreender que o uso bem empregado da tecnologia alavanque seus negócios, portanto deverá valorizar especialmente o Analista de T.I., pois seu negócio, além de estar disponível na Internet, precisa deste profissional como que na função de um "coringa", sempre apto a socorrê-lo numa situação de indisponibilidade com algum serviço.

O(a) **recepcionista** faz uso intenso do Microsoft Outlook, agendando compromissos, verificando e-mails a serem repassados e atendendo a telefonemas. Calendário e agendamento de compromissos é a palavra chave aqui. Também é o(a) profissional que é o "cartão de visita" da empresa, por conta do primeiro e subsequentes atendimentos prestados aos clientes.

O **Analista de Tecnologia da Informação** é o profissional que se encarregará de tomar conta da infraestrutura de rede, do servidor físico, da sala de equipamentos (SEQ) — com acesso restrito — equipamentos ativos e passivos de rede. Também será responsável pela manutenção de software, sendo os mais importantes o Windows Server e seus serviços críticos como o servidor de arquivos (*File Server*), o servidor de banco de dados, usado

pela contabilidade, e o sistema operacional RouterOS (bastante similar ao CISCO IOS, nos roteadores CISCO). Tais tarefas também incluem rotinas de backup e contato com fornecedores de equipamentos e serviços de T.I.

Serão 04 funcionários atrelados à administração da empresa, **administradores** com diversas tarefas administrativas: folha de pagamento, impostos, contas a pagar, custos, despesas, compras e atividades bancárias. Disponibilidade de estar *online* é essencial para esses funcionários.

Parte crítica da empresa e importantes funções são a de **contador**, em número de 02 pessoas. Além do uso do sistema operacional Windows, intenso uso do Microsoft Office, mais especificamente o aplicativo Excel e de programas fiscais exigidos pela Receita Federal. Fazem uso intensivo do banco de dados SQL Server, registrando empenhos e demais atividades de contabilidade considerados operações muito críticas.

3.2 Aplicativos

Nesta seção será descrita a tabela de aplicativos e suas funções críticas no negócio. As aplicações críticas levam à frente um asterisco (*).

Tabela 3: *Tabela de Aplicativos*

Aplicativo/Sistema	Descrição de aplicativo
Windows Server 2016*	Servidor: File Server*, SQL Server*.
Windows 10	Sistema operacional das estações
SQL Server	Serviço do Windows Server*
RouterOS	Sistema operacional do roteador*
Microsoft Office	Suite com aplicativos de escritório

Nas estações de trabalho, impera-se pelo uso do sistema operacional **Microsoft Windows 10** (versão atual de compilação número 1930) e **Microsoft Office Professional 2016**, com as respectivas aplicações incorporadas:

- Microsoft Word 2016
- Microsoft Excel 2016
- Microsoft PowerPoint 2016
- Microsoft Outlook 2016
- Microsoft Publisher 2016
- Microsoft Access 2016

Conforme recomendação, é bom que o roteador utilize um sistema operacional com linha de comando, a exemplo dos modelos *Mikrotik* ou *CISCO*. Esses sistemas fornecem o serviço DHCP e DNS para todos os *hosts*, além de receber o *link* de dois provedores de internet e balancear esta carga, caso um dos *links* torne-se indisponível. Mais sobre estes equipamentos na seção Recomendações.

Windows Server 2016. O sistema instalado no servidor do *rack*. Opera sem virtualização, mas com RAID em modo de espelhamento (RAID 1) para criar alta redundância de dados. Não fornece DHCP, nem DNS, para não atrapalhar os serviços providos pelo roteador. *Active Directory* não será implementado visto que não se trata de um escritório com mais de 50 máquinas. Serviços de hospedagem e nomes de domínio serão fornecidos por empresas de *cloud computing* terceirizadas. No entanto, **SQL Server** interno deverá ser utilizado para guardar as informações consideradas sigilosas e críticas da empresa.

4 Estrutura predial existente

Trata-se de escritório de 9 cômodos, considerando também como cômodo, a área de circulação que é a área de ingresso ao andar. Situa-se numa edificação de um 01 térreo e 01 andar. O escritório em si é o 1º andar. O telhado da edificação é de fácil acesso físico, visto que a edificação é construída com bom madeiramento e telhas cerâmicas. A parte elétrica bem isolada, sem emaranhados de fios, o que facilita a retirada de algumas telhas para a travessia de alguns eletrodutos que comportarão os cabos, interligando o *switch* e cada setor especificado.

As restrições de instalação são quebras da alvenaria mínimas. Os cabos deverão sofrer curvaturas de no máximo 45 graus e de volta em posição retilínea, seja ela vertical ou horizontal. As saídas dos pontos de rede deverão apresentar sua respectiva tomada externa, que deverão ser posicionadas à 40 centímetros do piso. Canaletas deverão ser utilizadas para a acomodação e boa visibilidade das instalações.

Temos a área total de 109,12 metros quadrados, fragmentada em:

- Sala de Reunião: 12,56.
- Sanitário e Pequena área: 6,41.
- Sala da Direção: 17,65.
- Sala da Administração 1 e 2: 12,74 (cada).
- Sala da Administração 2: 12,74.
- Sala da Contabilidade: 9,95.
- Sala da Recepção: 11,28.
- Sala de T.I.: 3,34.
- SEQ: 5,77.
- Circulação: 16,48.



Figura 1: Planta física com mobília - Formato A3

5 Planta Lógica - Elementos estruturados

5.1 Visão do cabeamento

A planta lógica é apresentada na Figura 2. Conforme determina a norma, é necessário observar algumas coisas neste projeto. Primeiro, a variedade de plantas excedem por muitas vezes a própria norma, sendo impossível de se ter um padrão seguindo à risca. Segundo porque a própria norma torna opcional determinadas feições num projeto, tal como a identificação por código de cor, quando uma edificação não tem mais que um pavimento.

Para a simplificação da planta lógica, foram divididos, do *switch*, portas que compreendem as numerações A, B, C e D. Sendo estas, **A: Portas 1-10; B: Portas 11-20; C: Portas 21-30 e D: Portas 31-40**. Oito portas restantes ficam como suplementares em eventuais problemas com as portas utilizadas. As letras também indicam os eletrodutos que correm pela laje e descem por canaletas, passagens e posteriormente seguindo para e calhas verticais.

