

CLEIVAN AUGUSTO BIANCHIN

**Interligação do Sistema de Alimentação Elétrica da CPTM:
Demanda, consumo e contratação de energia elétrica**

São Paulo
2016

CLEIVAN AUGUSTO BIANCHIN

**Interligação do Sistema de Alimentação Elétrica da CPTM:
Demanda, consumo e contratação de energia elétrica**

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção de título de especialista em
Tecnologia Metroferroviária

São Paulo
2016

CLEIVAN AUGUSTO BIANCHIN

**Interligação do Sistema de Alimentação Elétrica da CPTM:
Demanda, consumo e contratação de energia elétrica**

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção de título de especialista em
Tecnologia Metroferroviária

Área de concentração:
Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Lobo Pires

São Paulo
2016

Catálogo-na-publicação

Bianchin, Cleivan Augusto

Interligação do Sistema de Alimentação Elétrica da CPTM:
Demanda, consumo e contratação de energia elétrica / C. A. Bianchin
– São Paulo, 2016.
63 p.

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

1.Engenharia Elétrica 2.Curso de Especialização I.Universidade
de São Paulo. Escola Politécnica PECE – Programa de Educação
Continuada em Engenharia II.t.

RESUMO

A proposta do presente trabalho é levantar a demanda atual e estimar a demanda futura de energia elétrica requerida pela Companhia Paulista de Trens Metropolitanos, a CPTM, com o intuito de dimensionar a interligação do sistema de alimentação elétrica, o que permite estudar a viabilidade de um possível investimento na modernização técnica das instalações elétricas desta companhia. Ao mesmo tempo serão analisados e avaliados os enquadramentos tarifários da contratação de energia elétrica em baixa, média e alta tensão. As modalidades de comercialização de energia em mercado cativo e em mercado livre também serão avaliadas em termos de custos e de modo a obter uma possível economia financeira para a CPTM. Uma comparação entre as concessionárias de energia elétrica dentro da região metropolitana de São Paulo perante ao fornecimento à CPTM também é possível e os resultados apresentarão, dentro dos mercados cativo e livre, quais das combinações oferecem menores custos à companhia.

Palavras-chave: Demanda. Consumo. Energia. Estações.

ABSTRACT

The purpose of this work is to gather the current demand and to estimate the future demand of electric power required by the São Paulo Metropolitan Train Company, CPTM, in order to scale the interconnection of the electrical power supply system, which allows studying the feasibility of a possible investment in technical upgrading of electrical facilities of this company. Simultaneously, it will be analyzed and assessed the tariff frameworks of electric power procurement in low, medium and high voltage. The electric power purchase models, as captive consumer or in free market, will also be evaluated in terms of expenses and looking for a possible financial saving for the CPTM. Regarding the power supply to CPTM, a comparison between the electric utilities within the São Paulo metropolitan area is also possible and the results will show, within the captive market and in free market, which combinations offer lower costs to the company.

Keywords: Demand. Consumption. Electric power. Stations.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 – Diagrama da eletrificação das linhas 07 e 10 na década de 50 | 19 |
| Figura 2.2 – Torre para desvio das linhas de 34,5kV _{ca} sobre um viaduto | 19 |
| Figura 2.3 – Seção tipo do banco de dutos da extensão da Linha 09 - Esmeralda... | 20 |
| Figura 2.4 – Distribuição típica do banco de dutos..... | 21 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 2.1 – Resumo dos padrões de entrada em média e baixa tensão. | 22 |
| Quadro 2.2 – Total de falhas e de horas em falta em estações - 2014 e 2015..... | 22 |
| Quadro 2.3 – Total de falhas e de horas em falta em subestações - 2014 e 2015 | 23 |
| Quadro 4.1 – Demandas registradas na SE primária A9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 26 |
| Quadro 4.2 – Consumo de energia elétrica na SE primária A9 - linha 09, 2014 e 2015. | 27 |
| Quadro 4.3 – Empreendimentos da CPTM e classificação por etapa dos projetos | 28 |
| Quadro 4.4 – Fatores de demanda utilizados no ambiente ferroviário - CPTM..... | 31 |
| Quadro 4.5 – Demandas registradas na estação G7 nos anos de 2014 e 2015..... | 31 |
| Quadro 4.6 – PL das salas técnicas da estação G7 da linha 07-Rubi da CPTM | 34 |
| Quadro 4.7 – Economia financeira na contratação de energia elétrica..... | 37 |
| Quadro A.1 – Demandas registradas na SE primária B9 - linha 09, 2014 e 2015. | 41 |
| Quadro A.2 – Demandas registradas na SE primária C9 - linha 09, 2014 e 2015. | 41 |
| Quadro B.1 – Consumo de energia elétrica na SE primária B9 - linha 09, 2014 e 2015. | 42 |
| Quadro B.2 – Consumo de energia elétrica na SE primária C9 - linha 09, 2014 e 2015. | 42 |
| Quadro C.1 – Entradas de energia das estações da linha 07 da CPTM..... | 43 |
| Quadro C.2 – Entradas de energia das estações da linha 08 da CPTM..... | 43 |
| Quadro C.3 – Entradas de energia das estações da linha 09 da CPTM..... | 44 |
| Quadro C.4 – Entradas de energia das estações da linha 10 da CPTM..... | 44 |
| Quadro C.5 – Entradas de energia das estações da linha 11 da CPTM..... | 45 |
| Quadro C.6 – Entradas de energia das estações da linha 12 da CPTM..... | 45 |
| Quadro C.7 – Entradas de energia das estações da linha 13 da CPTM..... | 45 |
| Quadro D.1 – PL do mezanino da estação G7 da linha 07 - Rubi da CPTM. | 46 |
| Quadro D.2 – PL da plataforma da estação G7 da linha 07 - Rubi da CPTM. | 47 |
| Quadro D.3 – PL da iluminação externa da estação G7 da linha 07 - Rubi da CPTM. ... | 47 |
| Quadro D.4 – QF da estação G7 da linha 07 - Rubi da CPTM. | 48 |
| Quadro D.5 – PVST da estação G7 da linha 07 - Rubi da CPTM..... | 48 |
| Quadro D.6 – PESS da estação G7 da linha 07 - Rubi da CPTM..... | 48 |
| Quadro D.7 – SACB da estação G7 da linha 07 - Rubi da CPTM. | 49 |
| Quadro D.8 – QDBI e demais cargas da estação G7 da linha 07 - Rubi da CPTM. | 49 |
| Quadro D.9 – PAC da estação G7 da linha 07 - Rubi da CPTM..... | 50 |
| Quadro D.10 – PAB da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Quadro E.1 – Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 07..... | 52 |
| Quadro E.2 – Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 08..... | 53 |
| Quadro E.3 – Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 09..... | 54 |
| Quadro E.4 – Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 10..... | 55 |
| Quadro E.5 – Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 11..... | 55 |
| Quadro E.6 – Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 12..... | 56 |
| Quadro E.7 – Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 13..... | 56 |
| Quadro F.1 – Consumo de energia elétrica na estação A9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 57 |
| Quadro F.2 – Consumo de energia elétrica na estação B9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 57 |
| Quadro F.3 – Consumo de energia elétrica na estação C9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 58 |
| Quadro F.4 – Consumo de energia elétrica na estação D9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 58 |
| Quadro F.5 – Consumo de energia elétrica na estação E9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 58 |
| Quadro F.6 – Consumo de energia elétrica na estação F9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 59 |
| Quadro F.7 – Consumo de energia elétrica na estação G9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 59 |
| Quadro F.8 – Consumo de energia elétrica na estação H9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 59 |
| Quadro F.9 – Consumo de energia elétrica na estação I9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 60 |
| Quadro F.10 – Consumo de energia elétrica na estação J9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 60 |
| Quadro F.11 – Consumo de energia elétrica na estação K9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 60 |
| Quadro F.12 – Consumo de energia elétrica na estação L9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 61 |
| Quadro F.13 – Consumo de energia elétrica na estação M9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 61 |
| Quadro F.14 – Consumo de energia elétrica na estação N9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 61 |
| Quadro F.15 – Consumo de energia elétrica na estação O9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 62 |
| Quadro F.16 – Consumo de energia elétrica na estação P9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 62 |
| Quadro F.17 – Consumo de energia elétrica na estação Q9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 62 |
| Quadro F.18 – Consumo de energia elétrica na estação R9 - linha 09, 2014 e 2015..... | 63 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
BAT – Banco de Baterias
CB – Carregador dos bancos de Baterias
CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos
CEM – Cabine primária de Entrada e Medição
CFTV – Circuito Fechado de Televisão
CPF – Caixa Porta Fusível
CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
EFCB – Estrada de Ferro Central do Brasil
EFS – Estrada de Ferro Sorocabana
EFSJ – Estrada de Ferro Santos a Jundiaí
FD – Fator de Demanda
FDL – Fator da Demanda Líquida
Fepasa – Ferrovia Paulista S/A
GGD – Grupo Gerador a Diesel
ICHE – Inversor e Chave Estática
PAB – Painel de Alimentação dos Bloqueios
PAC – Painel de Alimentação do Carregador de baterias
PCL – Painel de Comando Local
PCT – Posto de Controle de Tráfego
PDF – Painel de Distribuição de Força
PDT – Painel de Destino de Trens
PEL – Painel de alimentação do Elevador
PER – Painel de alimentação da Escada Rolante
PVST – Painel de Ventilação das Salas Técnicas
QF – Quadro de Força para chuveiros
QGD – Quadro Geral de Distribuição
QDBI – Quadro de Distribuição das Bombas de Incêndio
QDCC – Quadro de Distribuição de Corrente Contínua
RET – Retificador
RFFSA – Rede Ferroviária Federal S/A

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SACB – Sistema de Alimentação e Controle de Bombas

