

ODAIL CARDOSO

CENTRALIZAÇÃO DO SISTEMA DE SONORIZAÇÃO COM ÊNFASE
NA PROVA DE CONCEITO

São Paulo

2016

ODAIL CARDOSO

CENTRALIZAÇÃO DO SISTEMA DE SONORIZAÇÃO COM ÊNFASE
NA PROVA DE CONCEITO

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Especialista
em Metroferrovia

Área de concentração:
Engenharia Metroferroviária

Orientador: Prof. Doutor
Denis Gabos

São Paulo

2016

Catálogo-na-publicação

Cardoso, Odail

CENTRALIZAÇÃO DO SISTEMA DE SONORIZAÇÃO COM ÊNFASE NA
PROVA DE CONCEITO / O. Cardoso – São Paulo, 2016.
36 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia Metroferroviária) - Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de Educação
Continuada em Engenharia.

1.Sonorização Centralizada 2.Gerenciamento por SSH e SFTP
3.Protocolo TCP/IP 4.Raspberry Pi 5.Distro Linux (Raspbian e Ubuntu)
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de
Educação Continuada em Engenharia II.t.

RESUMO

Todos os avisos sonoros dentro da CPTM são controlados pelas próprias estações e para se emitir os Avisos ao Público em várias estações de forma coordenada, é necessário contatar cada estação, por telefone, explicar a situação e informar a mensagem que deve ser emitida. O presente trabalho propõe uma solução centralizada no CCO (Centro de Controle Operacional) da CPTM, para a geração e gerenciamento desses avisos sonoros, utilizando sempre que possível as tecnologias de fácil acesso e equipamentos de baixo custo e a infraestrutura já existente, mas construindo uma solução que permitirá a integração com futuros serviços e sistemas da CPTM. Foi desenvolvido um protótipo, como prova de conceito capaz de mostrar que a solução funciona, utilizando a infraestrutura existente e alguns equipamentos legados. Por se tratar de uma solução específica para a CPTM, necessitará de poucos recursos adicionais, podendo ser implantada pelos próprios funcionários reciclando alguns equipamentos ociosos.

Palavras-chave: Centralização. Sonorização. Infraestrutura. CPTM.

ABSTRACT

All beeps inside the CPTM are controlled by their own stations and to issue warnings to the public at various stations in a coordinated manner, you must contact each station, by phone, explain the situation and inform the message to be issued. This paper proposes a centralized solution in CCO (Center of Operational Control) CPTM for the generation and management of these beeps, using wherever possible the technologies easily accessible and low-cost equipment and the existing infrastructure, but building a solution that will allow integration with future systems and services CPTM. a prototype as proof of concept able to show that the solution runs was developed using existing infrastructure and some legacy equipment. Because it is a solution specific to the CPTM will need a few additional features and can be deployed by the employees themselves by recycling some idle equipment.

Keywords: Centralization. Sound. Infrastructure. CPTM.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	6
1.2	OBJETIVO DO PRESENTE TRABALHO	7
1.3	ESCOPO	7
1.4	JUSTIFICATIVA	8
1.5	METODOLOGIA.....	8
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	TECNOLOGIA <i>ETHERNET</i>	9
2.2	PROTOCOLO ARP	11
2.3	PROTOCOLO FTP.....	12
2.4	PROTOCOLO SSH	13
3	LEVANTAMENTO DOS SISTEMAS EXISTENTES	14
3.1	SISTEMA CONTROL	14
3.2	SISTEMA APEL.....	16
3.3	SISTEMA BOSCH	17
4	LEVANTAMENTO DA INFRA ESTRUTURA EXISTENTE.....	19
4.1	SISTEMA DE TRANSMISSÃO ÓTICA (STO)	19
5	PROPOSTA DE SISTEMA.....	20
5.1	VISÃO GERAL	20
5.2	USO DA FIBRA ÓPTICA	20
5.3	DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO	21
5.3.1	Infraestrutura de Comunicação	22
5.3.2	Módulo de Controle.....	23
5.3.3	Módulo de Estação.....	23
5.3.4	Funcionalidades	24
6	PROVA DE CONCEITO	25
6.1	COMPONENTES DA SOLUÇÃO	25
6.2	DESCRIÇÃO DO SISTEMA	26
6.3	INSTALAÇÕES E CONFIGURAÇÕES	26
6.3.1	Instalação do <i>Player</i>.....	26
6.3.2	Configurando IP Estático	27

6.3.3	Configurando Autenticação Automática ao Acesso Remoto.....	28
6.4	PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO.....	30
6.4.1	Procedimento para Transferência de Arquivo de Áudio	30
6.4.2	Procedimento para Reprodução de Áudio.....	31
6.5	AUTOMATIZAÇÃO POR <i>SHELL SCRIPT</i>	32
7	CONCLUSÕES	33
8	TRABALHOS FUTUROS.....	34
	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será abordado a contextualização, o objetivo do presente trabalho, escopo, justificativa, metodologia e a estrutura do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A CPTM possui seis Linhas com o controle de tráfego centralizado. Este controle centralizado da CPTM é feito no Centro de Controle Operacional (CCO), localizado no bairro do Brás, na cidade de São Paulo.

Figura 1 - CCO da CPTM



Fonte: O Autor (2016)

O CCO da CPTM apesar de ser responsável por controlar o tráfego de trens, não centraliza as mensagens sonoras que são reproduzidas nas estações com a finalidade de orientar os usuários. Estas mensagens sonoras, chamadas de Aviso ao Público (AP), são reproduzidas pelo sistema de sonorização localizado em cada estação e operado localmente, por solicitação do CCO.

Atualmente, quando há uma ocorrência no qual os usuários de uma ou mais estações precisam ser avisados ou orientados, o CCO entra em contato com as estações pelo telefone e os funcionários de cada estação precisam anotar o aviso e anunciar as mensagens utilizando o microfone do sistema de sonorização. Esse processo tem como características ser lento e suscetível a engano na compreensão da mensagem por parte do funcionário da estação, além do risco de não haver pessoas disponíveis para atender ao telefone e emitir o AP.

Devido à meta da CPTM de aumentar o tráfego de trens com a diminuição dos intervalos entre as composições, nasce a necessidade de que as mensagens transmitidas nas estações sejam mais dinâmicas, de forma que no momento que haja alguma alteração na circulação de trens, os avisos sejam anunciados nas estações impactadas.

A forma de melhorar a eficiência desse processo seria implementar uma gestão feita remotamente pelo próprio CCO, de forma centralizada.



Fonte: O Autor (2016)

1.2 OBJETIVO DO PRESENTE TRABALHO

O presente trabalho tem como objetivo propor um Sistema de Sonorização Centralizado por IP, especificando as tecnologias necessárias e utilizando a infraestrutura e os equipamentos de sonorização existente na empresa, com o objetivo de reduzir os custos e tornar mais ágil a implantação.

O presente trabalho tem seu foco na construção do protótipo como prova de conceito.

1.3 ESCOPO

O levantamento dos equipamentos instalados e da infraestrutura existente foi restringido às Linhas 8 Diamante e 9 Esmeralda, pois são as que os integrantes possuem maior familiaridade e possuem equipamentos e infraestrutura mais recentes, resultando em uma maior facilidade para a concepção e implantação do sistema de sonorização centralizado.

1.4 JUSTIFICATIVA

O Sistema de Sonorização Centralizado por IP traria diversas vantagens para a CPTM, aumentando a eficiência e reduzindo custos. Isso se deve ao fato de eliminar intermediários, pois o CCO passaria a controlar diretamente a sonorização de todas as estações da CPTM, ganhando com isso mais velocidade e economizando recursos se comparado com a forma de trabalhar atualmente.

No sistema proposto, o CCO teria condições de enviar o aviso a ser reproduzido no sistema de sonorização de cada estação, sem intermediários, o que traria diversos benefícios como integração, redução de custos, menor tempo de resposta, etc.

1.5 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido através das seguintes etapas:

1. Revisão bibliográfica, com levantamento de tecnologias e soluções possíveis;
2. Entrevistas com as equipes de projetos, implantação e manutenção;
3. Levantamento de informações em campo;
4. Análise e especificação da solução;
5. Desenvolvimento de protótipo.

Faz parte da metodologia o trabalho conjunto dos dois integrantes do grupo até a definição da solução a ser construída, ou seja, a escolha da infraestrutura legada a ser usada e a definição do sistema e tecnologias a serem empregadas.

A partir desse ponto um membro do grupo passou a descrever com detalhe a solução e resolver ainda alguns detalhes de tecnologia e o outro membro focou seu trabalho na implantação da prova de conceito.

O presente trabalho é o da apresentação da prova de conceito.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é dividido em sete capítulos. O primeiro é o capítulo de introdução que faz uma breve descrição da empresa que será analisada, no caso a

Companhia de Trens Metropolitanos (CPTM), explica o objetivo do trabalho, o escopo, justificativa e a metodologia empregada.

No segundo capítulo é feito o estudo das teorias utilizadas nos capítulos posteriores.

O terceiro capítulo descreve os diferentes sistemas de sonorização instalados nas estações das Linhas 8 Diamante e 9 Esmeralda, que são o escopo deste trabalho.

No quarto capítulo é levantada a infraestrutura de comunicação existente nessas duas linhas.

O quinto capítulo propõe duas soluções para se centralizar o sistema de sonorização no CCO empregando os sistemas de sonorização e infraestrutura de comunicação existente.

No sexto capítulo é descrito o sistema montado como prova de conceito.

No sétimo capítulo são apresentadas as conclusões baseado nas análises feitas ao longo do trabalho.