Observe-se que é importante neste agrupamento, meios de assegurar a melhor organização possível. No que tange às áreas de trabalho, são recomendados, no mínimo, 2 pontos por ATR, sendo pontos opcionais permitidos. Denominadas de ATR, as áreas de trabalho são pequenos espaços de trabalho, de um funcionário ou de dispositivos utilizados por funcionários, como impressoras e outros equipamentos. Os pontos RJ45 devem ser etiquetados com iniciação PT. Não é o caso de termos mais do que 01 *switch* operando nesta rede, então foi simplificado o etiquetamento das saídas, como PT, duto de origem e/o grupo de portas com numeração.

A Sala de Equipamentos (SEQ) é o local em que residirá o *rack* da rede, comportando um *switch* de 48 portas, e demais equipamentos ativos. Todos os equipamentos ativos, suportando o padrão Gigabit. Dá-se a subida dos cabos pela laje, pelo cômodo SEQ, com todos os cabos distribuídos em 04 caminhos, até o ponto de descida, indicados pelos *spots* verdes, na figura. Na descida, encaminhar-se-ão por eletrocalhas fechadas e canaletas, até os *keystones*, evitando ao máximo, que se prene conectores às terminações dos cabos.

Na planta, é possível observar que temos indicações de número de cabos dentro da canaleta ou, da calha. Em certos pontos, temos por certo que recebemos em torno de 8 cabos; e, com a ligação sequencial dos PTs, a quantidade de cabos vai diminuindo. É por isso que temos certas indicações como "4 x UTP" e "2 x UTP" na sequência: pois está contando em 02, tendo-se 02 cabos já tem previsão de estarem devidamente instalados, de 04 possíveis, naquele segmento. Importante observar que o manuseio dos cabos UTP sejam o mais cuidadoso possível: nenhuma dobra abaixo de 90, para que o cabo não perca suas características físicas e mecânicas de transmissão — uma única dobra incorreta pode comprometer aquele ponto na rede.

Observa-se também, os pontos estratégicos de instalação de *Wi-Fi*, bem como as impressoras de rede (*Wi-Fi* 01 a 04), sendo posicionados para uma cobertura razoável de sinal sem fio. O QG, a entrada das comunicações, é o armário da edificação que comporta as entradas dos troncos telefônicos e da fibra óptica. Não é parte do projeto a estrutura de cabeamento telefônico, porém, vale dizer que é neste armário que está posicionada a Central de PABX híbrida. Caso ocorra alguma atualização dos equipamentos de telefonia, a rede já está preparada para suportar uma demanda de VoIP.