SAE – Sistema de Alimentação Elétrica

SCAP – Subsistema de Controle e Arrecadação de Passageiros

SDAI – Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio

SDCCAD – Sistema Digital de Controle, Comando e Aquisição de Dados

SE – Subestação ou subestações

SIN – Sinalização

SON – Sonorização

SPC – Sala de Painéis de Controle e Comunicações

SSO – Sala de Supervisão Operacional

STU/SP – Superintendência de Trens Urbanos de São Paulo

TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

TUST – Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão

UDQ – Unidade de Diodos de Queda

USCC – Unidade de Supervisão de Corrente Contínua

UTR – Unidade Terminal Remota

LISTA DE SÍMBOLOS

kV – quilovolt (unidade de tensão elétrica)

kV_{ca} – quilovolt em corrente alternada (unidade de tensão elétrica)

kV_{cc} – quilovolt em corrente contínua (unidade de tensão elétrica)

kW – quilowatt (unidade de potência elétrica)

kWh – quilowatt-hora (unidade de energia elétrica)

MW – Megawatt (unidade de potência elétrica)

V – Volt em corrente alternada (unidade de tensão elétrica)

V_{ca} – Volt em corrente alternada (unidade de tensão elétrica)

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| RESUMO..... | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| LISTA DE FIGURAS | 4 |
| LISTA DE QUADROS | 5 |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | 7 |
| LISTA DE SÍMBOLOS | 9 |
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. ESTADO DA ARTE..... | 14 |
| 2.1. COMPOSIÇÃO DA CPTM..... | 14 |
| 2.1.1. Linhas 07 e 10 | 14 |
| 2.1.2. Linhas 08 e 09 | 15 |
| 2.1.3. Linhas 11 e 12 | 15 |
| 2.2. PROCESSO DE ELETRIFICAÇÃO | 16 |
| 2.3. SISTEMA DE ENERGIA DA CPTM..... | 17 |
| 2.3.1. Alimentação das Subestações..... | 17 |
| 3. CONCEITOS E DEFINIÇÕES | 25 |
| 3.1. MERCADO CATIVO E MERCADO LIVRE | 25 |
| 4. DESENVOLVIMENTO..... | 26 |
| 4.1. DEMANDA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO SISTEMA DE TRAÇÃO E DE SINALIZAÇÃO DA CPTM – SE PRIMÁRIAS /RETIFICADORAS | 26 |
| 4.2. DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EMPREENDIMENTOS DA CPTM NOS ANOS DE 2014 E 2015 | 27 |
| 4.3. ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE CUSTOS COM ENERGIA ELÉTRICA PARA OS EMPREENDIMENTOS DA CPTM | 36 |
| 5. CONCLUSÃO | 39 |
| REFERÊNCIAS..... | 40 |
| APÊNDICE A – QUADROS DAS DEMANDAS MÁXIMAS REGISTRADAS NAS SUBESTAÇÕES PRIMÁRIAS/RETIFICADORAS DA CPTM | 41 |
| APÊNDICE B – QUADROS DOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA DAS SUBESTAÇÕES PRIMÁRIAS/RETIFICADORAS DA CPTM | 42 |

| | |
|---|----|
| APÊNDICE C – NÍVEIS DE TENSÃO DAS ENTRADAS DE ENERGIA DAS ESTAÇÕES DE PASSAGEIROS DA CPTM..... | 43 |
| APÊNDICE D – POTÊNCIA INSTALADA E DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA DOS PAINÉIS E QUADROS ELÉTRICOS DA ESTAÇÃO G7 - LINHA 07..... | 46 |
| APÊNDICE E – POTÊNCIA INSTALADA, DEMANDA PARA A ENTRADA DE ENERGIA E DEMANDA LÍQUIDA PARA OS EMPREENDIMENTOS..... | 52 |
| APÊNDICE F – QUADROS DOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA DAS ESTAÇÕES DE PASSAGEIROS DA LINHA 09-ESMERALDA DA CPTM | 57 |

1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Alimentação Elétrica (SAE) da CPTM é gerido por meio de contratos de energia junto a quatro diferentes concessionárias dentro da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Estes contratos de energia estão moldados dentro de três enquadramentos tarifários de contratação junto às concessionárias e cada um deles apresenta uma relação R\$/kWh pagos pela CPTM. Ao mesmo tempo, existe a necessidade da contratação de demanda nos subgrupos de fornecimento A2 em alta tensão (88kV a 138kV) e A4 em média tensão (2,3kV a 25kV). Adicionalmente, dentro do subgrupo A2, tem-se a possibilidade de escolha entre dois modos de comercialização de energia elétrica, o mercado cativo e o livre.

A contratação de energia elétrica da CPTM é realizada dentro do subgrupo A2 para as subestações (SE) primárias/retificadoras, ou simplesmente denominadas por SE primárias, que fornecem energia ao sistema de tração e de sinalização da companhia. Algumas SE primárias possuem contratos dentro do mercado cativo e outras dentro do mercado livre. As estações de passageiros e os demais empreendimentos da companhia recebem energia dentro do subgrupo A4 ou dentro do grupo B em baixa tensão (inferior a 2,3kV). As características das instalações elétricas dos empreendimentos da CPTM serão apresentadas no capítulo 4.

O plano de modernização, ampliação e a adequação aos termos de acessibilidade das estações de passageiros da CPTM prevê a substituição de todas as entradas de energia em baixa tensão sob os níveis de 220/127V_{ca} pelo regime de média tensão sob o nível de 13,8/13,2kV_{ca}. Esta nova característica do SAE é decorrente do aumento da potência demandada e diante disso surge a necessidade da contratação de demanda de energia elétrica junto às concessionárias.

A interligação do SAE da CPTM pode ser realizada respeitando-se dois cenários. Em ambos os cenários mantém-se o modelo de fornecimento de energia elétrica ao sistema de tração e de sinalização. As mudanças ocorrem somente quanto ao fornecimento de energia para as estações de passageiros.

No primeiro cenário, as estações são alimentadas sob o nível de 34,5kV_{ca}, aproveitando-se os trechos de distribuição já existentes ao longo das linhas férreas da companhia. Assim sendo, torna-se necessário um investimento na ampliação dessas redes de distribuição em 34,5kV_{ca}. As SE primárias atuais já apresentam este

nível de tensão disponível para a rede de distribuição porque as subestações que são unicamente retificadoras para o sistema de tração são alimentadas em 34,5kV_{ca} a partir destas SE primárias.

No segundo cenário, as estações são alimentadas sob o nível de tensão igual a 13,8/13,2kV_{ca}, assim como prevê o plano de modernização citado anteriormente. Sendo assim, torna-se necessário um investimento nas redes de distribuição em 13,8/13,2kV_{ca}. Nas SE primárias atualmente já ocorre o abaixamento do nível de tensão de 88/138kV_{ca} para 34,5kV_{ca} e deste para os 13,8/13,2kV_{ca}.

O primeiro cenário, sob distribuição aérea, exigirá um investimento total de R\$ 135.310.877,69 considerando-se todas as linhas da companhia. Caso a distribuição seja por meio de redes subterrâneas, o investimento deverá ser de R\$ 387.166.126,89 (MOTTA, 2016). Já o segundo cenário exigirá um investimento total de R\$ 126.551.371,95 se a distribuição adotada for aérea e caso ela seja subterrânea, o investimento deverá ser de aproximadamente R\$ 762.489.375,22 (HASHIGUTI, 2016).

A demonstração do acréscimo de demanda para as SE primárias em virtude das demandas individuais de cada um dos empreendimentos para a interligação do SAE será apresentada mais adiante, bem como serão apresentados os dados referentes aos consumos de energia elétrica de alguns empreendimentos alimentados em média tensão nos dois últimos anos. Além das demandas e consumos de energia em média tensão para as estações, pátios e oficinas de manutenção e prédios administrativos, também serão apresentadas estas informações para as SE primárias, responsáveis atualmente pela alimentação do sistema de tração e de sinalização, mas que futuramente poderão alimentar simultaneamente os demais empreendimentos por meio de um dos dois cenários citados anteriormente.

A partir dos valores de consumo de energia elétrica registrados e faturados nos anos de 2014 e 2015 para os principais empreendimentos dentro do grupo B e do subgrupo A4 foi possível estabelecer uma comparação com o enquadramento tarifário no subgrupo A2. Esta comparação será apresentada no capítulo 4 e mostrará na grande maioria dos casos uma possível economia financeira para a companhia em termos de custeio perante ao consumo de energia elétrica. Outra comparação que foi feita apresenta as diferenças entre a comercialização de energia elétrica em mercado cativo e em mercado livre, observando qual das duas modalidades é mais vantajosa em termos de economia financeira para a CPTM.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. COMPOSIÇÃO DA CPTM

A CPTM foi criada pela Lei nº 7.861, de 28 de maio de 1992, segundo a qual deveria assumir os sistemas de trens da RMSP em substituição à Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), através da Superintendência de Trens Urbanos de São Paulo (STU/SP), e à Ferrovia Paulista S/A (Fepasa), de forma a assegurar a continuidade e a melhoria dos serviços. A CPTM passou a operar efetivamente as atuais Linhas 07, 10, 11 e 12 em abril de 1994 e em 1996 as atuais Linhas 08 e 09 (CPTM, 2014).

As atuais linhas 08 e 09 são provenientes da Estrada de Ferro Sorocabana, depois incorporada à Fepasa. As linhas 07, 10, 11 e 12 são originárias da Rede Ferroviária Federal S/A (RFFSA), posteriormente CBTU. Com a criação da CPTM e a estadualização das linhas da CBTU, foi possível a implantação de um único sistema de trem metropolitano, centralizando o planejamento e a operação em uma só entidade (STM, 2009).

No entanto, a CPTM é herdeira de um sistema anterior à criação da Fepasa ou da RFFSA, sistema esse que perdura em funcionamento quase em sua totalidade e será melhor descrito nos itens que seguem.