No oitavo capítulo são feitas algumas considerações sobre trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão estudados os conceitos de *Ethernet*, *switch*, e protocolos ARP, FTP e SSH. Essa revisão bibliográfica será necessária para uma melhor compreensão do sistema de comunicação de dados existentes nas Linhas 8 Diamante e 9 Esmeralda, além dos conceitos utilizados para as propostas de solução do problema apresentado no presente trabalho.

2.1 TECNOLOGIA *ETHERNET*

Segundo Costa (2010), o padrão *Ethernet* foi criado no final da década de 1970 pelo consórcio de empresas formadas por Intel, Xerox e DEC. Esse padrão utiliza a camada física e de enlace do modelo *Open Systems Interconnection* (OSI), que pode ser traduzido como Interconexão de Sistemas Abertos.

Casagrande (2008) descreve que baseado no padrão Ethernet, o *Institute of Electrical and Eletronics Engineers* (IEEE) publicou em 1985 o seu padrão, com o título formal de IEEE 802.3 *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* (CSMA/CD), no qual foi adotado pela *International Organization for Standardization*

(ISSO), em português a Organização Internacional para Padronização, o que fez deste o padrão mundial de gestão de redes.

Conforme afirma Casagrande (2008), apesar de muito semelhantes, há pequenas diferenças entre a Ethernet e o IEEE 802.3. A Ethernet provê os serviços das camadas físicas e de enlace do modelo OSI, enquanto o IEEE 802.3 especifica a camada física e o acesso ao canal da camada de enlace, porém sem definir o protocolo de controle de enlace lógico. As diferenças tornam ambos incompatíveis. “No entanto, esta incompatibilidade não é um problema, dado que atualmente quase todos os fabricantes seguem o padrão IEEE 802.3 (ou com funcionamento dual). A literatura se refere às duas técnicas como ethernet simplesmente. ” (CASAGRANDE, 2008, p. 6).

Em uma rede *Ethernet*, o protocolo de acesso ao meio utilizado é o *Carrier Sense, Multiple Access, Collision Detect* (CSMA/CD). Nesse protocolo, quando um dispositivo precisa transmitir pela rede, este confere o meio de transmissão para verificar se não há outro dispositivo transmitindo naquele momento e transmite somente quando detecta que o meio está inativo. Caso dois dispositivos comecem a transmitir simultaneamente, ambos detectam a colisão, param de transmitir e aguardam um tempo randômico antes de tentarem transmitir novamente. Como o tempo de espera é randômico, mitiga-se o risco desses dois dispositivos tentarem transmitir juntos novamente.

Segundo Bezerra (2008), os adaptadores de rede existentes em cada estação de uma rede Ethernet possui um endereço MAC, que é o endereço físico da estação e os identificam na rede. É formado por 6 bytes, onde os 3 primeiros bytes identificam o fabricante, no qual é chamado de *Organizationally Unique Identifier* (OUI), e os três últimos bytes determinam o adaptador específico do fabricante. Conforme afirma Dias (2013), para garantir que cada endereço MAC seja único no mundo, cada fabricante deve estar registrado em uma autoridade IEEE, que fornece o OUI ao fabricante e garante que esse identificador não se repetirá. Portanto, não existem no mundo duas placas com o mesmo endereço MAC.

As estações interligadas em uma rede *Ethernet* trocam informações utilizando quadros, que possuem campos definidos e padronizados.

Conforme descreve Casagrande (2008), cada campo do quadro possui uma função específica, no qual é detalhado a seguir.

O campo preâmbulo é formado por uma sequência de bits 0 e 1 alternados, e tem como objetivo fazer com que todos os receptores *Ethernet* identifiquem a presença de um quadro e se sincronizem.

O delimitador de início de quadro é a continuação do preâmbulo, ou seja, mantêm a sequência de bits 0 e 1 alternados, mas com os dois últimos bits em 1, que indica aos receptores *Ethernet* o final da sincronização e a sequência do quadro de dados.

O campo endereço de destino consta o endereço MAC do dispositivo que deve receber o quadro. Os acopladores da rede ao detectarem o preâmbulo, sincronizam e leem o campo de endereço. O dispositivo que possuir o mesmo endereço lê o quadro por completo e se não houver erros, repassa para a camada superior. Também é possível endereçar o quadro para um grupo de estações ou para todas as estações da rede. Existe uma terminologia para cada caso: *unicast* quando é endereçado para uma única estação, *multicast* quando é destinado a um grupo de estações e *broadcast* quando é endereçado para todas as estações da rede.

O campo endereço da fonte consta o endereço MAC da estação que transmitiu o quadro.

O campo tamanho de dados indica a quantidade de bytes do campo dados.

O campo dados possui a informação a ser enviada e pode ter o tamanho mínimo de 46 bytes e no máximo 1500.

O último campo CRC consta informações para detecção de erro no quadro.

2.2 PROTOCOLO ARP

Conforme afirma Dias (2013), em uma rede, tanto pública como privada, cada terminal é identificado por um endereço lógico, como por exemplo, o endereço IP. Se não fosse dessa forma, seria necessário alterar o endereçamento de todos os terminais da rede sempre que houvesse a troca de uma placa de rede, por exemplo. No entanto, segundo Carissimi; Rochol e Zambenedetti (2009), o endereço lógico não pode ser utilizado pelos terminais da rede para comunicação, por não terem significado algum para a camada de enlace. Conforme afirmam os autores sobre os endereços lógicos “A identificação real da origem e do destino é feita por meio dos endereços MAC de suas interfaces de comunicação (placa de rede).” (CARISSIMI; ROCHOL e ZAMBENEDETTI, 2009, p. 240).

No entanto, segundo Dias (2013) não existe nenhuma relação entre os endereços IP e MAC. Além disso, quando um terminal precisa enviar uma informação para outro terminal, este conhece apenas o endereço lógico e não o endereço físico. Por isso, o protocolo ARP possui um papel importante, pois “[...] permite obter o endereço físico (MAC) de uma placa de rede, utilizando o endereço lógico (IP) correspondente.” (DIAS, 2013, p. 1).

Quando uma estação necessita enviar uma informação a outro, precisa descobrir o endereço físico de outro terminal através do endereço lógico. Esta estação constrói uma mensagem chamada de *ARP Request*, que contém seu endereço físico, lógico e o endereço lógico da estação que se deseja descobrir o endereço físico e o envia para todos os terminais da rede. Cada estação compara o endereço lógico questionado com o próprio. Se for diferente, a mensagem é ignorada. O terminal com o endereço lógico igual envia uma mensagem chamada de *ARP Reply* ao terminal que questionou, com seu endereço físico.

Porém, segundo afirma Boteon (2007), não é viável que um terminal envie o *ARP Request* e aguarde o *ARP Reply* todas as vezes que precisar se comunicar com outro terminal. Por esse motivo, cada terminal possui uma tabela ARP, onde constam os endereços lógicos e seus respectivos endereços físicos. Assim, conforme afirma Dias (2013), antes de um terminal transmitir, este verifica em sua tabela ARP primeiro e só envia o *ARP Request* se não encontrar uma correspondência. Esta tabela é dinâmica e os endereços que não forem utilizados por um determinado período são descartados.

2.3 PROTOCOLO FTP

O protocolo *File Transfer Protocol* (FTP), que significa protocolo de transferência de arquivos, surgiu no início da década de 70 e segundo Guerber (2007), o protocolo FTP é tão antigo que possui suporte até para sistemas *Mainframe*. Esse protocolo pertence à suíte de protocolos TCP/IP e trabalha na camada de Aplicação.

Conforme António (2008) explica, o FTP foi desenvolvido para que houvesse uma forma eficiente e confiável para transferir arquivos entre dois computadores conectados a uma rede. É frequentemente utilizado, sendo o padrão para transferência de arquivos na Internet.

Guerber (2007) afirma que o FTP utiliza pelo menos duas conexões durante uma sessão, sendo a primeira uma conexão *half-duplex* para controle e a uma *full-duplex* para a transferência dos dados. No entanto, há dois métodos que o cliente pode utilizar para a conexão de dados: a conexão de modo ativo ou de modo passivo.

Antônio (2008) detalha que no modo ativo, o cliente utilizando uma de suas portas genéricas, acima da 1024, faz a conexão de controle utilizando a porta 21 do servidor. Utilizando esta conexão, o cliente informa ao servidor por qual porta deseja receber o arquivo. Então o servidor, utilizando sua porta 20, faz a conexão de dados com a porta do cliente informada. Esta conexão poderá ser utilizada para transferência de dados em ambos os sentidos.

Na conexão de modo passivo, fica a cargo do cliente o estabelecimento das conexões de controle e de dados. Do mesmo modo que ocorre no modo ativo, para iniciar a conexão de controle, o cliente estabelece uma conexão de controle com a porta 21 do servidor, utilizando uma de suas portas acima da 1024. No entanto, o cliente informa ao servidor que a conexão será de forma passiva. Neste caso, o servidor escolhe uma porta sua, acima da 1024 e informa ao cliente que será esta porta que utilizará para a conexão de dados. O cliente então utilizando uma porta acima da 1024 e, diferente da que utilizou para estabelecer conexão de controle, se conecta à porta informada pelo servidor, estabelecendo a conexão de dados.

2.4 PROTOCOLO SSH

Conforme descreve Nogueira (2009), era utilizado o Protocolo de Terminal Virtual, conhecido como TELNET, para se estabelecer uma conexão entre dois computadores de uma rede, no qual é possível comandar uma máquina através de outra, possibilitando executar programas e comandos remotamente. No entanto, o TELNET não possuía nenhuma forma de proteção dos dados que trafegavam na rede, possibilitando que dados sigilosos, como senhas, pudessem ser capturados por *hackers* que tivessem acesso à mesma rede. Se for considerado que o acesso remoto, utilizando o TELNET, pode ser feito através da Internet, essa falta de segurança se torna extremamente crítica.