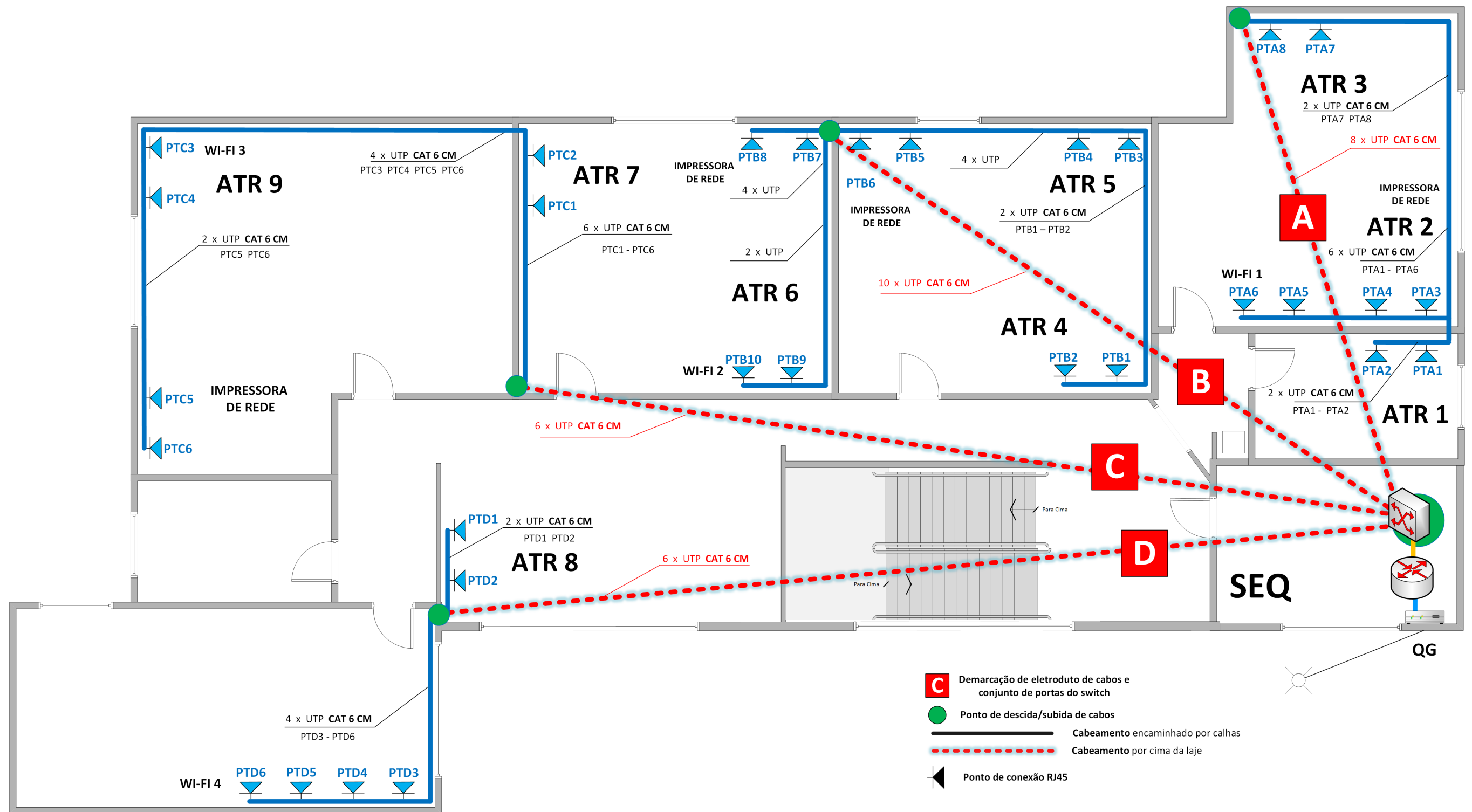


Figura 2: Planta lógica da visão do cabeamento - Formato A3

5.2 Topologia

A topologia de rede segue o modelo top-down e indica-se os elementos da maneira mais didática possível. Pode-se ver na imagem, que o projeto contempla duas entradas para a internet no roteador: WAN 1 e WAN 2. Diretamente ligado ao roteador, temos o *switch* de 48 portas. Em uma das portas do *switch*, o servidor de *rack*. As ligações em vermelho, com marcações A, B, C e D, são os *backbones* dos grupos de portas do *switch*, mas que estão tomando diferentes caminhos, após a subida dos cabos.

Tabela 4: Eletrodutos e portas de interface

Letra do <i>Backbone</i>	Portas
A	01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09*, 10*, 11*, 12*, 13*, 14*.
B	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25*, 26*, 27*, 28*.
C	29, 30, 31, 32, 33, 34, 35*, 36*, 37*, 38*.
D	39, 40, 41, 42, 43, 44, 45*, 46*, 47*, 48*.

Note-se que pelo cabeamento, as portas que recebem asterisco (*) são portas não utilizadas no *switch*, mas com o cabeamento devidamente passado, para fins de redundância ou substituição de cabos. Conforme a população de cabos dentro do *backbone*, tem-se mais cabos disponíveis para substituição.

Conforme já demonstrado, os *backbones* são cabeamentos majoritariamente horizontais, que terminam nos pontos de consolidação onde se começa a descida em cada cômodo. A única exceção que se faz é que esses *backbones* totalizando 48 cabos, possuem uma parte na vertical, que sobem do *rack* e vão até a laje, numa distância não mais que 2 metros.

Dos pontos de consolidação, saem os cabos para todas as tomadas de conexão. No desenho, os dispositivos tais como computadores, impressoras, pontos de acesso sem fio e tomadas de conexão restantes são todos contabilizados como as saída de todos os cabos. Os retângulos em cinza indicam o cômodo em que determinado ponto de conexão ou dispositivo está instalado. Observe-se que determinado ponto de descida de *backbone* pode alimentar outro cômodo, como é o exemplo do cômodo da Administração 1, no qual o cabeamento vertical, vai correr para o cômodo Administração 2.

Os pontos de acesso sem fio são a exceção do cabeamento horizontal, pois, na verdade, esses dispositivos são instalados mais próximo à altura da porta (2,10 m) do que outros, dada a natureza de desejar-se boa cobertura de *Wi-Fi*.

Dentro dos tubos azuis, e das linhas vermelhas, é esperado uma determinada população de cabos (entre 10 e 14), enquanto que as linhas pretas não o cabeamento horizontal singular até a tomada e seu respectivo dispositivo. A linha pontilhada indica cabeamento vertical singular para o *Wi-Fi*.