2.1.1. Linhas 07 e 10

Em 1867, após mais de treze anos de obras, a primeira ferrovia paulista foi inaugurada, a San Paulo Railway (ou Inglesa), com 159 km. Ela ligava o município de Santos ao de Jundiaí, tendo como ponto de passagem a cidade de São Paulo; cruzava os municípios de Cubatão, Santo André (Paranapiacaba), Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires, Mauá e São Caetano do Sul até chegar à capital paulista. Terminado o prazo de concessão em 1946, conforme previa o contrato original de 1856, (SIQUEIRA e SOUKEF JÚNIOR, 2013) a empresa foi nacionalizada e incorporada a Estrada de Ferro Santos a Jundiaí (EFSJ), que mais tarde em 1957 foi uma das ferrovias que passaram a compor a RFFSA (GERODETTI e CORNEJO, 2003).

2.1.2. Linhas 08 e 09

Criada em 1871 pela iniciativa de um grupo empresarial dissidente da Estrada de Ferro Ituana (fundada em 1870), a Estrada de Ferro Sorocabana (EFS) iniciou em 1872 e inaugurou em 1875 uma linha que ligava a cidade de São Paulo a Sorocaba, (GERODETTI e CORNEJO, 2003) que atualmente corresponde parcialmente à Linha 8-Diamante da CPTM.

Em 1892 a Estrada de Ferro Ituana foi incorporada à EFS, resultando a Estrada de Ferro União Sorocabana e Ituana. Devido a uma séria crise econômica em 1905, a empresa passou a ser controlada diretamente pelo governo estadual. Em 1907, o governo cedeu em arrendamento a Companhia União Sorocabana e Ituana à empresa franco-americana Brasil Railway, passando a denominar-se Sorocabana Railway. Entretanto, em 1919, tudo reverteu à administração paulista, recuperando o antigo nome de Estrada de Ferro Sorocabana (GERODETTI e CORNEJO, 2003), (BOITEUX, 2014).

Inaugurado em 1957, o ramal de Jurubatuba que partia da Estação Imperatriz Leopoldina e ia até a Estação Evangelista de Souza, já no ramal Mairinque-Santos inaugurado em 1937, forma em parte a atual linha 9-Esmeralda da CPTM. Todas as ferrovias controladas pelo governo estadual foram unificadas em 1971 para formar a Fepasa (SANUKI, 2012).

2.1.3. Linhas 11 e 12

A linha que conectava São Paulo ao Vale do Paraíba teve sua construção iniciada em 1873 pela Estrada de Ferro de São Paulo e Rio de Janeiro, também conhecida como Estrada de Ferro do Norte, e foi concluída em 1877 quando foi aberta ao tráfego em toda sua extensão, percorrendo 231 km da Estação do Norte (substituída pela Estação Roosevelt, atual Estação Brás). Em 1891 a companhia foi assumida pelo Governo Federal que a incorporou à Estrada de Ferro Central do Brasil (EFCB) (antiga Dom Pedro II inaugurada em 1858), e atualmente constitui em partes a linha 11 da CPTM (GERODETTI e CORNEJO, 2003)(SANUKI, 2012).

Já a variante de Poá foi construída em 1926 pela EFCB, que hoje em sua totalidade compõe a linha 12 da CPTM (BOITEUX, 2014).

Em 1957 a EFCB foi extinta, passando a compor a RFFSA.

2.2. PROCESSO DE ELETRIFICAÇÃO

A Companhia Paulista de Estradas de Ferro, fundada em 1868, que em 1971 passou a integrar a Fepasa, foi a primeira ferrovia de grande porte do Brasil em que a tração elétrica foi introduzida (em 1921). Inicialmente cogitou-se obter energia através de usina própria a ser construída, mas que foi descartada após a oferta enviada pela *Light and Power Company*. A linha de transmissão com seus postes de madeira transportava a energia em 88kV_{ca} para a Subestação tipo transformadora rotatória, composta principalmente por um transformador que rebaixava a tensão para $2,3\text{kV}_{\text{ca}}$ e o grupo motor-gerador que gerava em 3kV_{cc} . Os bons resultados após um ano levaram a aprovação do prolongamento da eletrificação e em 1924 os trabalhos se iniciaram onde se passou a utilizar para a linha de transmissão torres de aço de 19 metros de altura, que apesar de mais caras, permitiam maior espaçamento entre elas e economia no uso de isoladores. O projeto inicial de eletrificação durou até 1929 e algumas extensões foram feitas até 1968 (TASSI, 2015).

A EFCB inaugurou o seu primeiro trecho eletrificado em 1937 entre D. Pedro II e Madureira, na cidade do Rio de Janeiro. Todavia, o trecho paulista da EFCB compreendido entre Brás e Mogi das Cruzes foi eletrificado na década de 50 (linha tronco e variante), alimentado pelas Subestações Sebastião Gualberto e Calmon Viana, ambas supridas pela *Light São Paulo*. O sistema de alimentação adotado foi o de corrente contínua em 3.000V (PIMENTA, 1957), (GORNÍ, 2009).

Em 1940, a Sorocabana assinou contrato para aquisição e montagem do material destinado à eletrificação da linha dupla, na extensão de 139,432 km entre São Paulo e Santo Antônio. Em 1944 foi inaugurado o primeiro trecho entre São Paulo e Sorocaba. Ao final de 1953 a Sorocabana havia eletrificado 16,82% da sua malha, que correspondia a 365,298 km. A energia elétrica era adquirida através da *Light & Power* em corrente trifásica de 60Hz a 88kV que distribuía para as 6 subestações conversoras (5 com retificadores de mercúrio e 1 com motores geradores), que passavam a corrente trifásica em contínua de 3kV_{cc} . Foi adotado o sistema de corrente contínua idêntico ao da Cia. Paulista, com a qual compartilhava a via em alguns trechos, e à época já era considerado o padrão de eletrificação no país (PIMENTA, 1957).

Em 1945 foi celebrado o contrato de reaparelhamento da EFSJ e em 1946 foi aprovado o decreto com o orçamento das obras de eletrificação do trecho entre Jundiaí e Mooca de 66,054 km. Após a sua encampação, o governo federal decidiu manter todos os compromissos assumidos para a sua eletrificação. Sendo assim, o trecho eletrificado entre Jundiaí e Mooca foi inaugurado em 1950 e em 1952 estendido até Mauá. A energia era fornecida pela *Light & Power* em corrente alternada de 88kV_{ca} que então era rebaixada nos transformadores da EFSJ para 33kV_{ca} que distribuía para as outras 2 subestações através de circuito trifásico duplo. Para a tração elétrica foi adotado o sistema de 3kV_{cc} em corrente contínua que era obtido através de retificadores a vapor de mercúrio (PIMENTA, 1957).

2.3. SISTEMA DE ENERGIA DA CPTM

Os sistemas de energia da CPTM são divididos basicamente em alta, média e baixa tensão, sinalização e tração.

De maneira geral, a concessionária transmite energia em alta tensão (88kV_{ca} ou 138kV_{ca}) para a SE primária que possui retificadores que alimentam a rede aérea com 3000V em corrente contínua (tração), transformadores abaixadores que rebaixam a tensão para $4,4\text{kV}_{ca}$, $6,6\text{kV}_{ca}$ ou $13,2\text{kV}_{ca}$ para o sistema de sinalização e em alguns casos também rebaixam para o nível de média tensão em $34,5\text{kV}_{ca}$ para alimentação das subestações retificadoras, que por sua vez, também alimentam os sistemas de sinalização e tração.

Já as estações de passageiros, recebem energia da concessionária em baixa ($220/127\text{V}_{ca}$) ou média ($13,8\text{kV}_{ca}$) tensão. Quando a entrada é em média tensão, há na estação uma subestação para abaixar a energia ao nível de baixa tensão e assim alimentar os circuitos da estação.

2.3.1. Alimentação das Subestações

Devido a acordos firmados na década de 70 entre empresas estatais do transporte público de passageiros e a concessionária de energia, o faturamento mensal das demandas das subestações da CPTM era integralizado. Isso significa que a demanda faturada era o maior valor resultante das somatórias das demandas das

subestações realizada no mesmo intervalo de 15 minutos, no período de um mês (ALVES, 2004).

Com a vigência do novo modelo de comercialização de energia elétrica (em vigor desde 2004) e o vencimento de vários contratos com a concessionária no ano de 2005, a CPTM migrou, 14 dos 17 contratos de alta tensão, de consumidor cativo para consumidor livre, obtendo uma grande vantagem econômica. Todavia a integralização dos contratos de energia foi perdida e foi necessário o aumento dos valores de demanda a ser contratado individualmente (previsto durante o estudo de migração) devido a característica de carga móvel do sistema ferroviário, além da criação de um plano de operação em caso de contingência (interrupção do fornecimento de energia de uma ou mais subestações).

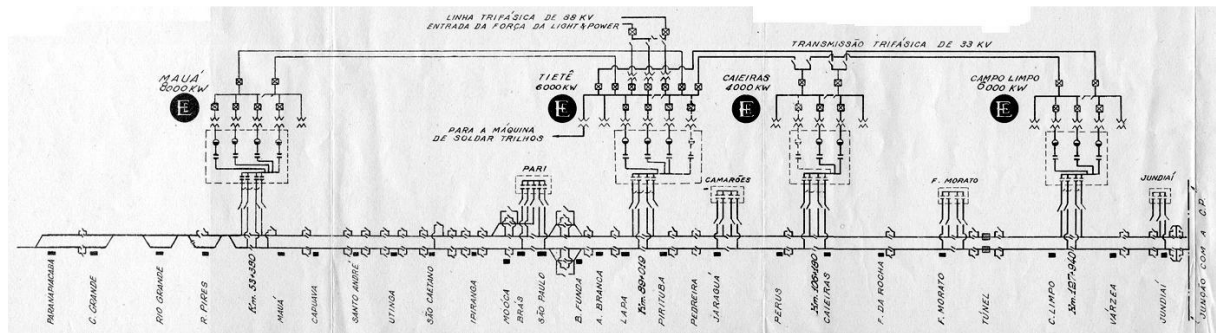
Visando aumentar a autonomia em casos de contingência, a CPTM decidiu expandir o padrão de alimentação das subestações das linhas 07 e 10 para as demais. Posto isso, em 2012 foi inaugurada a subestação Guaianazes que é alimentada através da linha de distribuição própria de $34,5\text{kV}_{ca}$ proveniente da Subestação Calmon Viana (CPTM, 2012). Além disso, estão vigentes contratos de readequação do sistema de energia da companhia, nos quais estão inclusos a implantação de outras linhas de distribuição para a alimentação de novas subestações em $34,5\text{kV}_{ca}$.