Como forma de resolver o problema de segurança, Hostalia [Ca. 2010] afirma que o finlandês Tatu Ylönen, no ano de 1995, desenvolveu o protocolo Security Shell (SSH). No entanto, na primeira versão apesar dos dados não poderem mais ser

capturados apenas escutando a rede, descobriu-se uma grave falha de segurança, onde hackers conseguiam introduzir dados no fluxo de informações cifradas. Diante deste problema, em 1997 foi lançado a versão 2 do SSH, no qual se corrigia esse problema de segurança.

O protocolo SSH trabalha com a característica de cliente e servidor. Para estabelecer uma conexão utilizando o protocolo SSH, o cliente inicia uma conexão TCP através da porta padrão 22 do servidor. O cliente e o servidor entram em acordo sobre a versão do protocolo e o algoritmo de criptografia a ser utilizado na troca de informações. O servidor possui duas chaves de criptografia, uma pública e outra privada. Este envia sua chave pública ao cliente, que é verificada e gera uma chave de sessão aleatória, que contém a chave pública enviada pelo servidor e o algoritmo de criptografia dos dados selecionado. Toda essa informação é enviada ao servidor, no qual confere, autentica o cliente e inicia a sessão de comunicação.

Ainda segundo Hostalia (CA 2010), os dados enviados e recebidos utilizando o SSH são criptografados utilizando um algoritmo de criptografia de 128 bits, que o torna muito seguro, pois é extremamente complicado para um hacker interceptar a conexão, decifrar e ler as mensagens que estão sendo trocadas. Desta forma, o cliente tem a possibilidade de utilizar, de uma forma segura, aplicações do servidor, conseguindo administrar a máquina remotamente, sem perceber a distância que as separa.

3 LEVANTAMENTO DOS SISTEMAS EXISTENTES

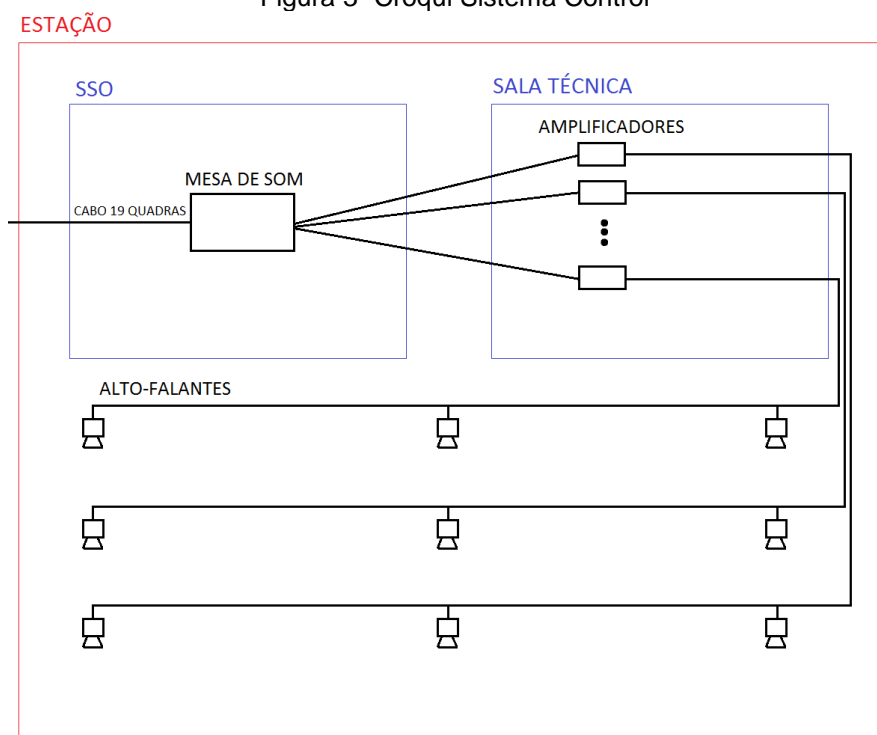
Atualmente as Linhas 8 Diamante e 9 Esmeralda possuem sistemas de sonorização de três fabricantes diferentes, que são: Control, Apel e Bosch. A seguir serão descritos os 3 sistemas.

3.1 SISTEMA CONTROL

É o sistema mais antigos dos três, sendo totalmente analógico e sem nenhum tipo de automação, existindo somente em algumas estações da Linha 8.

Conforme ilustrado na figura 3, nesse sistema há a mesa de som, localizada na Sala de Supervisão Operacional (SSO) da estação, responsável por reproduzir mensagens locais e as mensagens centralizadas enviadas da Barra Funda.

Figura 3- Croqui Sistema Control



Fonte: O Autor (2016)

Para as mensagens reproduzidas localmente é utilizado o microfone de forma que a mensagem é reproduzida no instante que se fala, não sendo armazenadas e nem sendo possível nenhuma programação local para controlar o instante e a frequência das mensagens. Os únicos controles possíveis são a escolha das áreas que as mensagens serão reproduzidas, selecionando os circuitos de saída aos quais os amplificadores estão ligados, sendo normalmente: plataforma 1, plataforma 2 e saguão.

A mesa de som também possui uma entrada analógica, mas quando utilizada, o som é reproduzido em todos os circuitos de saída, ou seja, não é possível selecionar a área. Para as estações que possuem esse tipo de equipamento e estão interligados ao sistema centralizado da Linha 8, o sinal proveniente da Barra Funda é inserido nesta entrada.

Dos amplificadores o sinal de áudio analógico é transmitido para as cornetas e os alto-falantes através de par metálico, não passando por equalizadores, o que não torna possível ajuste no áudio.

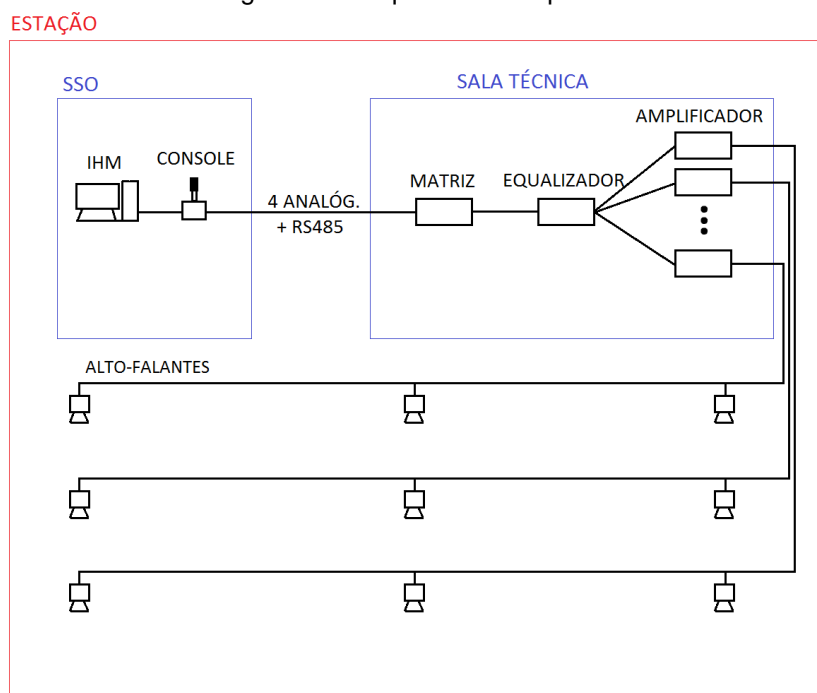
3.2 SISTEMA APEL

Os equipamentos dessa marca existiam nas estações da linha 8 Diamante e 9 Esmeralda. Mas com o objetivo de padronizar os equipamentos em uma das linhas, a equipe de Manutenção remanejou os equipamentos e conseguiram com que todas as estações da Linha 9 ficassem com esse sistema.

O sistema da APEL é constituído de uma interface homem máquina (IHM) e uma console, localizados dentro da SSO de cada estação, de uma matriz, equalizador e amplificadores, instalados na sala técnica e as caixas de som e/ou cornetas espalhados nas estações. Na figura 4 é ilustrado o croqui da arquitetura.

O console possui um microfone e um botão Aperte Para Falar (APF). O console se conecta via par metálico com a IHM. Os arquivos de mensagens pré-gravadas ficam armazenados na IHM. Quando uma das mensagens é reproduzida, o sinal de áudio é extraído da placa de som da IHM, passa pela console e é enviado à Matriz também via par metálico. Todo o processo de transmissão é analógico. Caso o funcionário da estação pressione o botão APF enquanto a IHM está executando uma mensagem pré-gravada, a console interrompe a transmissão do sinal da IHM para a Matriz e envia somente o áudio do microfone.

Figura 4 - Croqui Sistema Apel



Fonte: O Autor (2016)

A Matriz é um equipamento onde se seleciona em qual setor da estação o áudio será emitido, mas o acesso a sua configuração é feito pela IHM. A conexão entre a Matriz e a IHM é por cabo serial RS485.

O sinal de áudio que chega a Matriz é retransmitido ao pré-amplificador, ao equalizador e finalmente ao amplificador, onde estão conectadas as caixas de som e as cornetas da estação.