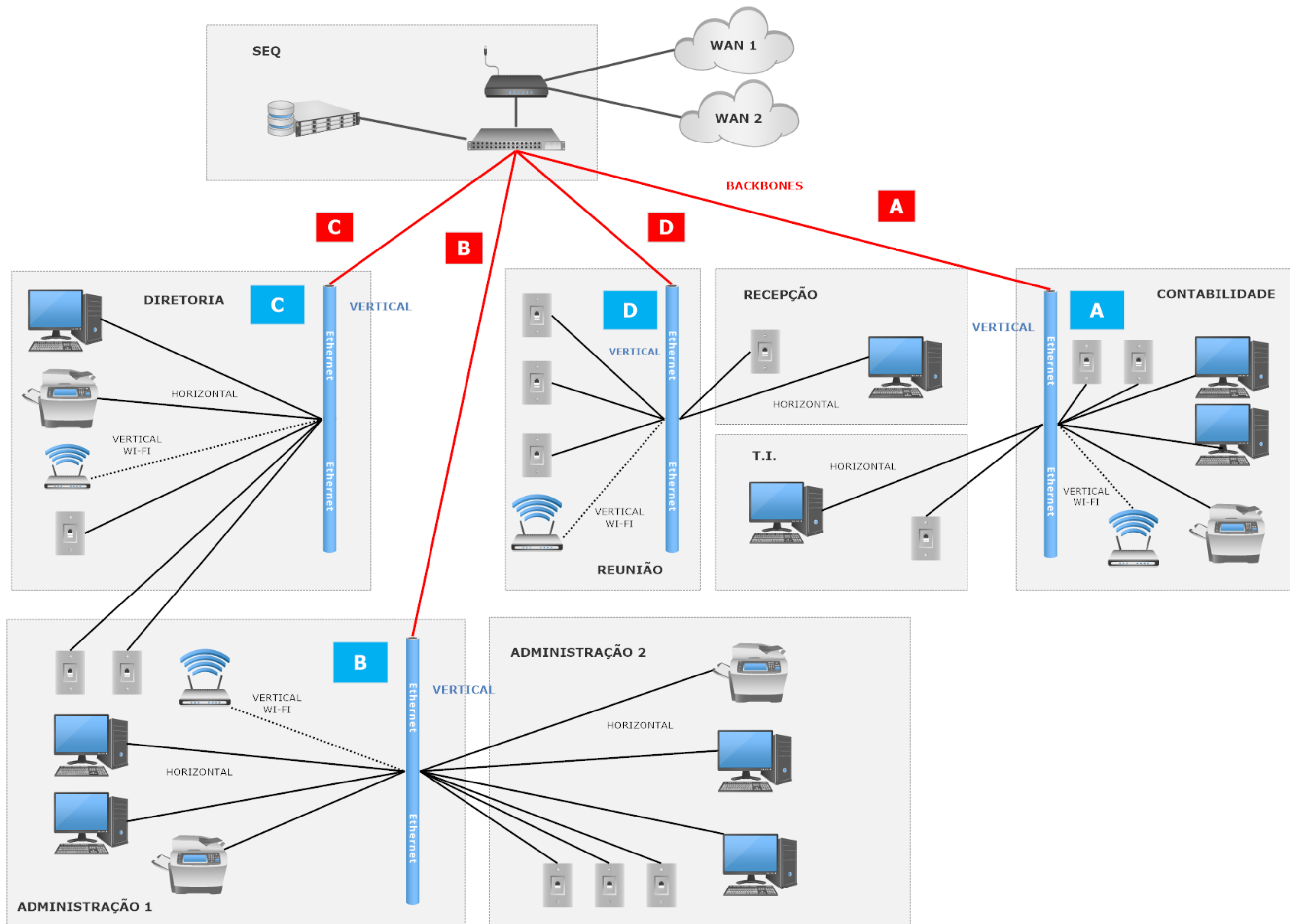


Figura 3: Visão da topologia - Formato A3

5.3 Encaminhamento

Pela laje, serão instalados eletrodutos de PVC, de bitola de 2 polegadas. São vendidos em unidades de 3 metros. O sistema X2 de canaletas é versátil por ser adesivado, com alta aderência, e pode comportar até 12 cabos numa única canaleta (4 cabos por segmento, sendo 3 segmentos dentro da canaleta). Canaletas do sistema X são vendidas em unidades de 2 metros. Os acabamentos X2 trata-se de peças que se acoplam nas canaletas, tais como: cantos, curvas, e terminações onde não se é possível realizar manobras perigosas como a sobra massiva de cabos. Os acabamentos podem ser de diversas formas plásticas, mas aqui o ideal é que se pareçam com uma pequena caixa de inspeção nos cantos, para que os cabos possam ter ângulo suficiente de desvio, sem prejudicar as características físicas e mecânicas do CAT 6. Abaixo, uma tabela de quantidade de material de encaminhamento necessário para o cabeamento posterior ao *backbone*.

Tabela 5: *Encaminhamento*

Tipo	Fabricante	Metros	Unidades
Eletroduto PVC 4"	Tigre	37,67	13
Canaleta X2 Adesivada	Dutoplast	52,29	29
Acabamentos X2	Dutoplast	N/D	23
Dutos de passagem alvenaria	Tigre	N/D	6

5.3.1 Cálculo detalhado do encaminhamento

Tabela 6: *Cálculo detalhado — canaletas X2*

Canaletas X2 (em metros)				
Trajetos da Canaleta	Trajetos A	Trajetos B	Trajetos C	Trajetos D
Horizontal	9,90	13,00	10,80	5,56
Vertical	2,60	5,20	5,20	5,20
Subtotal (m)	12,50	18,90	16,40	10,76
Total (m)	52,29			

5.4 Memorial descritivo (Passivos)

Relação de todos os equipamentos passivos que serão utilizados, seguidos das tabelas com o respectivo custo destes passivos, bem como o custo do encaminhamento. Opta-se veementemente pelo uso de um *rack* fechado, pois o local não tem a segurança adequada de um *datacenter*. O cabo a ser orçado é da empresa Furukawa, líder no ramo. A peça 23400174 consiste da segunda linha, porém, superior ao cabo "comum" CAT 5e. A primeira linha, Gigalan, é de alto custo

Tabela 7: *Calculo detalhado — eletrodutos*

Eletrodutos A/D				
Trajetos do Eletroduto	A	B	C	D
Horizontal	6,40	8,46	10,92	11,89
Vertical	—	—	—	—
Total (m)	37,67			

para o projeto, não compensando este investimento, mesmo em longo prazo. Os *patch cords* são os elementos mais onerosos do projeto — todos da marca Furukawa — mas o sucesso da implementação depende de *patch cords* de qualidade. A pequena variação de marca observa-se somente pelo conjunto de caixas de sobrepor e *keystones*, mais econômicos, mas de qualidade, das marcas, respectivamente Central Network e AMP.

Tabela 8: *Equipamentos passivos*

Equipamento Passivo	Fabricante	Quantidade
Rack 44 U Fechado	Lextron	1
Patch Panel 24 Portas CAT 6 GigaLan 35030162	Furukawa	2
Organizador 1 U 80 cm	Lextron	2
Cabo UTP CAT 6 Part 23400174 305 m	Furukawa	3
Cabo UTP CAT 6 Part 23400174 70 m	Furukawa	1
Patch Cords CAT 6 - 1,5 m (Cinza)	Furukawa	38
Patch Cords CAT 6 - 2,5 m (Cinza)	Furukawa	22
Caixa de Sobrepor 1 Porta	Central Network	40
Keystone 375055-1 CAT 6	AMP	40

5.4.1 Calculo detalhado do cabeamento e considerações sobre emendas

Na tabela da próxima página, temos o cálculo detalhado do quanto de cabo é estimado para que se saia do *patch panel* e chegue-se até o ponto da área de trabalho. Uma coisa que se deve evitar quando se lida com cabos de cobre é a emenda. A emenda só pode ocorrer quando a situação for extremamente urgente: um serviço indisponível pelo rompimento de um cabo; uma situação de manutenção provisória. Seja qual for o tipo de emenda, precisa ser executada com muita habilidade e precisão: com as ferramentas e conectores corretos. As emendas causam atenuações no sinal. A prática de soldar emendas com a combinação estanho/chumbo, causa um ponto de resistência de elétrons e deve ser "abominada" num projeto, até mesmo por projetos de elétrica. (CITAR REFERENCIA)