A CPTM possui atualmente 20 SE primárias distribuídas em suas 6 linhas, linha 07-Rubi, linha 08-Diamante, linha 09-Esmeralda, linha 10-Turquesa, linha 11-Coral e linha 12-Safira, e possuirá mais duas subestações primárias, uma em sua nova linha, a linha 13-Jade, e a outra na linha 10. Tratando-se das subestações retificadoras, além das 4 operantes nas linhas 07 e 10 e de uma na linha 11, estão previstas mais outras 7 distribuídas pelas linhas 09, 10, 11 e 13.

a.) Linha de distribuição em postes

No início da eletrificação das linhas 07 – Rubi e 10 – Turquesa, a subestação de Tietê recebia de uma linha de 88kV_{ca} da concessionária toda a energia necessária para o funcionamento completo do sistema. Essa energia era reduzida na subestação Tietê para 33kV_{ca} trifásicos e então distribuída para as outras subestações existentes, Caieiras, Campo Limpo Paulista e Mauá conforme Figura 2.1 a seguir.

Figura 2.1 - Diagrama da eletrificação das linhas 07 e 10 na década de 50.



Fonte: Gorni (2009)

A filosofia desse modelo se mantém até os dias atuais, porém com algumas mudanças nos níveis de tensão de entrada e saída das subestações. As subestações primárias das linhas 07 e 10 recebem a energia das concessionárias através de duas linhas de 138kV_{ca} ou 88kV_{ca} e rebaixam essa tensão para $34,5\text{kV}_{ca}$, que é então transmitido para alimentar as subestações retificadoras.

Essa distribuição interna é feita através de duas linhas redundantes de $34,5\text{kV}_{ca}$ trifásicos, que são apoiadas, na grande maioria do seu trecho, nos próprios postes e pórticos que sustentam a rede aérea de tração e os circuitos de sinalização ferroviária.

Figura 2.2 - Torre para desvio das linhas de $34,5\text{ kV}_{ca}$ sobre um viaduto



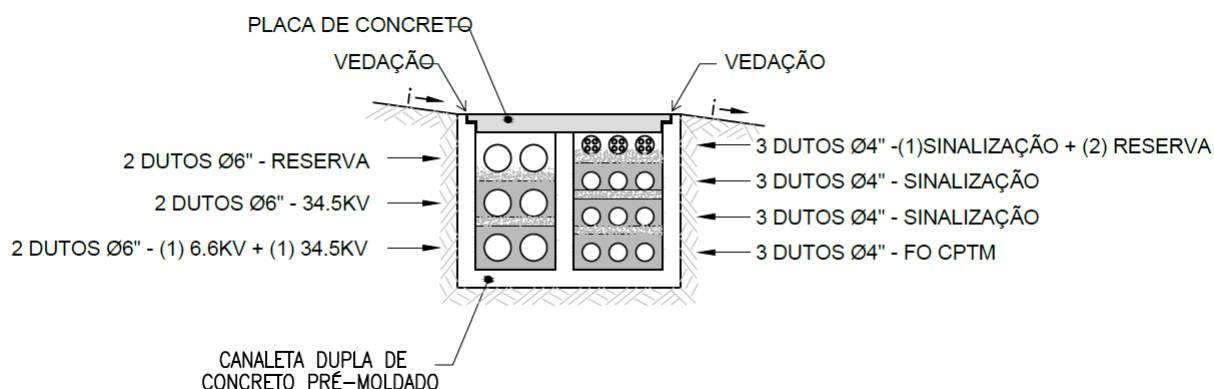
No entanto, em algumas localidades, devido principalmente ao relevo ou presença de interferências (vide Figura 2.2), se fazem necessários desvios para seguir o encaminhamento dos cabos. Além disso, a manutenção das redes torna-se mais complexa devido à proximidade entre os sistemas.

b.) Linha de distribuição em banco de dutos

A recente obra de extensão da Linha 09 – Esmeralda da CPTM, que consiste em um prolongamento de aproximadamente 4,5km de via férrea a partir da estação Grajaú, prevê a construção de duas estações, uma cabine seccionadora e uma subestação retificadora. Essa nova subestação será alimentada pela subestação Cidade Dutra por meio de duas linhas redundantes de 34,5kV_{ca} trifásicos e parte desse encaminhamento até a nova estação, diferentemente da metodologia das linhas 07 e 10, será feito através de uma rede de dutos enterrados.

O modelo de referência para o banco de dutos utilizado nesse empreendimento (vide Figura 2.3) é fabricado em concreto pré-moldado, com uma divisória entre os circuitos de média tensão e os circuitos de sinalização, controle e de tráfego de dados.

Figura 2.3 - Seção tipo do banco de dutos da extensão da Linha 9 – Esmeralda

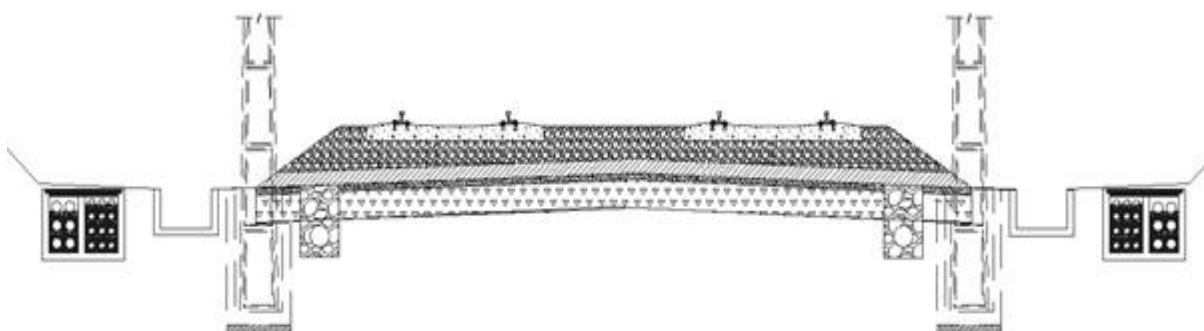


Fonte: Documentos técnicos CPTM

Além do encaminhamento de dutos para o circuito de 34,5kV_{ca} para alimentação da nova subestação, também foram previstos dutos para o sistema de sinalização em média tensão e para sistemas de telecomunicação em fibra óptica, além de dutos reservas. Esse banco de dutos acompanhará paralelamente a extensão

da via férrea, nos seus dois lados (vide Figura 2.4), já que os circuitos de subalimentação das subestações, de sinalização e de telecomunicação da CPTM possuem redundância.

Figura 2.4 - Distribuição típica do banco de dutos



Fonte: Documentos técnicos CPTM

2.3.2. Alimentação das Estações

A CPTM possui atualmente 92 estações de passageiros e 5 principais pátios e oficinas de manutenção de trens em operação, além de 3 grandes prédios administrativos responsáveis pela gestão da empresa e de seu sistema de transporte. Neste ano estão em andamento as obras de 4 novas estações e isto totalizará 96 estações para atender aos usuários da RMSP.

O sistema de energia elétrica da CPTM para alimentação dos empreendimentos é constituído por entradas de energia em média e baixa tensão, sendo respectivamente utilizados os níveis de tensão iguais a $13,8kV_{ca}$ e $220/127V_{ca}$. O plano de modernização, ampliação e adequação de acessibilidade às estações de passageiros da CPTM, devido ao aumento da potência demandada junto às concessionárias de energia elétrica, implica na mudança das entradas de energia em baixa tensão para o regime de média tensão. O Quadro 2.1 descreve os padrões atuais e futuros de entrada de energia das estações, oficinas, pátios e prédios administrativos.

Quadro 2.1 - Resumo dos padrões de entrada em média e baixa tensão.

| Linha | Nº de estações e prédios | Padrão de Entrada Atual | | Plano de Modernização | | |
|-------|--------------------------|-------------------------|--------------|-----------------------|--------------------|---------------|
| | | 220/127 V | 13,8/13,2 kV | Obra contratada | Projeto contratado | Fora do plano |
| 7 | 18 | 11 | 7 | 2 | 9 | 0 |
| 8 | 23 | 11 | 12 | 3 | 5 | 3 |
| 9 | 20 | 0 | 18 | 2 | 0 | 0 |
| 10 | 13 | 8 | 5 | 0 | 6 | 2 |
| 11 | 13 | 4 | 9 | 1 | 3 | 0 |
| 12 | 13 | 5 | 8 | 0 | 3 | 2 |
| 13 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| TOTAL | 102 | 39 | 59 | 10 | 26 | 7 |

2.3.3. Falhas devido à oscilação ou falta no fornecimento de energia elétrica

Foram coletados os dados de falta de fornecimento de energia elétrica nas modalidades A2, A4 e B nos empreendimentos da CPTM nos anos de 2014 e 2015.