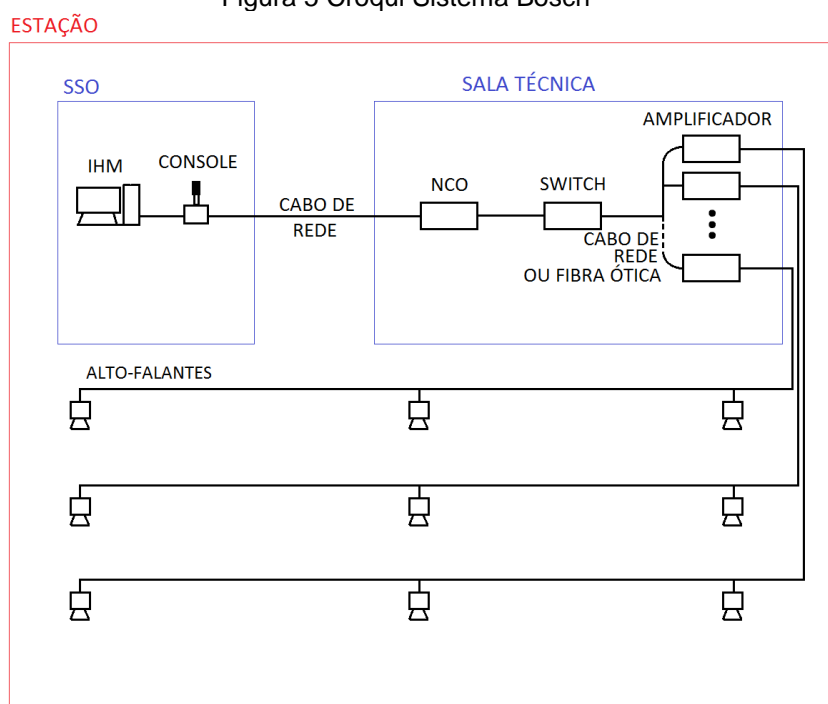
Na Matriz existem quatro entradas de áudio analógicas, sendo que uma é utilizada para receber o sinal da console.

3.3 SISTEMA BOSCH

O sistema de sonorização fabricado pela empresa alemã Bosch é o mais moderno existente na CPTM e foi o instalado nas últimas reformas e construções de estações. Esse sistema existe nas estações Domingos de Moraes, Barueri, Engenheiro Cardoso, Itapevi, Santa Rita e Amador Bueno, todas da Linha 8 Diamante.

Esse sistema é constituído de uma console, que fica na SSO, que possui um microfone e botão APF. A principal função da console é permitir que os funcionários da estação consigam emitir um AP (Aviso ao Público), apertando o APF e falando diretamente no microfone. No sistema Bosch, o funcionário da estação pode regular o volume e configurar se o AP será emitido em toda a estação ou em algum setor específico, configurando diretamente no console. Na figura 5 é ilustrado o croqui do sistema Bosch.

Figura 5 Croqui Sistema Bosch



Fonte: O Autor (2016)

O console é alimentado em 48 V por um conversor e recebe as informações do equipamento através de fibra óptica. O conversor se conecta ao NCO através de fibra óptica ou cabo UTP e fica instalado na sala técnica da estação.

O NCO é responsável por guardar e executar os arquivos dos APs pré-gravados, ficando armazenado nele também a lista de reproduções, no qual é parametrizado a ordem de reprodução dos APs e o intervalo entre elas. O acesso ao NCO é feito através da IHM, onde os funcionários da estação podem alterar a lista de reproduções. O NCO ao reproduzir os arquivos dos APs, transmite o sinal de áudio digitalizado ao *switch* que os distribui aos amplificadores que convertem para sinal analógico e o amplifica. Cada amplificar Bosch possui uma potência de 500 watts.

O NCO possui quatro entradas analógicas de áudio, sendo que somente duas podem ser configuradas para ser conectado a um microfone, que necessita de uma sensibilidade maior. Para cada entrada é possível configurar se o áudio será emitido em toda a estação ou em setores específicos.

4 LEVANTAMENTO DA INFRA ESTRUTURA EXISTENTE

Para que fosse possível arquitetar alternativas de projetos para o sistema de sonorização centralizado por IP, foi necessário pesquisar e estudar o estado atual do sistema de comunicação existente nas linhas 8 Diamante e 9 Esmeralda e analisar se poderiam ser utilizadas para transmitir os arquivos de áudio da forma desejada, ou seja, que pudessem ser enviados e reproduzidos em todas as estações ou endereçado para uma específica.

Para esse levantamento, foi analisada a documentação existente e entrevistado os responsáveis pelo projeto, implantação e manutenção dos sistemas.

4.1 SISTEMA DE TRANSMISSÃO ÓTICA (STO)

A CPTM possui diversos cabos de fibra óptica distribuídos ao longo das vias férreas. Parte desses cabos pertence às empresas que possuem permissão para utilizar a faixa de domínio da CPTM para encaminhar seus cabos. O restante dos cabos faz parte da infraestrutura de comunicação da CPTM. A tecnologia empregada atualmente no Sistema de Transmissão Óptica (STO) é o SDH.

Na Linha 8 Diamante há um cabo de 36 fibras que inicia no CCO e percorre toda a sua extensão, ou seja, da estação Júlio Prestes até a estação Amador Bueno. Na Linha 9 Esmeralda, há um cabo de 36 fibras que interliga o CCO e todas as estações entre Osasco a Jurubatuba e um cabo de 24 fibras interligando Jurubatuba a Grajaú. Nas duas linhas essas fibras interligam as estações e são interconectadas nas salas técnicas, tendo pelo menos um par de fibras livre.

As fibras ópticas são utilizadas para diversos sistemas dentro da CPTM, inclusive para o SDH, no qual há saídas disponíveis. Portanto, em todas as estações há pelo menos um par de fibras e uma saída do STO disponíveis.

Devido às distâncias entre as estações serem de alguns quilômetros, para se minimizar ao máximo as atenuações, foi exigido das empresas que instalaram os cabos de fibra óptica que não houvesse emenda em nenhum ponto. Com isso, as fibras ópticas apresentam somente as perdas intrínsecas e nas conexões dentro das salas técnicas das estações.

5 PROPOSTA DE SISTEMA

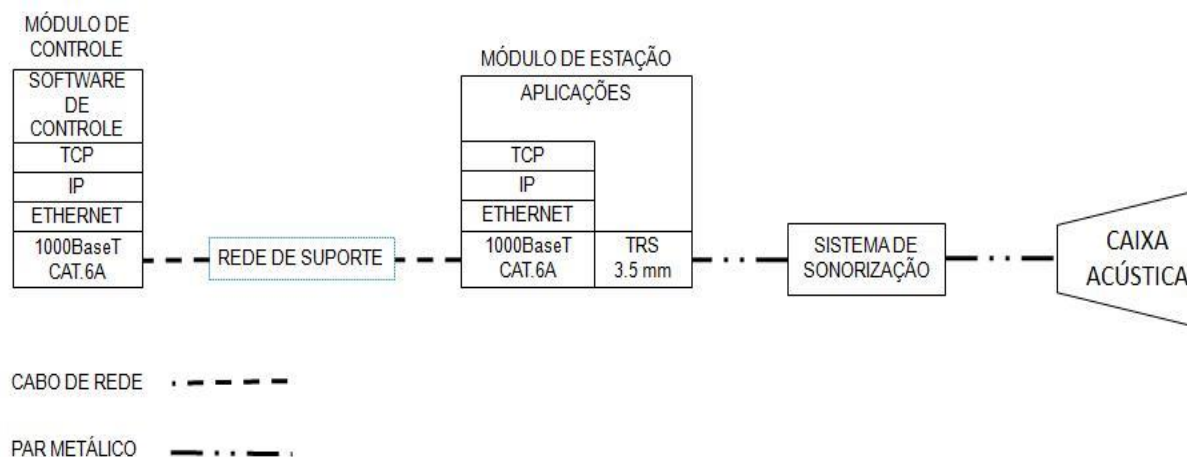
Com base no levantamento feito em campo, é proposto um sistema que aproveite a infraestrutura existente para o tráfego de dados e sonorização das estações, sendo necessário somente o acréscimo de equipamentos para o gerenciamento das mensagens.

5.1 VISÃO GERAL

A proposta de sistema aproveita a Rede de Suporte existente para fazer a transmissão dos avisos sonoros entre as estações, os quais serão transportados na forma digital e transformados nas estações para a forma de sinais de áudio analógico compatíveis com os equipamentos de sonorização existentes.

A figura 6 mostra a estrutura proposta, com o acréscimo dos Módulos de Controle e Estação. Esse sistema teria como vantagem o baixo custo de implantação, visto que os Módulos não necessitam de hardware sofisticado.

Figura 6 – Arquitetura geral do sistema proposto



Fonte: O Autor (2016)

Na CPTM, poderíamos utilizar como Rede de Suporte, tanto o sistema SDH quanto a Fibra Óptica. Nos próximos itens serão apresentadas as duas soluções e as vantagens e desvantagens de cada uma.