Tabela 9: Descrição detalhada do cabeamento — em metros

Porta	Ponto	Do Patch Panel ao Teto	No Eletroduto	Descida do teto	Subida até o AP	Caminho horizontal	Sobra Salvaguarda	Total do Cabo Cortado Ponto a Ponto
01	PTA1	2	6,4	2,6	—	6,63	0,35	17,98
02	PTA2	2	6,4	2,6	—	7,25	0,35	18,60
03	PTA3	2	6,4	2,6	—	6,62	0,35	17,97
04	PTA4	2	6,4	2,6	—	7,23	0,35	18,58
05	PTA5	2	6,4	2,6	—	8,24	0,35	19,59
06	PTA6	2	6,4	2,6	2	8,86	0,35	20,21
07	PTA7	2	6,4	2,6	—	0,25	0,35	11,60
08	PTA8	2	6,4	2,6	—	0,88	0,35	12,23
09	PTA R1	2	6,4	2,6	—	8,9	0,35	20,25
10	PTA R2	2	6,4	2,6	—	8,9	0,35	20,25
11	PTA R3	2	6,4	2,6	—	8,9	0,35	20,25
12	PTA R4	2	6,4	2,6	—	8,9	0,35	20,25
13	PTA R5	2	6,4	2,6	—	8,9	0,35	20,25
14	PTA R6	2	6,4	2,6	—	8,9	0,35	20,25
15	PTB1	2	8,46	2,6	—	8,92	0,35	22,23
16	PTB2	2	8,46	2,6	—	8,27	0,35	21,68
17	PTB3	2	8,46	2,6	—	3,58	0,35	16,99
18	PTB4	2	8,46	2,6	—	2,94	0,35	16,35
19	PTB5	2	8,46	2,6	—	0,97	0,35	14,38
20	PTB6	2	8,46	2,6	—	0,36	0,35	13,77
21	PTB7	2	8,46	2,6	—	0,14	0,35	13,55
22	PTB8	2	8,46	2,6	—	0,82	0,35	14,23
23	PTB9	2	8,46	2,6	—	3,49	0,35	16,90
24	PTB10	2	8,46	2,6	2	4,09	0,35	17,50
25	PTB R1	2	8,46	2,6	—	9	0,35	22,41
26	PTB R2	2	8,46	2,6	—	9	0,35	22,41
27	PTB R3	2	8,46	2,6	—	9	0,35	22,41
28	PTB R4	2	8,46	2,6	—	9	0,35	22,41
29	PTC1	2	10,92	2,6	—	2,77	0,35	18,64
30	PTC2	2	10,92	2,6	—	2,15	0,35	18,02
31	PTC3	2	10,92	2,6	2	7,98	0,35	23,85
32	PTC4	2	10,92	2,6	—	8,58	0,35	24,45
33	PTC5	2	10,92	2,6	—	11,04	0,35	26,91
34	PTC6	2	10,92	2,6	—	11,66	0,35	27,53
35	PTC R1	2	10,92	2,6	—	12	0,35	27,87
36	PTC R2	2	10,92	2,6	—	12	0,35	27,87
37	PTC R3	2	10,92	2,6	—	12	0,35	27,87
38	PTC R4	2	10,92	2,6	—	12	0,35	27,87
39	PTD1	2	11,87	2,6	—	1,05	0,35	17,87
40	PTD2	2	11,87	2,6	—	0,38	0,35	17,20
41	PTD3	2	11,87	2,6	—	2,62	0,35	19,44
42	PTD4	2	11,87	2,6	—	3,24	0,35	20,06
43	PTD5	2	11,87	2,6	—	3,88	0,35	20,70
44	PTD6	2	11,87	2,6	2	4,52	0,35	21,34
45	PTD R1	2	11,87	2,6	—	4,6	0,35	21,42
46	PTD R2	2	11,87	2,6	—	4,6	0,35	21,42
47	PTD R3	2	11,87	2,6	—	4,6	0,35	21,42
48	PTD R4	2	11,87	2,6	—	4,6	0,35	21,42
Subtotal		96	435,94	124,8	8	295,21	16,8	976,75
Total		976,75						

5.5 Identificação dos cabos

Os cabos serão identificados pela seguinte nomenclatura:

PT = Ponto da **Área de Trabalho**.

A = Letra indicadora do **Eletroduto de Cabos** / Grupo de Portas.

1 = Número do cabo.

R = Letra indicadora de **Cabo Reserva**.

1 = Número após o R indica o cabo reserva em questão.

Os cabos reservas passam pelos eletrodutos, porém eles não descem pelas canaletas de distribuição. A sobra destes condutores ficam armazenadas numa caixa protegida em cima da própria laje, sem adentrar o duto de passagem vertical, especialmente no começo dos pontos de descida dos cabos. Porém, eles ficam suspensos até o *rack*, na origem do sinal: assim caso algum cabo venha a estar danificado na certificação, a manobra para substituir aquele por outro cabo já passado resumir-se-á apenas pela prensagem deste no *patch panel* e na outra extremidade, sim, a recuperação da sobra, pela laje.

Os *patch cords* são identificados com etiquetadoras, bem como os cabos que saem com uma pequena sobra salva-guarda das canaletas.

6 Implantação


O cronograma de implantação caracteriza-se pela fase sequencial de atividades. Temos que **DB**, o projetista que executa as tarefas e **EP**, empresa privada que auxilia o projetista na execução de determinados passos da implantação; e, logo após a implantação, a certificação. Note-se que por vezes, o executor da tarefa de determinado dia é iniciado ou por **DB**, ou por **EP**. No caso que questão, o que inicia é o que tem a liderança da respectiva tarefa, e o que vem por segundo é o auxiliar da tarefa.

A maior parte da execução da implantação concentra-se no período da primeira quinzena de dezembro. A quinzena final de novembro destina-se à aquisição dos equipamentos passivos e ativos: tarefa que demanda tempo e busca pelos componentes, ou até mesmo ainda o recebimento destes por transportadora ou Correios, dependendo do tipo de compra, por isto dá-se um considerável prazo para apenas a juntada de todos os passivos e encaminhamentos.












O cronograma de certificação está incluído na tabela da próxima página, porém, esta etapa está mais dependente da empresa privada do que do projetista e é esta empresa que faz a homologação final da certificação. Estipulou-se uma janela de 1 mês com uso operacional da rede para proceder-se à certificação em si, documentada. O mês de fevereiro de 2020 é escolhido para realizar-se a certificação da rede.

Muito importante notar no cronograma de implantação que há um plantão de 24 horas para chamado diretamente ao projetista, para que este solucione todo os problemas assim que for solicitado, pois a rede ainda não estará certificada, mas pequenos problemas poderão ser solucionados neste plantão semanal de 24 horas. Isso faz parte da garantia do contrato.