Quadro 2.2 - Total de falhas e de horas em falta em estações - 2014 e 2015

| Linhas | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 |
|----------|----------------|---------------|------------------|------|
| | Horas em falta | | Número de falhas | |
| Linha 7 | 402 h 24 min | 637 h 16 min | 113 | 155 |
| Linha 8 | 199 h 28 min | 415 h 29 min | 66 | 107 |
| Linha 9 | 364 h 54 min | 415 h 52 min | 90 | 106 |
| Linha 10 | 261 h 34 min | 283 h 34 min | 97 | 71 |
| Linha 11 | 99 h 02 min | 48 h 25 min | 59 | 16 |
| Linha 12 | 134 h 12 min | 66 h 21 min | 50 | 20 |
| Total | 1461 h 34 min | 1866 h 57 min | 475 | 475 |

Por meio do Quadro 2.2 nota-se que apesar de o número de vezes em que houve falta de energia elétrica nos prédios da CPTM ser coincidentemente o mesmo

nos anos de 2014 e 2015, em 2015 o número total de horas em que a estação ficou com falha foi quase 30% maior. E que apesar de o número de empreendimentos da CPTM ser expressivo, essas faltas significaram que em média, cada localidade ficou quase 20 horas sem o fornecimento de energia no ano de 2015.

Apenas 60 das 92 estações da CPTM possuem alimentação de emergência por meio de grupo gerador a diesel ou por nobreaks. Em caso de falta de energia elétrica na estação por parte do fornecimento da concessionária local, esta redundância alimenta as cargas essenciais, como por exemplo, os elevadores e os subsistemas de telecomunicações. Além disso, em torno de 50% do total da carga referente à iluminação, tomadas e de todos os subsistemas, continuam energizados. Nas demais estações, em caso de falta de energia, além de transtornos como escadas rolantes e elevadores parados e falta de luz, a linha de bloqueios também fica desativada, ou seja, nesses casos o usuário acessa o sistema metro-ferroviário paulista gratuitamente.

Além dos problemas citados anteriormente, a oscilação na tensão de fornecimento de energia da concessionária, principalmente em locais distantes dos seus centros de distribuição, causam consideráveis falhas e defeitos em equipamentos instalados nas dependências da CPTM.

Com relação a faltas de fornecimento ou oscilações na rede da concessionária em rede de distribuição A2, estas foram consideravelmente menores. De acordo com os registros, em 2014 houve duas falhas em subestações devido a oscilações na rede da concessionária, e em 2015 houveram 4 falhas, das quais em duas foi necessário realizar a transferência de linha de alimentação da concessionária (15 minutos no total), uma a tensão de fornecimento estava abaixo dos limites e foi corrigida em 36 minutos, e a falha com maior impacto foi na qual a concessionária deixou de fornecer energia para uma subestação durante uma 1 hora e 43 minutos. O resumo de tais falhas está descrito no Quadro 2.3:

Quadro 2.3 - Total de falhas e de horas em falta em subestações - 2014 e 2015

| 2014 | Falhas em alta tensão | Tempo | 2015 | Falhas em alta tensão | Tempo |
|----------|-----------------------|-------|----------|-----------------------|-------|
| Linha 8 | 1 | - | Linha 8 | 1 | 00:36 |
| Linha 10 | 1 | - | Linha 9 | 2 | 01:52 |
| | | | Linha 10 | 1 | 00:06 |

Logo, com a interligação dos sistemas de energia da CPTM proposta neste estudo, seriam eliminados os contratos atualmente em A4 na companhia e a alimentação de todos os seus pontos de consumo passaria a ser realizada por meio de contratos em A2, resultando em uma energia livre de constantes oscilações externas à empresa, aumentando, por consequência, a sua confiabilidade.

3. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

3.1. MERCADO CATIVO E MERCADO LIVRE

As duas modalidades de contratação de energia elétrica junto às concessionárias dentro da alta tensão (88/138kV) que a CPTM pratica, assim como outros grandes consumidores, são o mercado cativo e o mercado livre. No mercado cativo, o fornecimento é realizado pela concessionária local como ocorre convencionalmente também para os contratos em média tensão (A4) e em baixa tensão (B). Já no mercado livre, a energia é adquirida junto a um fornecedor externo dentro da livre concorrência que repassa a energia a uma determinada concessionária local e na sequência o consumidor é atendido.

De acordo com a lei, o consumidor cativo é aquele que obrigatoriamente deve comprar energia elétrica da concessionária operante na sua região. Já o consumidor livre, é aquele que deve atender às exigências e regulamentações da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Então, para ser caracterizado como consumidor livre, a demanda deve ser maior ou igual a 3MW, deve se ter uma declaração de ser livre quanto a realização de distintos contratos para a demanda com a concessionária local, além de ter que arcar com as tarifas de uso dos sistemas de transmissão e de distribuição (TUST e TUSD), bem como ter direito de aquisição livre para o consumo de energia elétrica (ALVES, 2004).

Segundo Alves (2004), a existência de um mercado de concorrência como é observado dentro do mercado livre, possibilita a redução de custos referente à compra de energia elétrica. Esta vantagem é decorrente da definição de preços conforme as condições de oferta e procura dentro da realidade em questão.

A TUSD é cobrada do consumidor livre com o intuito de compensar os custos de manutenção e de modernização das redes de transmissão que chegam até este consumidor. Este encargo já vem embutido nas tarifas de energia dos consumidores cativos e também dos consumidores livres (ALVES, 2004).

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. DEMANDA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO SISTEMA DE TRAÇÃO E DE SINALIZAÇÃO DA CPTM – SE PRIMÁRIAS /RETIFICADORAS

Os dados do Quadro 4.1 mostram as demandas máximas registradas na SE primária A9, localizada na linha 09, nos anos de 2014 e 2015. O valor apresentado dentro de cada um dos meses representa o máximo valor de demanda registrado em um determinado dia dentro do referido mês. Os valores de consumo de energia elétrica desta SE são apresentados no Quadro 4.2.

As demandas máximas registradas nas demais subestações primárias da linha 09 da CPTM estão representadas no Apêndice A e os consumos de energia elétrica estão representados no Apêndice B.

Quadro 4.1: Demandas registradas na SE primária A9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Subestação primária A9 - subgrupo A2 (alta tensão) | | | | |
|--|--|-----------------------|--|-----------------------|
| Meses | Demanda Máxima Registrada em 2014 (kW) | | Demanda Máxima Registrada em 2015 (kW) | |
| | Horário de Ponta | Horário Fora de Ponta | Horário de Ponta | Horário Fora de Ponta |
| Janeiro | 7.099,20 | 7.156,80 | 6.696,00 | 7.056,00 |
| Fevereiro | 6.408,00 | 6.638,40 | 7.444,80 | 7.372,80 |
| Março | 6.480,00 | 6.451,20 | 7.243,20 | 7.056,00 |
| Abril | 6.552,00 | 6.580,80 | 6.998,40 | 7.257,60 |
| Maio | 6.192,00 | 6.177,60 | 6.667,20 | 6.595,20 |
| Junho | 6.264,00 | 6.235,20 | 6.739,20 | 6.926,40 |
| Julho | 6.091,20 | 7.401,60 | 7.344,00 | 7.372,80 |
| Agosto | 6.220,80 | 6.206,40 | 7.084,80 | 7.243,20 |
| Setembro | 6.638,40 | 6.537,60 | 7.459,20 | 7.070,40 |
| Outubro | 6.480,00 | 6.667,20 | 7.300,80 | 7.632,00 |
| Novembro | 6.264,00 | 6.436,80 | 7.502,40 | 7.660,80 |
| Dezembro | 7.257,60 | 6.955,20 | 7.977,60 | 8.193,60 |

Quadro 4.2: Consumo de energia elétrica na SE primária A9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Subestação Primária A9 - subgrupo A2 (alta tensão) | | | | | |
|--|---------------|------------------|------------|---------------|-------------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 3.625.052,00 | R\$ 660.626,67 | jan/15 | 3.002.421,00 | R\$ 876.995,70 |
| fev/14 | 2.603.905,00 | R\$ 576.305,58 | fev/15 | 2.751.699,00 | R\$ 852.850,33 |
| mar/14 | 2.848.845,00 | R\$ 615.378,61 | mar/15 | 3.225.268,00 | R\$ 1.357.466,88 |
| abr/14 | 2.715.004,00 | R\$ 589.733,33 | abr/15 | 3.020.032,00 | R\$ 1.267.274,13 |
| mai/14 | 2.632.928,00 | R\$ 575.576,90 | mai/15 | 3.018.027,00 | R\$ 1.280.364,03 |
| jun/14 | 2.711.296,00 | R\$ 590.144,62 | jun/15 | 2.856.063,00 | R\$ 1.216.805,52 |
| jul/14 | 2.340.345,00 | R\$ 622.565,04 | jul/15 | 3.204.694,00 | R\$ 1.493.332,48 |
| ago/14 | 2.464.754,00 | R\$ 652.240,53 | ago/15 | 3.051.856,00 | R\$ 1.415.628,42 |
| set/14 | 2.598.141,00 | R\$ 681.546,70 | set/15 | 2.981.314,00 | R\$ 1.397.533,65 |
| out/14 | 2.788.930,00 | R\$ 736.701,78 | out/15 | 3.317.360,00 | R\$ 1.548.414,71 |
| nov/14 | 2.634.321,00 | R\$ 690.278,16 | nov/15 | 3.299.558,00 | R\$ 1.526.963,85 |
| dez/14 | 2.804.410,00 | R\$ 723.465,19 | dez/15 | 3.314.350,00 | R\$ 1.558.041,28 |
| Total 2014 | 32.767.931,00 | R\$ 7.714.563,11 | Total 2015 | 37.042.642,00 | R\$ 15.791.670,98 |

4.2. DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EMPREENDIMENTOS DA CPTM NOS ANOS DE 2014 E 2015

Empreendimentos são classificados neste trabalho como as estações de passageiros, os pátios e oficinas de manutenção de trens e os prédios administrativos da CPTM. O principal objetivo deste trabalho é definir os dados de entrada para o estudo de caso que se refere aos dois possíveis cenários destinados a interligar o SAE da companhia.