5.2 USO DA FIBRA ÓPTICA

Para estruturar a rede de suporte utilizando um par de fibra óptica disponível nas Linhas 8 Diamante e 9 Esmeralda será necessário instalar em cada estação um

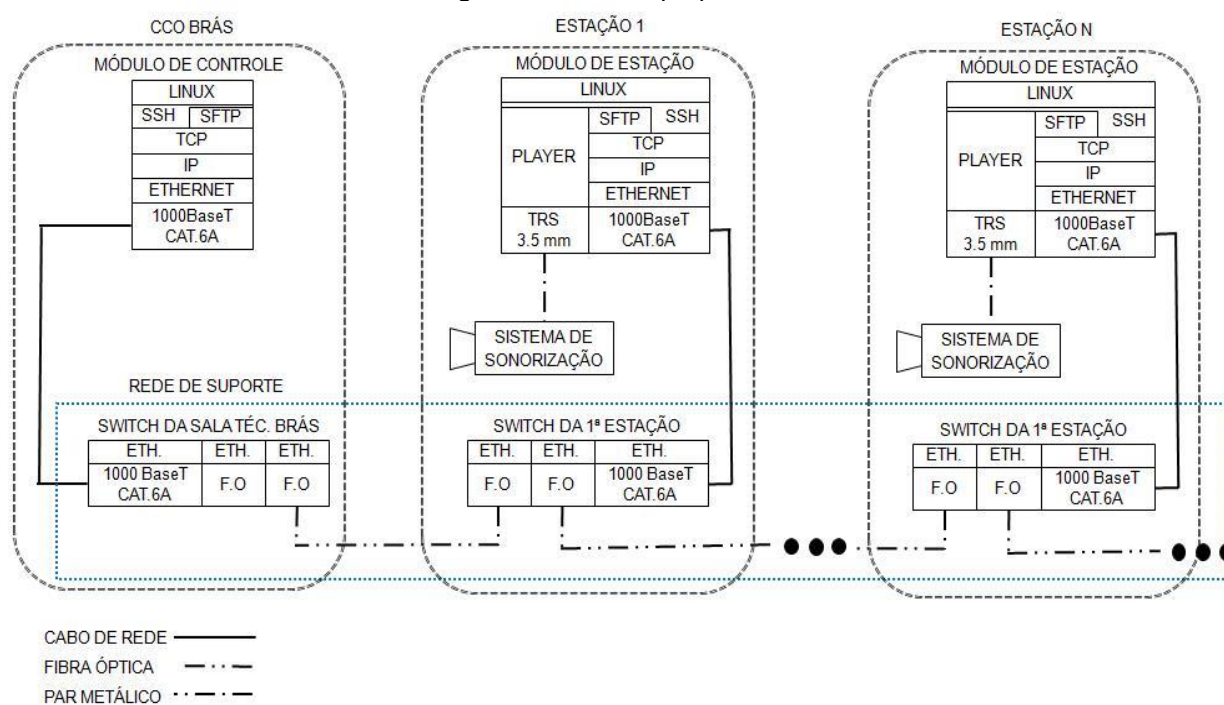
switch com transceptor, interligando estes equipamentos via fibra óptica. Desta forma tem-se uma rede Ethernet, com taxa de transmissão entre os *switches* de pelo menos 1Gbps.

5.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

A solução proposta centraliza no CCO a geração e envio das mensagens para as estações.

No CCO encontra-se o módulo de controle e cada estação possui o módulo de estação. A figura 7 mostra essa estrutura.

Figura 7 - Sistema proposto



Fonte: O Autor (2016)

O sistema é constituído de um computador que ficará no CCO e tem um *software* que gerenciaria os avisos de todas as estações, solicitando cada estação reproduzir o aviso armazenado localmente no tempo especificado. Caso o aviso não se encontre no local, um operador enviará primeiro o arquivo pelo protocolo FTP e depois mandará ser reproduzido.

Todas as estações já estão equipadas com sistema de sonorização e possuem pelo menos uma entrada auxiliar analógica de áudio.

Para melhor compreensão da solução apresentada, dividiremos o sistema proposto em 3 (três) partes:

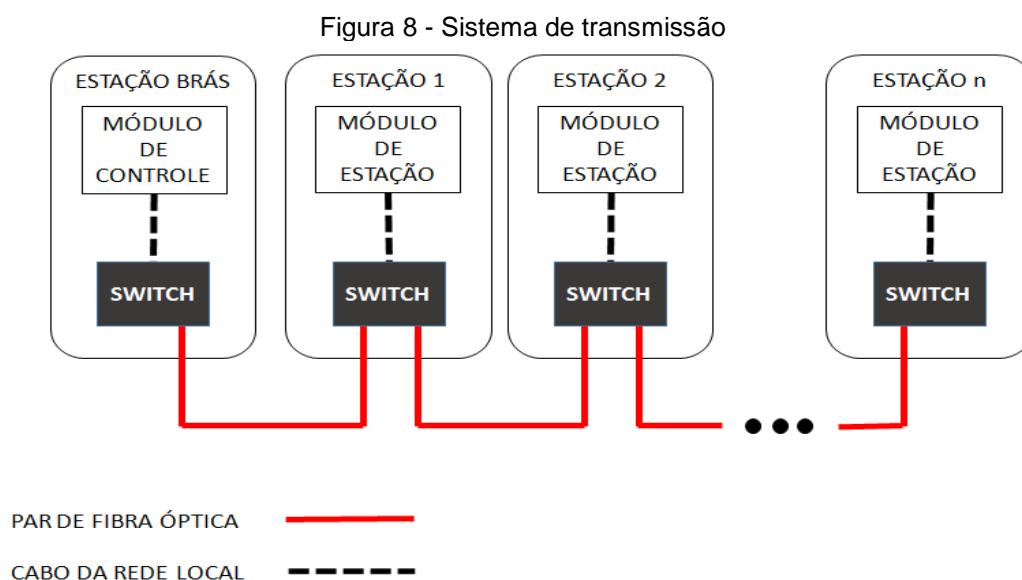
- Infraestrutura de comunicação;
- Módulo de controle;
- Módulo de estação
- Funcionalidades
- Descrição básica de um *software* de controle

5.3.1 Infraestrutura de Comunicação

Conforme descrito anteriormente, a proposta que apresenta ser mais benéfica para a implementação da rede de suporte é a utilização de um par de fibra óptica disponível, que interligue o CCO às estações através de um *switch* com transceptor óptico em cada local.

No CCO e na última estação de cada linha, o *switch* terá somente duas portas ópticas, pois são os extremos da rede. São duas portas, pois uma é de transmissão e outra de recepção e cada porta é ligada em uma fibra óptica. Por esse motivo que se exige um par de fibras. Nas estações intermediárias, cada *switch* possuirá quatro portas ópticas, duas ligadas ao par de fibras proveniente do local imediatamente anterior e duas portas ópticas ligadas ao par de fibras que se conecta ao local imediatamente posterior.

Cada *switch* se conecta ao computador do sistema de sonorização através de uma de suas portas padrão Ethernet do equipamento. Esse computador pode ser do módulo de controle ou de estação. A figura 8 ilustra a rede de suporte conectada aos módulos.



Fonte: O Autor (2016)

5.3.2 Módulo de Controle

O módulo de controle é o responsável pelo gerenciamento do sistema de sonorização centralizado e ficará no CCO. É constituído de um computador conectado ao *switch* da rede de suporte, através da porta padrão Ethernet. Este computador deve possuir os aplicativos que possibilitem a utilização dos protocolos SSH e FTP.

Figura 9 – Equipamento de controle detalhado

COMPUTADOR		
SISTEMA OPERACIONAL		
SSH	SFTP	PLAYER
TCP		
IP		
ETHERNET		
1000BaseT CAT.6A		TRS 3.5 mm

Fonte: O Autor (2016)

Pelo módulo de controle, o operador no CCO conseguirá controlar as mensagens pré-gravadas que serão executadas nas estações e criar uma nova mensagem e enviá-la para uma ou mais estações, para que seja reproduzida no sistema de sonorização.

5.3.3 Módulo de Estação

Ligados aos *switches* de cada estação deverá ter um computador responsável pela comunicação com o CCO, armazenamento de arquivos de áudio e o envio das mensagens para o sistema de sonorização da estação.

O computador deverá ter conexões de rede, para se comunicar com o *switch* da rede de serviço através de uma rede local. É necessário que também possua saída de áudio, no qual será conectada a entrada de áudio analógico, que conforme já mencionado, todo equipamento de sonorização das estações possui.

Figura 10 – Equipamento de controle



Fonte: O Autor (2016)

Outro requisito do computador é possuir um disco rígido com espaço livre suficiente para armazenar os arquivos das mensagens pré-gravadas existentes, as novas mensagens que poderão ser criadas e os *software* que reproduza os arquivos de áudio e que permita a conexão utilizando o protocolo SSH.

5.3.4 Funcionalidades

Para que seja possível o gerenciamento do sistema de sonorização pelo no CCO, no módulo de controle deve ter as funcionalidades descritas ao longo deste item.

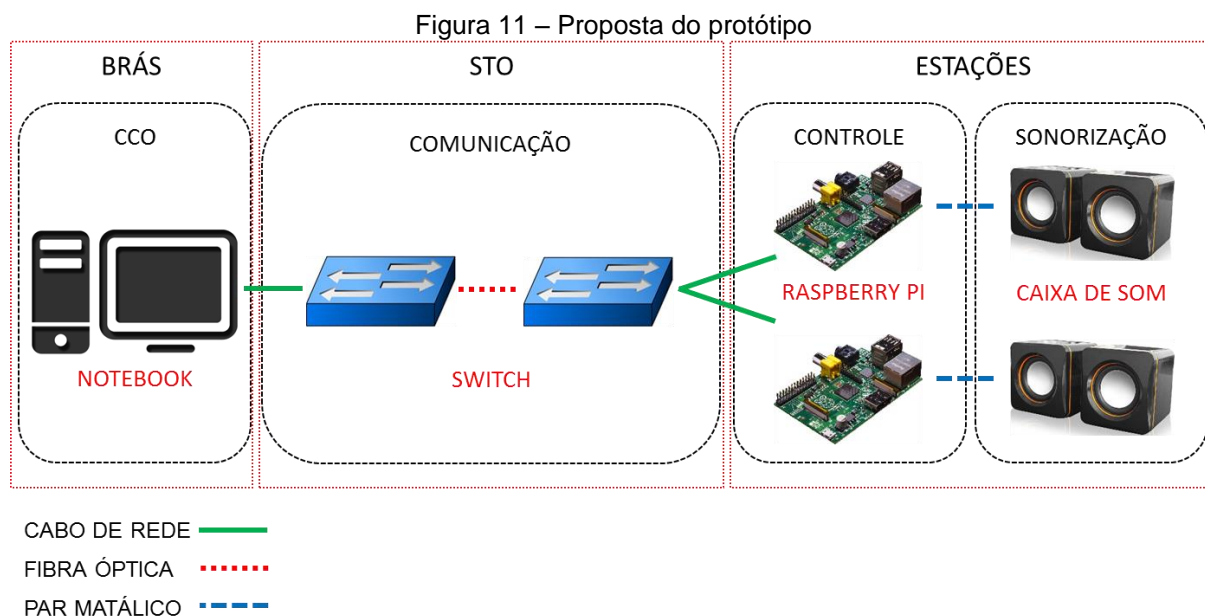
A interface do sistema com o operador do CCO poderá ser por linhas de comando ou gráfica. É através da interface que o operador do CCO conseguirá comandar os módulos de estação. Basicamente seriam dois comandos principais. O envio de um arquivo de áudio para as estações e a solicitação de reprodução do arquivo através do player existente no módulo de estação.