Cronograma da Implantação

		Executor	Estado	Prazo Final	Prioridade
Compra dos passivos de rede			Realizado	 nov 14	Alta
Compra do encaminhamento			Realizado	 nov 28	Alta
Montagem de Rack			Realizado	 nov 28	Alta
Instalação dos eletrodutos na laje			Realizado	 nov 29	Alta
Instalação das passagens de alvenaria			Realizado	 nov 30	Alta
Instalação das canaletas			Realizado	 dez 2	Alta
Passagem dos cabos Etapa 1			Em progresso	 dez 3	Alta
Passagem dos cabos Etapa 2			Em progresso	 dez 4	Alta
Passagem dos cabos Etapa 3			Em progresso	 dez 5	Alta
Instalação dos Pontos nas ATRs			Em progresso	 dez 6	Média
Montagem do Patch Panel			Em progresso	 dez 7	Média
Identificar todos os cabos			Revisão	 dez 7	Média
Inserção em todos os pontos			Revisão	 dez 10	Média
Teste com testador de cabo			Revisão	 dez 10	Média
Ligação dos ativos			Revisão	 dez 11	Média
Testes de PING			Revisão	 dez 11	Baixa
Verificações finais			Revisão	 dez 12	Baixa
Lançamento da fatura			Revisão	 dez 13	Alta
Plantão 24 horas por 1 semana para e...			Revisão	 dez 17	Alta

Cronograma para Certificação

		Executor	Estado	Prazo Final	Prioridade
Certificação da Rede - Fase 1			Revisão	 fev 4, 2020	Baixa
Certificação da Rede - Fase 2			Revisão	 fev 6, 2020	Baixa
Certificação da Rede - Fase 3			Revisão	 fev 8, 2020	Baixa
Homologação			Revisão	 fev 20, 2020	Baixa

7 Plano de certificação

A certificação deverá acontecer após a finalização da instalação da rede, e devidamente em estado operacional. O escopo do projeto será apenas apresentar o cronograma de certificação e determinar quais testes devem ser realizados.

Como dito anteriormente, numa rede certificada, deve-se evitar ao extremo o uso de cabos feitos manualmente, com a chamada “crimpagem”. Para cada ponto, deverá ser utilizada a ferramenta de inserção, e dali o seu respectivo *patch-cord* injetado será conectado.

Recomenda-se usar o certificador da marca *Fluke*, modelo **DTX-1800** ou compatível.

Para a certificação, aponta-se 10 elementos essenciais para o relatório, dos quais os principais estão explanados em síntese.

7.1 NEXT - Near End Cross Talk — ou Paradiafonia

A definição de *crosstalk* (diafonia) é o fenômeno ocorrente de um sinal que causa uma interferência não-intencional em outro sinal próximo. O parâmetro **NEXT** refere-se à capacidade de detectar essa interferência, partindo do ponto de saída do cabo, ou seja, na posição em que estamos: perto do cabo. Na figura abaixo temos o exemplo gráfico de um exame **NEXT** bem sucedido — as linhas precisam estar uniformes e não se deve observar nenhuma linha muito abaixo da linha base.