As trinta e quatro principais estações de passageiros da CPTM que possuem suas entradas de energia em média tensão foram escolhidas como parâmetros para a estimativa da demanda de energia elétrica para as estações a serem modernizadas e as novas construções. Os pátios e as oficinas de manutenção de trens, bem como os prédios administrativos maiores, já apresentam entradas de energia em média tensão e não estão dentro do plano de modernização.

Os projetos executivos das estações modernizadas e acessíveis a portadores de necessidades especiais e de mobilidade reduzida foram utilizados para se obter os valores de potência instalada e as demandas de energia elétrica para tais empreendimentos. Os demais empreendimentos dentro do plano de modernização e os novos possuem seus projetos executivos em fase de conclusão, alguns estão na etapa de projeto básico e outros ainda, estão na etapa de projeto funcional. Mesmo que a etapa ainda seja de projeto funcional, a concepção e as definições para as

novas construções são suficientes para a estimativa da demanda de energia elétrica a ser contratada pela CPTM. O Quadro 4.3 apresenta os empreendimentos e as respectivas etapas dos projetos utilizados para o estudo estimativo.

Quadro 4.3: Empreendimentos da CPTM e classificação por etapa dos projetos.

| Empreendimento (estações e outros) | Etapas de Projeto | Dentro do plano de Modernização ? |
|--|------------------------------|-----------------------------------|
| Jaraguá, Francisco Morato, Botujuru, Comandante Sampaio, Quitaúna, Jardim Belval, Jardim Silveira, Sagrado Coração, Mendes - Vila Natal, Varginha, Ipiranga, Utinga, Prefeito Saladino, Mauá, Suzano, Engenheiro Goulart, Guarulhos CECAP, Aeroporto Guarulhos | Projeto Executivo | Sim |
| Piqueri, Pirituba, Perus, Caieiras, Baltazar Fidélis, Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Imperatriz Leopoldina, General Miguel Costa, Antônio João, Osasco, São Caetano, Capuava, Guapituba, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Antonio Gianetti Neto, Poá, Jundiapéba, Brás Cubas, Mogi das Cruzes, Estudantes, Engenheiro Manoel Feio, Itaquaquecetuba, Aracaré | Projeto Básico | Sim |
| Água Branca, Lapa 07, Vila Clarice, Lapa 08, Santa Terezinha | Projeto Funcional | Sim |
| Vila Aurora, Franco da Rocha, Oficinas da Lapa, Oficinas da Luz, Júlio Prestes, Domingos de Moraes, Carapicuíba, Barueri, Jandira, Engenheiro Cardoso, Itapevi, Santa Rita, Amador Bueno, Oficinas de Presidente Altino, Pátio Bolívia, Prédio Administrativo de Presidente Altino, estação Presidente Altino, Ceasa, Villa Lobos - Jaguaré, Cidade Universitária, Pinheiros, Hebráica Rebouças, Cidade Jardim, Vila Olímpia, Berrini, Morumbi, Granja Julieta, Santo Amaro, Socorro, Jurubatuba, Autódromo, Primavera Interlagos, Grajaú, Prédio da Luz, Mooca, Tamanduateí, Prefeito Celso Daniel - Santo André, Dom Bosco, José Bonifácio, Guaianases, Ferraz de Vasconcelos, Engenheiro São Paulo, Brás, USP Leste, Comendador Ermelino, São Miguel Paulista, Jardim Helena - Vila Mara, Itaim Paulista, Jardim Romano, Calmon Viana | Projeto Executivo | Não |
| Barra Funda, Tatuapé, Corinthians - Itaquera | Responsabilidade do Metrô-SP | Não |

Os empreendimentos da CPTM possuem diferentes níveis de tensão para as entradas de energia conforme o fornecimento pela concessionária. Antes de dimensionar as demandas de energia elétrica para cada um dos empreendimentos foi necessário conhecer qual o nível de tensão para cada uma das estações porque existe na companhia uma gestão das demandas registradas e faturadas em consumo no que se refere a média tensão. Os quadros do Apêndice C mostram estas características divididas por linha da CPTM.

A intranet da CPTM apresenta informações operacionais a partir de uma área que realiza a gestão da energia elétrica demandada e consumida pelos empreendimentos em média tensão. A partir destes dados registrados tornou-se possível relacionar potência instalada, demanda para as subestações de energia, ou simplesmente entradas de energia, e os valores de demanda líquida para cada um dos empreendimentos. A demanda líquida é o valor efetivamente solicitado para cada empreendimento, sem considerar as perdas na distribuição de energia. Estas perdas são dimensionadas em simulações de distribuição de energia em $13,8\text{kV}_{ca}$ (HASHIGUTI, 2016) e em $34,5\text{kV}_{ca}$ (MOTTA, 2016). Conhecidas estas perdas, elas são somadas às demandas líquidas e assim são encontradas as demandas a contratar. Nas próximas linhas deste trabalho será apresentado o exemplo de uma nova estação de passageiros recentemente inaugurada, a estação G7, e este exemplo ilustrará a metodologia empregada para se estimar as demandas de energia para os demais empreendimentos a serem construídos ou modernizados.

A estação G7 situa-se na linha 07-Rubi da CPTM e foi construída para atender a norma de acessibilidade. Em virtude não somente quanto ao atendimento à norma mas também quanto a conceitos operacionais como a eliminação da passagem em nível existente no local e a construção de uma passarela no corpo da estação, a nova estação em substituição à antiga, recebeu um projeto executivo de médio a grande porte que exigiu a modernização das instalações elétricas. Esta nova configuração do SAE exigiu uma entrada de energia em $13,8\text{kV}_{ca}$ ao invés do fornecimento antigo que ocorria em $220/127\text{V}_{ca}$.

Os diagramas unifilares do SAE e de Telecomunicações foram aplicados satisfatoriamente na estação e com isso tornou-se possível ter em mãos uma informação precisa sobre a potência total instalada. Cada um dos subsistemas possui seus respectivos quadros ou painéis de alimentação elétrica, subdivididos em circuitos

e em alguns casos até em circuitos secundários. Conhecidos os circuitos principais e os secundários, aplicou-se os fatores de demanda individualmente a cada um deles e como resultado final foi obtida uma demanda geral para o subsistema ou quadro, painel e equipamento em particular. Os fatores de demanda foram aplicados conforme o conhecimento sobre a operacionalidade das estações de passageiros da CPTM, como por exemplo, o fator de demanda (FD) referente a iluminação e tomadas. Nesta situação, o FD para as salas técnicas é menor do que os fatores de demanda para as regiões de mezanino e plataformas de embarque, observadas respectivamente, a menor e a maior utilização das instalações elétricas. Simultaneamente, considerou-se o horário de maior utilização do SAE, o horário de ponta noturno.

As cargas que funcionam sistematicamente a grande parte do dia e principalmente nos horários de ponta receberam FD diferenciados com tendência a um, pois sabe-se que em um determinado horário do dia a estação estará com maior movimentação de público e exigirá maior demanda de energia. É fácil observar, por exemplo, que neste horário específico toda a iluminação externa estará acesa, os elevadores e as escadas rolantes estarão operando em intervalos menores do que observado no horário de vale, as iluminações do mezanino e da plataforma estarão completamente acesas, o sistema de sonorização estará operando um maior número de vezes, o subsistema de arrecadação e a rede de dados serão mais exigidos etc.

A relação completa de FD é apresentada no quadro 4.4. Este quadro apresenta as faixas de valores de FD admissíveis para cada tipo de painel, quadro ou equipamento, definidas a partir da análise dos projetos elétricos e de sistemas de Telecomunicações da empresa. Um empreendimento ferroviário possui diferentes características operacionais em relação aos ambientes residencial e industrial. Portanto, observam-se valores de FD diferentes daqueles que a norma apresenta.

O Quadro 4.5 apresenta os valores máximos de demanda registrados nos anos de 2014 e 2015 na estação G7.

Quadro 4.4: Fatores de demanda utilizados no ambiente ferroviário - CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | FD | |
|--|--------|--------|
| | Mínimo | Máximo |
| Painel de Luz e Tomadas das Salas Técnicas (PL-N/PL-E) | 0,40 | 0,55 |
| Painel de Luz e Tomadas do Mezanino (PL-N/PL-E) | 0,63 | 0,80 |
| Painel de Luz e Tomadas das Salas Operacionais (PL-N/PL-E) | 0,63 | 0,80 |
| Painel de Luz e Tomadas da Plataforma (PL-N/PL-E) | 0,64 | 0,80 |
| Painel de Iluminação Externa (PL-N) | 0,90 | 1,00 |
| Painel de Luz e Tomadas do Bicicletário (PL-N/PL-E) | 0,82 | 0,86 |
| Painel de Luz e Tomadas do Reservatório (PL-N/PL-E) | 0,82 | 0,86 |
| Quadro de Força para chuveiros (QF) | 0,33 | 0,42 |
| Painel de Ventilação das Salas Técnicas (PVST) | 0,45 | 0,68 |
| Painel de alimentação das cargas Essenciais (PESS) | 0,88 | 1,00 |
| Sistema de Alimentação e Controle de Bombas (SACB) | 0,80 | 1,00 |
| Painel de Alimentação do Carregador de baterias (PAC) | 0,86 | 1,00 |
| Painel de Alimentação dos Bloqueios (PAB) | 0,80 | 1,00 |
| Painel de alimentação de Escada Rolante (PER) | 0,75 | 0,90 |
| Painel de alimentação de Elevador (PEL) | 0,80 | 0,90 |
| Inversor e Chave Estática 1 para PDF-1 e PDF-2 (ICHE-1) | 0,85 | 1,00 |
| Inversor e Chave Estática 2 para PDF-SIN (ICHE-2) | 0,50 | 0,75 |
| Quadro de Distribuição de Bombas de Incêndio (QDBI) - Circuito Principal | 1,00 | 1,00 |
| Quadro de Distribuição de Bombas de Incêndio (QDBI) - Circuito Reserva | 0,50 | 0,50 |