6 PROVA DE CONCEITO

Neste capítulo será apresentado uma prova de conceito, capaz de mostrar que a solução operará corretamente sobre a infraestrutura de comunicação escolhida e usando alguns dos recursos existentes.

6.1 COMPONENTES DA SOLUÇÃO

Usando equipamentos de baixo custo e *software* de código aberto, foi criado um protótipo capaz de implementar as funções planejadas do sistema num ambiente controlado:



Fonte: O Autor (2016)

Dividido em 4 blocos, a proposta do protótipo é simular a cada parte da solução apresentada da seguinte forma:

NOTEBOOK – Será responsável pelo gerenciamento dos APs que serão reproduzidos pelos alto-falantes acessando remotamente os *Raspberry Pis* através do protocolo SSH e fazendo *upload* de arquivos através do protocolo SFTP. Sua função é representar o CCO. Serão utilizadas duas formas básicas de demonstração, sendo uma manual e a outra automática por *script*.

SWITCH – Responsável por fazer a conexão entre o notebook e o *Raspberry Pi* através de *WIFI* e cabo de rede respectivamente, esta simulando a rede de transporte.

*RASPBERRY PI*¹ – Computador de baixo custo e terá a função de armazenar todos os arquivos de áudio, reproduzi-los e fazer o *download* de arquivos enviados pelo notebook. Para reprodução dos arquivos de áudio, terá instalado um *codec* de *player mp3* e enviará o áudio em formato analógico através de sua saída TRS 3.5 mm.

CAIXA DE SOM – Terá a função de receber o sinal analógico do *Raspberry Pi* e reproduzir os avisos sonoros. Sua função será a mesma do sistema de sonorização atualmente instalado nas estações da CPTM.

6.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

As tecnologias utilizadas para comunicação de dados e os aplicativos em operação são os mesmos do sistema proposto no capítulo 5.

O notebook executará o sistema operacional *Linux* com uma distribuição da família *Ubuntu*, baseado em *Debian*. Sua comunicação com o *Raspberry Pi* é feita através de um *switch* utilizando *Fast Ethernet*.

Os *Raspberry Pis* utilizam o sistema operacional *Raspbian*, que também é baseado no *Debian*. O *Raspbian* já possui o SSH e o SFTP nativos, que são utilizados na comunicação com o notebook.

6.3 INSTALAÇÕES E CONFIGURAÇÕES

Será necessário fazer uma serie de configurações tanto no *Raspbian* quanto no *Ubuntu*, sistemas operacionais utilizados, para que o *protótipo* funcione adequadamente, neste item serão descritos todos os procedimentos.

6.3.1 Instalação do *Player*

Além dos aplicativos nativos que serão utilizados como o SSH e o FTP, é necessário instalar um aplicativo para decodificar os arquivos no formato MP3. Isso ocorre por questões legais que impedem que essa distribuição já possua *codec* de MP3 nativo.

Para instalação de aplicativos em distribuições *Linux* como o *Raspbian* é necessária conexão com servidores de repositórios oficiais acessados via internet.

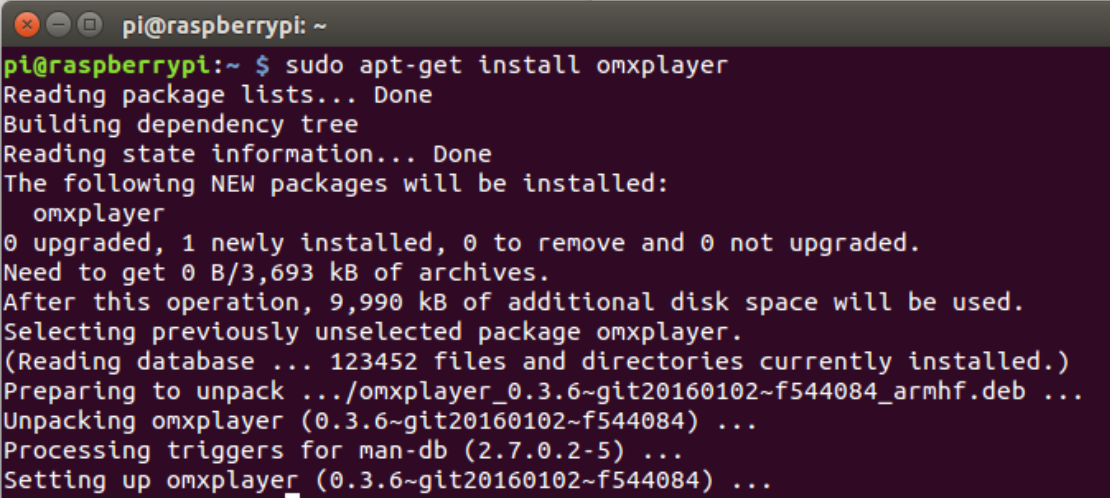
¹ Foi escolhido o *Raspberry Pi* na prova de conceito para demonstrar que não há necessidade de grande poder processamento, podendo ser utilizado qualquer computador com sistema operacional, conexão de rede e saída analógica de áudio.

Pode ser utilizado um *player* gratuito chamado *OMXPlayer* que é instalado conectando o *Raspberry Pi* à Internet e digitando no terminal do *Raspbian*:

```
sudo apt-get install omxplayer
```

A figura 12 é um *print screen* do terminal acessado remotamente.

Figura 12 – Instalação do player



```
pi@raspberrypi: ~
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install omxplayer
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following NEW packages will be installed:
  omxplayer
0 upgraded, 1 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
Need to get 0 B/3,693 kB of archives.
After this operation, 9,990 kB of additional disk space will be used.
Selecting previously unselected package omxplayer.
(Reading database ... 123452 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack .../omxplayer_0.3.6~git20160102~f544084_armhf.deb ...
Unpacking omxplayer (0.3.6~git20160102~f544084) ...
Processing triggers for man-db (2.7.0.2-5) ...
Setting up omxplayer (0.3.6~git20160102~f544084) ...
```

Fonte: O Autor (2016)

O aplicativo possui tamanho de 3.693 kB e é o único aplicativo utilizado que não é nativo da distribuição *Debian*.

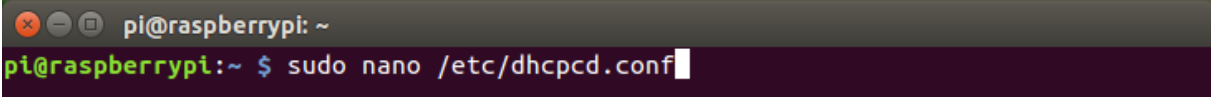
6.3.2 Configurando IP Estático

Para configurar um IP estático no *Raspberry Pi*, é necessário o seguinte comando no terminal do *Raspbian*:

```
sudo nano /etc/dhcpd.conf
```

A figura 13 é um *print screen* do terminal com a execução desse comando.

Figura 13 - Configuração do IP



```
pi@raspberrypi: ~
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/dhcpd.conf
```

Fonte: O Autor (2016)

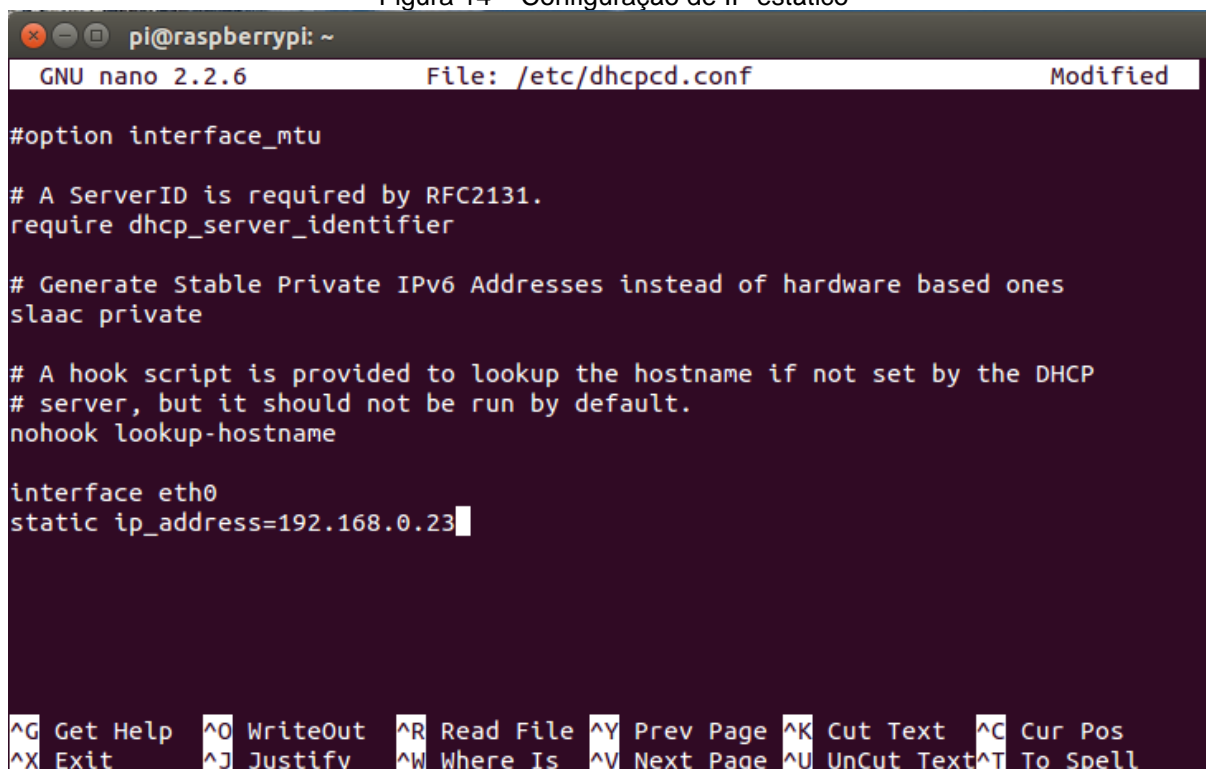
Após digitar *ENTER*, é preciso entrar com o IP estático desejado acrescentando no final do texto que aparece:

```
Interface eth0
```

`Static ip_address=192.168.0.23` (IP escolhido)

A figura 14 é um *print screen* do terminal com esse comando.