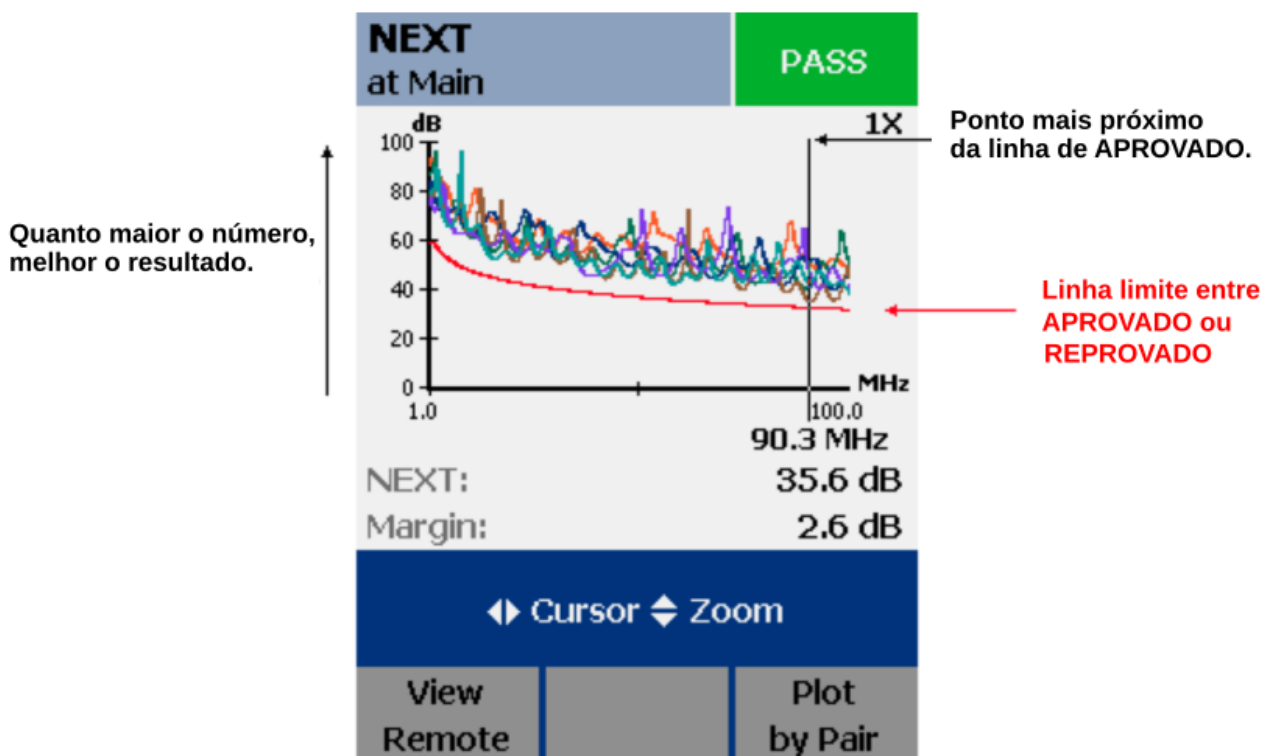


Figura 4: Exemplo de **NEXT** aprovado. – CITAR A FONTE

7.2 FEXT - Far End Cross Talk — ou Telediafonia

Vimos que o NEXT é o fenômeno que ocorre no início do cabeamento, o ponto de partida. O **FEXT** seria o mesmo fenômeno, só que fazendo o **caminho inverso**: partindo do ponto de chegada do cabo, ou seja, na posição em que o cabo termina. O **FEXT** em si constitui-se num problema menos grave que o **NEXT**, pois os sinais de interferência são mais fracos, e além disso, atenuados. Não obstante, um ponto de falha pode gerar um pico no gráfico, como que para o fim da linha, cabendo ao técnico a detecção física da falha. Na figura abaixo temos um exemplo de detecção de **FEXT**. Geralmente se opta por mensurar o parâmetro ELFEXT (*Equal Level Far End Crosstalk*) que é a diferença entre FEXT e a Inserção de Perda (também chamado simplesmente de “Atenuação” ou ACR).

7.3 ACR - Attenuation To Cross Talk Ratio — ou Insertion Loss / Inserção de Perda

Atenuação é definida pela diminuição gradual do fluxo de intensidade de um sinal, dentro de um meio, como o cobre, por exemplo. Com a inserção de perda, é possível verificar a resiliência do material em situação de “estresse”. Nas figuras abaixo temos os respectivos exemplo de gráfico ACR.

7.4 Os onze itens de uma rede certificada

Nesta seção estão listadas os 10 itens que compõem, os 10 testes primários, para conformidade com os padrões TIA/EIA.

- Mapa de fios - verifica continuidade de fios e revela a pinagem.
- ACR - verifica a atenuação dentro dos padrões do cabo.
- NEXT - verifica o *crosstalk* do ponto de partida.
- FEXT - verifica o *crosstalk* do ponto de chegada.
- PSNEXT - calculo de NEXT somado à FEXT.
- ELFEXT - diferença de ACR e FEXT.
- PSELFEXT - soma dos valores individuais de FEXT.
- Retorno de perda - encontra diferenças de impedância.
- Atraso da propagação - tempo levado para a origem atingir o destino.
- Comprimento do cabo - afere o comprimento do cabo.
- Atraso da inclinação - diferença do par que apresenta maior atraso de propagação com o que apresenta menor atraso.

8 Plano de manutenção

Caberá ao setor de T.I. averiguar o estado dos passivos e realizar testes de rede ocasionalmente, incluindo velocidades do *link* contratado de Internet e sinal da rede *wireless*. Também se faz necessário verificar presença de intempéries tais como infiltrações, se ocorrerem, pois é comum que infiltrações por chuva causem danos ao cabeamento.

Como prática mensal o administrador da rede deverá gerar relatórios de tráfego e buscar a otimização da rede lógica, com a criação de VLANs, para reduzir tráfego e diminuir o domínio de *broadcast*,

aumentando a segurança. Verificações ocasionais nos relatórios do servidor do roteador para verificar acesso indevido ou tentativa de acesso indevido por parte de funcionário ou ataque externo.

O setor de T.I. deverá criar políticas de segurança para o escritório, tais como acesso ao SEQ e a proteção física dos ativos. É recomendado também a instalação de detectores de fumaça (fora do escopo deste projeto) para a percepção de incêndio.

8.1 Plano de expansão

Obviamente que neste projeto de baixa complexidade, já é considerado esgotado o recurso em termos de cabeamento de cobre dedicado ponto a ponto (em que cada ponto da área de trabalho é um ponto em uma porta do *switch*). Para expandir os pontos existentes, pode-se adotar a seguinte estratégia:

- Transformar os cabos existentes em links de tronco.
- Abandonar o cabeamento de cobre em favor da passagem de fibra óptica pelos eletrodutos, com os devidos *switches* dedicados e separados por duto.
- Substituição dos pontos a serem instalados por MUTOAs, permitindo mais cabos.
- Agregamento de mais canaletas X2, em paralelo, com existentes, para abrigar mais cabos.

9 Risco

O projeto não demanda, de forma incisiva, condicionamento de ar no cômodo SEQ, pela pouca quantidade de equipamentos presentes. Porém, há um risco inerente de interferência eletromagnética com possíveis cabos de rede que fiquem menos que 30 cm de distância de linhas de energia. A norma estabelece o mínimo de 30 cm de distância dessas linhas, pois o eletromagnetismo provindo desses cabos podem gerar ruídos na rede.

Não obstante, visa-se que o custo do cabo blindado e de conectores, não se faz imperativo nessa instalação de escritório, pois o custo destes cabos é extremamente elevado, podendo tal valor ser mais compensador gastos com passagem de uma única fibra óptica e a instalação de seus conversores de mídia, na camada 1 e 2. A fibra óptica não captura nenhuma interferência de eletricidade. Ver mais sobre o cancelamento de eletromagnetismo na seção **Recomendações**.

10 Orçamento

Tabela de de custo dos equipamentos passivos.

Tabela 10: *Custo dos passivos*

Equipamento Passivo	Fabricante	Unitário (R\$)	Total (R\$)
Rack 44 U Fechado	Lextron	1.899,00	1.899,00
Patch Panel 24 Portas CAT 6 GigaLan	Furukawa	699,00	1.398,00
Organizadore de cabos 1U 80 cm	Lextron	30,00	60,00
Cabo UTP CAT 6 305 m	Furukawa	592,92	1.967,76
Cabo UTP CAT 6 70 m	Furukawa	189,00	189,00
Patch Cords CAT 6 - 1,5 m (Cinza)	Furukawa	32,00	1.114,00
Patch Cords CAT 6 - 2,5 m (Cinza)	Furukawa	39,00	858,00
Caixa de Sobrepor 1 Porta	C. Network	4,80	120,00
Keystone 375055-1 CAT 6	AMP	19,00	760,00
Total em R\$			8.365,76

Tabela 11: *Custos de encaminhamento*

Encaminhamento	Fabricante	Unitário (R\$)	Peças	Total (R\$)
Eletroduto PVC 4"	Tigre	153,00	13	1.989,00
Canaleta X2 Adesivada	Dutoplast	39,00	29	1.131,00
Acabamentos X2	Dutoplast	8,00	23	184,00
Passagens	Tigre	15,00	6	90,00
Total em R\$				3.394,00

O total valor total de orçamento para os equipamentos passivos e encaminhamento necessário, excluindo eventuais peças de urgência, é de **R\$ 11.759,76**. Preço na data de 10 de novembro de 2019.