Quadro 4.5: Demandas registradas na estação G7 nos anos de 2014 e 2015.

| Estação de passageiros G7 | | | |
|---------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|
| 2014 | Demanda Máxima Registrada (kW) | 2015 | Demanda Máxima Registrada (kW) |
| Janeiro | 25,20 | Janeiro | 73,20 |
| Fevereiro | 31,20 | Fevereiro | 74,30 |
| Março | 31,68 | Março | 74,30 |
| Abril | 45,84 | Abril | 72,60 |
| Maio | 78,24 | Maio | 74,00 |
| Junho | 83,76 | Junho | 74,30 |
| Julho | 78,60 | Julho | 75,50 |
| Agosto | 79,50 | Agosto | 77,20 |
| Setembro | 76,60 | Setembro | 73,70 |
| Outubro | 74,30 | Outubro | 77,90 |
| Novembro | 77,20 | Novembro | 73,70 |
| Dezembro | 75,70 | Dezembro | 74,30 |

O Quadro 4.5 demonstra que o maior valor de demanda registrado nos últimos dois anos, ou seja, em 24 meses, foi igual a 83,76kW. Este poderia ser o valor a ser adotado como referência ou base para estabelecer os critérios do processo estimativo de demanda, relacionando-o com a demanda calculada para a entrada de energia da estação e subsequentemente à potência total instalada. Contudo, observa-se que os outros valores, apesar de uma pequena oscilação ao longo dos meses, mostram que o valor de 83,76kW foi atípico. Sendo assim, o valor base adotado foi a medição do mês de Agosto de 2014, ou seja, o valor de 79,50kW.

4.2.1. Padrão atual do SAE da CPTM em média tensão

Antes de iniciar o processo para se definir a relação entre a potência instalada, a demanda para a entrada de energia e a demanda líquida é fundamental que se conheça o padrão atual do SAE da CPTM em média tensão.

O SAE das estações de passageiros da CPTM em média tensão é constituído por subestações de energia sob o nível de 13,8/13,2kV_{ca} com cabine primária de medição e proteção e transformador de potência. A saída em baixa tensão deste transformador (220/127V_{ca}) alimenta o Quadro Geral de Distribuição (QGD) e a partir deste quadro são alimentados os demais quadros, painéis e equipamentos dos subsistemas elétricos e de telecomunicações da estação.

Na ausência da concessionária local de energia elétrica, automaticamente é acionada a entrada em operação do chamado Grupo Gerador a Diesel (GGD), que atende geralmente 50% da potência demandada em uma estação. Esta redundância por meio do GGD não entra no cálculo de demanda, observado que é um subsistema independente da concessionária.

Os painéis e quadros que compõem o SAE padrão das estações atualmente utilizados são Painel de Luz e Tomadas (PL), Quadro de Força para chuveiros (QF), Painel de Ventilação das Salas Técnicas (PVST), Painel de alimentação das cargas Essenciais (PESS), Sistema de Alimentação e Controle de Bombas (SACB), Painel de Alimentação do Carregador de baterias (PAC), Painel de alimentação de Escada Rolante (PER), Painel de alimentação de Elevador (PEL), Quadro de Distribuição de Bombas de Incêndio (QDBI) e subsequentemente os painéis e quadros terminais. Em algumas estações estão presentes outros tipos de

painéis, quadros e subsistemas particulares que ultrapassam este padrão mínimo exigido ou até mesmo acabam sendo variações dos que já existem, como por exemplo, um sistema centralizado de aquecimento de água em substituição a um QF para chuveiros.

Retomando o processo estimativo para estabelecer uma relação entre a potência instalada e as demandas de energia elétrica das estações de passageiros, apresentam-se no Quadro 4.6 os valores da potência instalada e da demanda de energia para o PL das salas técnicas da estação G7, além de conter todos os circuitos, o FD global e o FD médio para o painel. Os demais painéis e quadros elétricos com a apresentação destes tipos de características podem ser observados no Apêndice D. Após o quadro 4.6 será apresentada a metodologia empregada para se determinar a demanda líquida de energia elétrica para os empreendimentos da CPTM, como por exemplo, para a estação G7.

Quadro 4.6: PL das salas técnicas da estação G7 da linha 07-Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| PL1-N | | 18,40 | 9,43 |
| Circuito | iluminação N1 | 2,08 | 1,13 |
| Circuito | iluminação N2 | 0,16 | 0,16 |
| Circuito | iluminação N3 | 1,40 | 0,76 |
| Circuito | iluminação N4 | 0,70 | 0,38 |
| Circuito | iluminação N5 | 0,48 | 0,39 |
| Circuito | iluminação N6 | 0,56 | 0,30 |
| Circuito | iluminação N7 | 0,40 | 0,33 |
| Circuito | iluminação N8 | 0,12 | 0,10 |
| Circuito | Tomadas T1 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T2 | 1,50 | 1,13 |
| Circuito | Tomadas T3 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T4 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T5 | 1,00 | 0,25 |
| Circuito | Tomadas T6 | 1,00 | 0,25 |
| Circuito | Tomadas T7 - Reserva | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T8 - Reserva | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T9 | 1,00 | 0,25 |
| Circuito | Tomadas T10 | 3,00 | 1,50 |
| PL1-E | | 6,84 | 3,25 |
| Circuito | iluminação E1 | 1,68 | 0,91 |
| Circuito | iluminação E2 | 0,24 | 0,13 |
| Circuito | iluminação E3 | 1,20 | 0,65 |
| Circuito | iluminação E4 | 0,60 | 0,16 |
| Circuito | iluminação E5 | 0,56 | 0,15 |
| Circuito | iluminação E6 | 0,56 | 0,15 |
| Circuito | iluminação E7 -Reserva | 1,00 | 0,54 |
| Circuito | iluminação E8 -Reserva | 1,00 | 0,54 |
| TOTAL (kW) | | 25,24 | 12,68 |
| Fator de Demanda global | | 0,50 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,53 | |

4.2.2. Metodologia para determinação da demanda líquida de energia elétrica para os empreendimentos da CPTM

A demanda líquida de energia elétrica para um empreendimento, neste trabalho, é calculada a partir da demanda total calculada teoricamente, que corresponde à soma de todas as demandas individuais dos painéis, quadros e subsistemas do SAE.

A demanda para a entrada de energia da estação G7 foi calculada por meio de uma somatória das demandas individuais dos quadros e painéis apresentados nos quadros do Apêndice D em conjunto com o Quadro 4.6. Sendo assim, o valor para a

demanda referente à entrada de energia resultou em 335,83kW. Conforme observado no Quadro 4.5, foi adotado anteriormente o valor de 79,50kW para a demanda máxima registrada nesta estação nos dois últimos anos. Este valor obtido operacionalmente equivale a aproximadamente 23,67% da demanda teórica para a entrada de energia. Então, para efeito de contratação de demanda aplicou-se um Fator da Demanda Líquida (FDL) igual a 24,00% e dessa forma obtém-se uma ligeira margem sobre o valor de 79,5kW, o que resulta em aproximadamente 80,60kW. De volta ao quadro 4.5, observa-se que o valor de 80,00kW é suficiente como demanda líquida para a estação G7 e o seu FDL é igual a 24,00%. Como já afirmado anteriormente, a demanda líquida é somada às perdas existentes na distribuição de energia e assim obtém-se o valor para a demanda a ser contratada.

Analogamente ao procedimento aplicado para a estação G7 realizou-se o dimensionamento para cada uma das demais estações alimentadas em média tensão. Nesta linha de raciocínio, cada uma das estações recebeu um FDL, sendo que algumas delas receberam valores de acordo com os valores de demanda registrados operacionalmente e outras receberam valores estimados com base no estudo que foi desenvolvido para todas as estações alimentadas em média tensão já operacionais na CPTM há mais de dois anos. Alguns empreendimentos da empresa, além de comportar estações também contêm prédios administrativos, como são os casos do prédio da Luz e do prédio do Brás. Em ambos os casos foram consideradas as demandas totais dentro do empreendimento de modo a considerar um único ponto de atendimento.

O mesmo procedimento de análise foi utilizado para os demais empreendimentos distribuídos ao longo das seis linhas férreas da CPTM e os resultados obtidos estão representados nos quadros do Apêndice E. Os dados apresentados nesses quadros correspondem a empreendimentos novos e já modernizados e simultaneamente aos que ainda serão modernizados ou novas construções dentro do plano de modernização e adequações de acessibilidade, bem como é considerada a ampliação da malha ferroviária.

Os quadros do Apêndice E apresentam informações referentes ao acréscimo da demanda de energia elétrica dos empreendimentos nas subestações primárias da CPTM caso todo o sistema passe a ser alimentado dentro do subgrupo A2. Considerando individualmente cada linha pode-se afirmar que, além da demanda

de energia para o sistema de tração e de sinalização em operação, a linha 07 demandará mais 3.088kW, a linha 08 mais 2.659kW, a linha 09 mais 1.400kW, a linha 10 mais 1.930kW, a linha 11 mais 1.801kW e a linha 12 demandará mais 1.181kW. As estações da linha 13 demandarão 427kW, incluindo a estação Engenheiro Goulart, incluída nesta linha ao invés de estar localizada na linha 12.

A linha 09 possuirá futuramente mais uma SE primária, a SE Mendes, que contribuirá para a alimentação elétrica do sistema de tração e de sinalização desta linha. Já a linha 13, possuirá uma SE primária, a SE Ayrton Senna, que alimentará o sistema de tração e de sinalização desta nova linha. O escopo deste trabalho prevê as novas estações que estão sendo construídas nas linhas 09 e 13, bem como considera que as duas novas SE primárias contribuirão para a alimentação elétrica de estações de passageiros.