Figura 14 – Configuração de IP estático



```

pi@raspberrypi: ~
GNU nano 2.2.6      File: /etc/dhcpd.conf      Modified
#option interface_mtu

# A ServerID is required by RFC2131.
require dhcp_server_identifier

# Generate Stable Private IPv6 Addresses instead of hardware based ones
slaac private

# A hook script is provided to lookup the hostname if not set by the DHCP
# server, but it should not be run by default.
nohook lookup-hostname

interface eth0
static ip_address=192.168.0.23
  
```

^G Get Help ^O WriteOut ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text ^C Cur Pos
 ^X Exit ^J Justify ^W Where Is ^V Next Page ^U UnCut Text ^T To Spell

Fonte: O Autor (2016)

Para sair deste modo, digita-se *Ctrl + X* para sair, e em seguida digita-se *Y* para salvar e *ENTER* para retornar ao terminal. Para reinicializar o Raspberry Pi, utiliza-se o comando:

```
sudo reboot
```

Depois da inicialização, o *Raspberry Pi* estará configurado com o IP estático 192.168.0.23, caso este IP não esteja sendo utilizado por outro equipamento ligado ao *switch*.

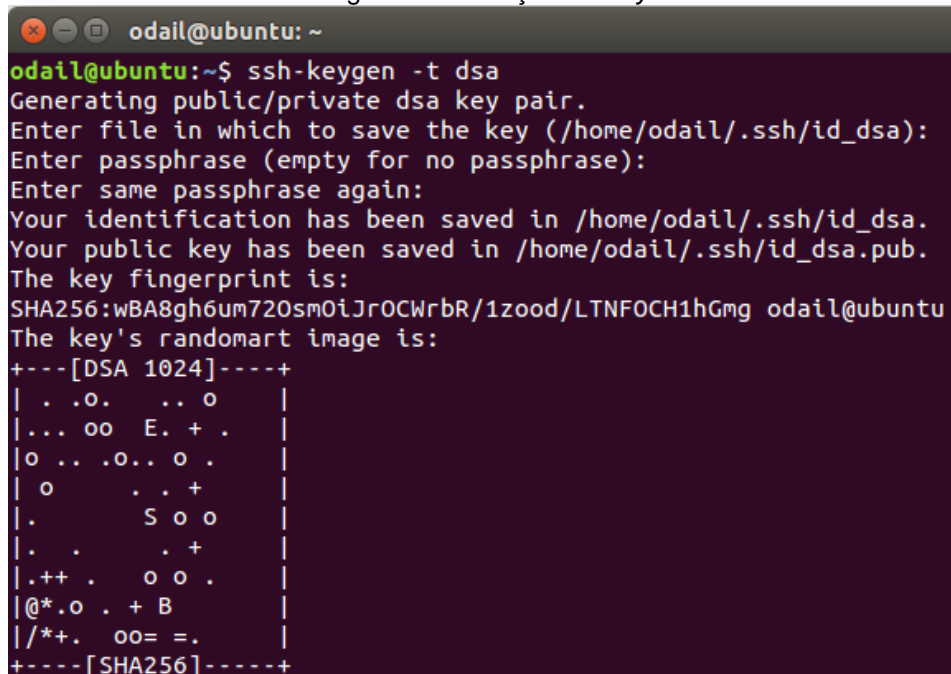
6.3.3 Configurando Autenticação Automática ao Acesso Remoto

Toda vez em que o *Raspberry Pi* for acessado remotamente, será solicitado o *password* de acesso que é por *default raspberry*. Para evitar isso, será necessário criar uma chave de autenticação automática no *Ubuntu*.

```
ssh-keygen -t dsa
```

Após o comando efetuado localmente, será solicitado o nome da chave e senha, basta digitar *ENTER* três vezes.

Figura 15 – Criação da Key



```
odail@ubuntu: ~
odail@ubuntu:~$ ssh-keygen -t dsa
Generating public/private dsa key pair.
Enter file in which to save the key (/home/odail/.ssh/id_dsa):
Enter passphrase (empty for no passphrase):
Enter same passphrase again:
Your identification has been saved in /home/odail/.ssh/id_dsa.
Your public key has been saved in /home/odail/.ssh/id_dsa.pub.
The key fingerprint is:
SHA256:wBA8gh6um720sm0iJrOCWrBR/1zood/LTNFOCH1hGmg odail@ubuntu
The key's randomart image is:
+---[DSA 1024]---+
| . .o.  .. o  |
|... oo  E. + . |
|o .. .o.. o . |
| o      . . +  |
| .      S o o  |
| . .      . +  |
|.++ .   o o .  |
|@*.o . + B    |
|/*+. oo= =.   |
+---[SHA256]---+
```

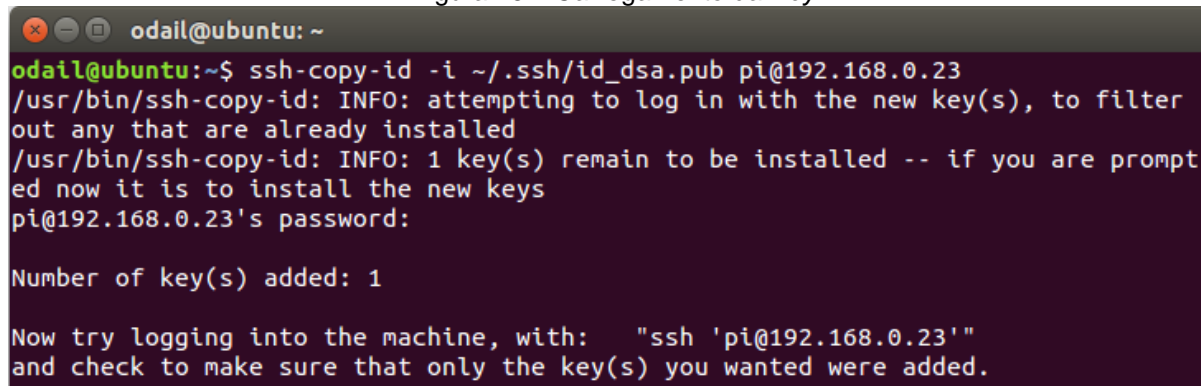
Fonte: O Autor (2016)

Essa chave deverá ser enviada para todos os *Raspberry Pis* com o comando no terminal local.

```
ssh-copy-id -i ~/.ssh/id_dsa.pub pi@192.168.0.23
```

Deverá ser repetido este comando para os IP de cada *Raspberry Pi*.

Figura 16 – Carregamento da Key



```
odail@ubuntu: ~
odail@ubuntu:~$ ssh-copy-id -i ~/.ssh/id_dsa.pub pi@192.168.0.23
/usr/bin/ssh-copy-id: INFO: attempting to log in with the new key(s), to filter
out any that are already installed
/usr/bin/ssh-copy-id: INFO: 1 key(s) remain to be installed -- if you are prompt
ed now it is to install the new keys
pi@192.168.0.23's password:

Number of key(s) added: 1

Now try logging into the machine, with:  "ssh 'pi@192.168.0.23'"
and check to make sure that only the key(s) you wanted were added.
```

Fonte: O Autor (2016)

Quando for pedido o *password*, deve ser inserido “*raspberry*” com letras minúsculas e *ENTER*. Após essa configuração o acesso a essa máquina não requisitará autenticação.

6.4 PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO

A operação do sistema envolve 3 partes:

- 1 – Criação de áudios;
- 2 – Carga de áudios;
- 3 – Reprodução.

As etapas são independentes e um procedimento pode ser elaborado na forma de *scripts*.

Nos itens a seguir são descritos e exemplificados os procedimentos de carga e reprodução de áudios.

6.4.1 Procedimento para Transferência de Arquivo de Áudio

Caso o arquivo que se deseja reproduzir não esteja armazenado localmente no *Raspberry Pi*, é necessário fazer a transferência do mesmo como apresentado a seguir:

O arquivo transmitido para o *Raspberry Pi* deve estar no notebook. Para esse exemplo é considerado que ele esteja na pasta “Música”:

```
cd Música (isso leva a pasta com o arquivo que será transmitido)
sftp pi@"ip do raspberry pi"
password: raspberrry
cd Downloads (a pasta “Downloads” é utilizada para guardar os arquivos)
put "nome do arquivo que será transmitido".mp3
```

A figura 17 é um *print screen* do terminal acessado remotamente com essa sequência de comandos.