11 Recomendações

11.1 Cancelamento do eletromagnetismo

Muitas vezes, técnicos da elétrica sequer possuem um conhecimento sólido de como se deve ter em mente o *cancelamento* do eletromagnetismo gerado por fios de cobre. Geralmente, temos que os elétrons viajam como que na forma de uma espiral, pelo cobre, com determinada força em uma direção específica. Quando a corrente de um fio de energia recebe o sinal pelo negativo, e volta por outro condutor do mesmo cordão de força, temos que as duas forças serão opostas, causando a repulsa dos dois condutores — gerando uma interferência para além do cordão.

Se o condutor do mesmo cordão de força tivermos a corrente indo na mesma direção, então as forças serão atrativas, causando a atração dos dois condutores — gerando uma interferência para dentro do núcleo do cordão. Desta forma, podemos pensar que não é sem lógica que cordões de força possuem filamentos de cobre trançados: para causar o cancelamento. O mesmo ocorre com os filamentos de fios de rede — a trança do par ajuda a haver um *cancelamento* da interferência entre filamentos de cobre.

É de extrema importância, num projeto que não contempla cabos blindados que vão passar perto de cabos de energia 110V/220V, a observação sobre o *cancelamento* de campos eletromagnéticos. Instalações que possuem condicionadores de ar que utilizam muita amperagem da concessionária, demandam alguma considerável amperagem que pode causar grande interferência se estiverem bem próximos aos cabos de uma rede.

11.2 Aterramento

Contra choques elétricos, é essencial que o pino central da tomada padrão atual, seja ligado a um ponto terra. Note-se que este aterramento não protege os equipamentos de descargas elétricas na rede de distribuição de energia — fazendo-se necessário o uso de filtros de linha com proteção contra surtos, se a edificação não dispor de um sistema de para-raios que ocasione a equipotencialização para o terra.

11.3 Equipamentos que causem danos

Um equipamento que geralmente causa danos aos ativos é o chamado "estabilizador de energia". Na verdade, o famigerado "estabilizador de energia" é um chaveador automático, que prejudica a senoidal da rede de energia de corrente alternada — sendo entregue de forma distorcida ao equipamento ativo e causando dano irreversível ou mau funcionamento. É recomendado que seja "*banido*" tal equipamento, por não haver base científica sobre sua capacidade de "estabilizar" a energia.

11.4 Manutenção da energia em caso de queda

Para equipamentos em que se precise de manutenção da energia mesmo após a queda da concessionária, é recomendado o uso de um *no-break* do tipo *on-line* de dupla conversão, que faça a entrega de senoide sem distorções — e evitar o uso de outros tipos de *no-break* que entregam a senoide distorcida: apesar de funcionarem e serem bastante adquiridos no mercado por um preço razoável, são equipamentos perigosos para o circuito receptor da onda.

11.5 Ativos de Rede

Como recomendação de ativos é algo importante, dada a considerável massiva presença de roteadores, *switches* e pontos de acesso de baixíssima qualidade revendidos no varejo brasileiro. Cita-se

as marcas D-Link e TP-Link como produtos que se deve evitar a aquisição. No caso entre de dilema dessas marcas, ficar com produtos D-Link por possuírem melhor construção física do que TP-Link.

Como recomendação de uma implementação com equipamentos de qualidade, 100% configuráveis, não há restrição por outras marcas, porém, a recomendação deste projeto segue-se da seguinte forma, segue-se o seguinte:

11.5.1 Roteador

Roteador com interfaces para dois serviços de Internet, *Gigabit Ethernet*, configurável via sistema operacional. Recomenda-se roteadores empresariais da marca *Cisco* ou *Mikrotik*. Por exemplo:

- Cisco 1000 Series Integrated Services — ISR 1000. Equipado com o Cisco IOS e acesso ao console do dispositivo para administração.
- Mikrotik Ethernet Router - RB2011iL. Equipado com o RouterOS, totalmente configurável pela linha de comando ou pelo WinBox. Pode receber até 05 WANs de uma única vez para criar-se muita redundância com disponibilidade de Internet.

11.5.2 Switch

Switch com interfaces *Gigabit Ethernet*, gerenciável por linha de comando, com suporte a VLAN, ACL, modo de tronco e modo de acesso. Recomenda-se roteadores empresariais da marca *Cisco* ou *Mikrotik*. Por exemplo:

- Cisco Catalyst 2960-L Series. Equipado com o Cisco IOS e acesso ao console do dispositivo para administração. Este equipamento tem 48 portas para a LAN.
- Mikrotik Switch - CSS326-24G-2S+RM. Equipado com o SwOS, totalmente configurável pela linha de comando, ocupa 1U no rack No caso da escolha pelo Mikrotik, duas unidades devem ser adquiridas para o projeto, pois este *switch* possui apenas 24 portas.

11.5.3 Ponto de acesso sem fio

- Cisco Aironet 1815i Access Point. Ponto de acesso com frequências em 2,4 e 5 GHz, com suporte ao padrão 802.11ac.
- Mikrotik Access Point - hAP ac. Equipado com o RouterOS, totalmente configurável pela linha de comando, discreto na instalação, com antenas internas de 2,4 e 5 GHz. Possui suporte ao novo protocolo de *wireless* 802.11ac.

11.5.4 Servidor

- Processador com 8 núcleos reais.
- Fonte redundante.
- 1 TB de disco (duas unidades).
- 64 GB de RAM.
- Duas interfaces de rede.

12 Referências bibliográficas