Figura 17 – Transferência de arquivo

```

odail@ubuntu: ~/Música
odail@ubuntu:~/Música$ sftp pi@192.168.0.23
pi@192.168.0.23's password:
Connected to 192.168.0.23.
sftp> cd Downloads
sftp> put Mpg015.mp3
Uploading Mpg015.mp3 to /home/pi/Downloads/Mpg015.mp3
Mpg015.mp3                               100% 171KB 171.2KB/s   00:00
sftp>

```

Fonte: O Autor (2016)

É importante salientar que atualmente a CPTM trabalha com arquivos de áudio no mesmo formato utilizado nos testes.

6.4.2 Procedimento para Reprodução de Áudio

No notebook são digitadas as seguintes linhas de comando no terminal:

```
ssh pi@"ip do raspberry pi"
password: raspberry
cd Downloads (a pasta "Downloads" é onde estão os arquivos)
omxplayer "nome do arquivo de áudio escolhido"
```

A figura 18 é um *print screen* do terminal acessado remotamente com esses comandos.

Figura 18 – Execução do player

```

pi@raspberrypi: ~/Downloads
odail@ubuntu:~$ ssh pi@192.168.0.23
pi@192.168.0.23's password:

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Mon Mar  7 18:24:56 2016 from 192.168.0.25
pi@raspberrypi:~ $ cd Downloads
pi@raspberrypi:~/Downloads $ omxplayer Mpg018.mp3
Audio codec mp3 channels 2 samplerate 44100 bitspersample 16
Subtitle count: 0, state: off, index: 1, delay: 0
have a nice day ;)

```

Fonte: O Autor (2016)

Após esse procedimento, o notebook informará para o *Raspberry Pi* qual arquivo de áudio que está na pasta *Downloads* (pasta local) deve ser reproduzido.

6.5 AUTOMATIZAÇÃO POR *SHELL SCRIPT*

Os scripts são utilizados para automatizar ou facilitar processos repetitivos e reduzir riscos de erros na digitação das linhas de comando. Para fazer uso dessas características, foi criado um *script* contendo os comandos descritos anteriormente. Esse *script* foi escrito em *shell script* e seu conteúdo é descrito a seguir:

```
#!/bin/bash
for estacao in $(cat estacao.txt); do
for ap in $(cat ap.txt); do
scp /home/odail/Música/"$ap" "$estacao":/home/pi/Downloads
ssh "$estacao" "cd Downloads; omxplayer "$ap""
done
done
```

Esse *script* é salvo num bloco de notas com a extensão .hs na pasta de usuário do *Ubuntu* juntamente com 2 arquivos .txt contendo os IP de cada *Raspberry Pi* e os nomes dos arquivos *.mp3 salvos na pasta Músicas, com os nomes “estacao” e “ap” respectivamente.

No terminal do *Ubuntu* deverá ser dada permissão de execução com o comando:

```
chmod +x *.sh (no lugar de * deverá estar o nome do programa)
```

A execução do script se dá com o comando:

```
./*.sh (no lugar de * deverá estar o nome do programa)
```

Esse programa carregará automaticamente todos os áudios na pasta *Downloads* do *Raspberry Pis* e os reproduzirão. Ao invés de utilizar o comando SFTP para o carregamento de áudio foi utilizado SCP, que também utiliza o protocolo FTP para transferência, mas não é tão abrangente quanto o SFTP, sendo utilizado somente para cópia de arquivos.

O programa apresentado pode ser modificado com o acréscimo de comandos do tipo *time* e *loop*, para que o mesmo reproduza os APs de forma contínua e nos intervalos determinados, entretanto para APs eventuais, deverão ser seguidos os procedimentos dos itens 6.4.1 e 6.4.2.

7 CONCLUSÕES

Com o objetivo principal de centralizar a gestão da sonorização das estações no Centro de Controle Operacional, com uma solução que apresentasse o melhor custo/ benefício possível, foi necessário o levantamento e análise dos diferentes equipamentos de sonorização e da infraestrutura de comunicação existentes e adaptar a proposta do sistema de sonorização centralizado ao cenário encontrado.

Optamos pela utilização de fibras ópticas com o emprego de *switches* e transceptores ópticos por se mostrar mais vantajosa, com a facilidade em se expandir o sistema de sonorização centralizado para as outras linhas e a possibilidade de inclusão de outros sistemas na rede devido à alta taxa de transmissão que se consegue, resultando em uma economia futura.

Utilizamos distribuições *Linux* da família Debian e um aplicativo gratuito, aliado a máquinas com pequeno poder de processamento, como é o caso do *Raspberry Pi*, para demonstrar que são pequenas as necessidades do sistema podendo até reciclar alguns equipamentos, como computadores antigos, e utilizar recursos subutilizados, como portas livres em *switches* nas salas técnicas, caso a CPTM opte por uma solução caseira.

Apesar de não ter sido possível o desenvolvimento de um *software* que permitisse o gerenciamento do sistema de sonorização de forma amigável, com uma interface gráfica de operação, a demonstração das funcionalidades de controle e transmissão de arquivos através da interface do *Shell* do Linux, com linhas de comando, comprovaram que a proposta feita no presente trabalho é viável e totalmente possível de ser implementada.

8 TRABALHOS FUTUROS

A solução apresentada neste trabalho, apesar de funcional, necessita de maiores desenvolvimentos para a confecção de um *software* que facilite a operação de forma similar ao encontrado atualmente nas estações. Nesse *software*, algumas funcionalidades desejadas seriam:

- A criação de uma lista de APs que serão reproduzidos;
- Essas listas seriam divididas por estações;
- Agendamento do horário de execução de cada AP;
- Função *loop* para ficar executando os APs padrão continuamente;
- Transferência automática dos APs da lista, caso os mesmos já não estejam na memória local na estação;
- Microfone e opção de criação de novos APs, caso o CCO necessite dar um aviso que não esteja gravado.

Essas funcionalidades, juntamente com uma interface IHM amigável, viria a facilitar o trabalho da operação, que por não ser indispensável para centralização da sonorização, não foram abordadas neste trabalho deixando sua implementação para trabalhos futuros.

A solução apresentada foi desenvolvida especificamente para as linhas 8 e 9, mas a centralização poderia se estender as demais linhas, desde que fosse feito levantamentos posteriores para garantir compatibilidade na integração em toda a CPTM.

REFERÊNCIAS

ANTÓNIO, PAULO FRANCISCO. **FTP: Um Protocolo da Camada de Aplicação Baseado no TCP**. Angola: Universidade Católica de Angola. 2008. Disponível em <<http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialftp2.pdf>>. Acesso em: 6 mar. 2016.

AVILA, LUIS FERNANDO DE. **Redes de Transporte**. Campinas: UNICAMP, [ca. 2010]. 10 p. Apostila utilizada nas aulas ministradas pelo Prof. Dr. Luis Fernando de Ávila na Faculdade de Tecnologia da UNICAMP. Disponível em <http://www.ceset.unicamp.br/~lfavila/TT089/Redes_de_Transporte.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2015.

BEZERRA, ROMILDO MARTINS. **Ethernet**. Bahia: Centro Federal de Educação Tecnológica, 2008. 5 p. Apostila utilizada na disciplina de Redes de Computadores II.

BOTEON, ANCELMO. **Análise de ferramentas para segurança de redes**. 2007. 63 p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

CARISSIMI, A. S.; ROCHOL J.; ZAMBENEDETTI L. **Redes de Computadores**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 390 p.

CASAGRANDE, JORGE H. B. **Redes de Computadores e a Camada Física**. Santa Catarina: Centro Federal de Ensino Tecnológico de Santa Catarina, 2008. 26 p.

COSTA, JEFFERSON. **Apostila de Redes de Computadores**. São Paulo: JHTEC, 2010. 74 p.

CPTM. **A companhia**. 2015. Disponível em <<http://www.cptm.sp.gov.br/a-companhia/Pages/a-companhia.aspx>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

DIAS, MIGUEL ÂNGELO VILAS BOAS. **Protocolo ARP**. Portugal: Instituto Politécnico do Vale do Ave, 2013.

FILHO, HUBER BERNAL. **Redes SDH**. São Paulo: FITec, 2009. 20 p.

GUERBER, CARLOS. **Serviços de Rede: FTP**. Santa Catarina: Universidade do Contestado. 2007.

HOSTALIA. **Qué es el protocolo SSH y cómo configurarlo para mejorar La seguridad de acceso a los servidores Linux**. Bilbao, [Ca. 2010]. Disponível em <http://pressroom.hostalia.com/wp-content/themes/hostalia_pressroom/images/WP-Hostalia-protocolo-SSH.pdf>. Acesso em 6 mar. 2016.

JAMHOUR, EDGARD. **VLANs Ethernet**. Paraná: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2008. Disponível em < <http://www.dcc.fc.up.pt/~rprior/1112/LabRedes/VLAN.pdf>>. Acesso em 3 mar. 2016.

MORIMOTO, CARLOS E. **Redes**. 2ª ed. [S.I.]: GDH Press e Sul Editores, 2011. 560 p.

NOGUEIRA, MÁRCIO. **Apostila de Fundamentos e Práticas em Redes de Computadores**. Recife: Nogueira Consultoria, 2009, 226p. Apostila utilizada para curso In-Company da Chesf.

PRADO, ALEXANDRRE. **Apostila de Redes de Computadores – Parte – V – Switch**. Araçatuba: Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, 2011. 15 p.

REDES de telecomunicações. Portugal: Universidade do Algarve, 2003. 53 p.

ROCHOL, JUERGEN. **Comunicação de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 298–299.

SADOK, DJAMEL. **Hierarquia Digital Síncrona (SDH)**. Disponível em < <http://www.cin.ufpe.br/~if738/arquivos/aulas/PPT/SDH-grad.ppt>>. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 2008. Acesso em: 02 mar 2016.

UEYAMA JÓ. **Redes de Computadores**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011. 25 p. Disponível em < <http://wiki.icmc.usp.br/images/4/4c/Rc14-enlace.pdf>>. Acesso em 3 mar. 2016.