4.3. ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE CUSTOS COM ENERGIA ELÉTRICA PARA OS EMPREENDIMENTOS DA CPTM

Conforme já afirmado e justificado anteriormente, o plano de modernização dos empreendimentos da CPTM prevê subestações de entrada de energia alimentadas em média tensão sob o nível de 13,8kV_{ca}. A linha 09 já possui atualmente todas as suas entradas de energia neste nível de tensão e seus empreendimentos já foram modernizados, sendo por estes motivos o principal objeto de estudo neste subitem. O consumo de energia elétrica de todas as estações de passageiros da linha 09 nos anos de 2014 e 2015 está presentes no Apêndice F.

Os quadros do Apêndice F em conjunto com os quadros do Apêndice B permitem uma análise financeira da linha 09 em termos de economia perante o consumo de energia elétrica. Primeiramente foi encontrada a relação R\$/kWh mês a mês pagos pela CPTM dentro do subgrupo A2 de fornecimento e dentro do subgrupo A4. Conhecidos estes valores, foi considerada a migração de todo o regime de fornecimento em A4 para o A2, simulando que todas as estações de passageiros passassem a ser alimentadas pelas SE primárias e não mais por meio de contratos individuais em A4 como ocorre atualmente.

Considerando os consumos de energia elétrica e seus respectivos valores faturados no ano de 2014 dentro do mercado cativo, se as estações de passageiros

fossem alimentadas dentro do subgrupo A2 de fornecimento, a economia financeira nos custos com energia teria sido de aproximadamente R\$ 110.920,49. Por outro lado, se a contratação de energia tivesse ocorrido totalmente em mercado livre, a economia chegaria a aproximadamente R\$ 865.799,74.

A mesma análise foi realizada para o ano de 2015 e observou-se que a economia passou a ser um pouco mais expressiva. Se no ano passado a contratação de energia tivesse sido realizada em A2, em mercado cativo a economia teria sido de aproximadamente R\$ 188.913,67 e em mercado livre teria sido de aproximadamente R\$ 1.454.685,15.

É evidente a diferença entre os mercados cativo e livre quanto aos custos que a CPTM pode reduzir. A comparação também foi realizada para as demais linhas da companhia e o Quadro 4.7 apresenta resumidamente esta possível economia por linha. Para isso, foram considerados os dados reais pagos pela CPTM referente aos dois últimos anos e os regimes de contratação de energia elétrica vigentes, ou seja, em algumas linhas existe somente mercado livre e em outras existe tanto este último quanto o mercado cativo.

Quadro 4.7: Economia financeira na contratação de energia elétrica.

| Linhas | Subgrupo A2 - Mercado Cativo | | |
|--------|---|------------------|------------------|
| | Concessionária | Economia em 2014 | Economia em 2015 |
| 07 | B | R\$ 15.832,42 | R\$ 38.832,61 |
| 08 | A linha 08 não possui contratação no Mercado Cativo | | |
| 09 | A | R\$ 110.920,49 | R\$ 188.913,67 |
| 10 | A linha 10 não possui contratação no Mercado Cativo | | |
| 11 | A linha 11 não possui contratação no Mercado Cativo | | |
| 12 | A | R\$ - | R\$ - |
| | D | R\$ - | R\$ - |
| Linhas | Subgrupo A2 - Mercado Livre | | |
| | Concessionária | Economia em 2014 | Economia em 2015 |
| 07 | E+A | R\$ 1.143.165,17 | R\$ 1.650.738,50 |
| 08 | E+A | R\$ 893.043,45 | R\$ 1.747.604,63 |
| 09 | E+A | R\$ 865.799,74 | R\$ 1.454.685,15 |
| 10 | E+A | R\$ 1.076.818,81 | R\$ 1.670.276,21 |
| 11 | E+A | R\$ 933.482,85 | R\$ 1.462.313,13 |
| | E+D | R\$ 921.227,19 | R\$ 1.504.629,36 |
| 12 | E+A | R\$ 974.768,02 | R\$ 1.523.023,67 |
| | E+D | R\$ 779.968,83 | R\$ 1.341.224,76 |

As informações presentes no quadro anterior mostram principalmente que o estudo realizado para a linha 09 quanto à redução de custos por meio da contratação de energia elétrica no mercado livre foi correspondido para todas as linhas da CPTM. As linhas 08, 10 e 11, que possuem exclusivamente contratação de energia no mercado livre, proporcionariam grande economia para a CPTM caso a migração do fornecimento em A4 para A2 tivesse ocorrido anteriormente aos dois últimos anos.

Na linha 07, a migração de subgrupo A4 para A2 em mercado cativo resultaria em pequena economia, na linha 09 a economia teria sido razoável, mas nada perto do que se observou no cenário de mercado livre, e na linha 12 não ocorreria economia, demonstrando mais uma vez a economia insignificante que a migração para mercado cativo proporcionaria. Por outro lado, a migração de subgrupo A4 para A2 em mercado livre apresentaria redução de custos significantes e pode-se observar que a economia por linha apresenta certa regularidade, independentemente se o fornecimento é realizado pelas concessionárias E+A ou E+D.

5. CONCLUSÃO

As SE primárias da CPTM possuem contrato de energia elétrica dentro do subgrupo A2 e as estações de passageiros estão dentro do subgrupo A4 e do grupo B de fornecimento. O principal objetivo deste trabalho foi definir os dados de entrada para o estudo de caso em que se deseja migrar todo o fornecimento de energia elétrica de A4 e B para A2. Neste contexto, considera-se a eliminação destes contratos em A4 e em B, repassando a demanda e o consumo de energia elétrica para as SE primárias dentro do subgrupo A2. Sendo assim, a contratação de energia elétrica na CPTM passaria a ser unicamente em alta tensão e a companhia teria um número reduzido de contratos de fornecimento, além de benefícios como maior estabilidade e qualidade de energia, melhor gestão técnico-financeira sobre demanda e consumo, e principalmente a redução de custos com energia elétrica para a alimentação de todo seu sistema elétrico.

Conforme o estudo de caso citado no parágrafo anterior, a contratação de energia elétrica junto às concessionárias será em alta tensão no nível de 88/138kV_{ca} e a gestão interna de energia da CPTM será em 34,5kV_{ca} e em 13,8/13,2kV_{ca}. Neste estudo de caso é apresentado um comparativo entre dois cenários de distribuição interna de energia elétrica com características suficientes para se avaliar a viabilidade de um investimento, respeitando-se a relação custo benefício e o retorno do investimento. Para maiores detalhes consultar (BIANCHIN; HASHIGUTI; MOTTA, 2016).

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. P. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA MIGRAÇÃO AO MERCADO LIVRE DE ENERGIA. **Revista Ferroviária**, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.revistaferroviaria.com.br/alstom2004/trabalhos/estudo_viabilidade.htm>. Acesso em: 15 Agosto 2015.
- BOITEUX, P. **História das Ferrovias Brasileiras**. 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2014.
- BIANCHIN, C. A.; HASHIGUTI, R. M.; MOTTA, R. R. B. **Interligação física dos sistemas elétricos da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos**. 100 p. Monografia - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.
- BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, 1993.
- CPTM. Relatório de administração 2012, 2012. Disponível em: <<https://www.cptm.sp.gov.br/a-companhia/BalancosDemonstrativos/RelAdministrativo-2012.PDF>>. Acesso em: 15 agosto 2015.
- CPTM. Nossa História. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.cptm.sp.gov.br/a-companhia/Pages/Nossa-Historia.aspx>>. Acesso em: 23 jun. 2015.
- GERODETTI, J. E.; CORNEJO, C. **Lembranças de São Paulo: o interior paulista nos cartões postais e álbuns de lembranças**. São Paulo: Solaris edições culturais, v. 3, 2003.
- GORNI, A. A. **A eletrificação nas ferrovias brasileiras**. São Vicente: [s.n.], 2009. Disponível em: <http://www.gorni.eng.br/Gorni_ElectroBras_2003.pdf>. Acesso em: Agosto 2014.
- HASHIGUTI, R. M. **Interligação física dos sistemas elétricos da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos: Distribuição em 13,8kV**. 38 p. Monografia - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.
- MOTTA, R. R. B. **Interligação física dos sistemas elétricos da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos: Distribuição em 34,5kV**. 37 p. Monografia - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.
- PIMENTA, D. J. **Estradas de ferro eletrificadas do Brasil**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1957.
- SANUKI, W. Evolução do sistema de sinalização na CPTM. **Engenharia**, São Paulo, Agosto 2012. 130.
- SIQUEIRA, L.; SOUKEF JÚNIOR, A. **A ingleza e o inglês: a São Paulo Railway e Charles Robert Mayo**. São Paulo: Editora CLA, 2013.
- STM. CPTM. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.stm.sp.gov.br/index.php/quem-somos-27/cptm>>. Acesso em: 23 junho 2015.
- TASSI, R. P. C. **Locomotivas elétricas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro**. Rio de Janeiro: Memória do trem, 2015.

APÊNDICE A – QUADROS DAS DEMANDAS MÁXIMAS REGISTRADAS NAS SUBESTAÇÕES PRIMÁRIAS/RETIFICADORAS DA CPTM

Quadro A.1 - Demandas registradas na SE primária B9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Subestação primária B9 - subgrupo A2 (alta tensão) | | | | |
|--|--|-----------------------|--|-----------------------|
| Meses | Demanda Máxima Registrada em 2014 (kW) | | Demanda Máxima Registrada em 2015 (kW) | |
| | Horário de Ponta | Horário Fora de Ponta | Horário de Ponta | Horário Fora de Ponta |
| Janeiro | 6.307,20 | 6.350,40 | 7.084,80 | 7.430,40 |
| Fevereiro | 6.422,40 | 6.192,00 | 7.171,20 | 7.286,40 |
| Março | 6.508,80 | 5.932,80 | 6.681,60 | 6.595,20 |
| Abril | 5.774,40 | 5.702,40 | 6.422,40 | 6.336,00 |
| Maio | 5.385,60 | 5.256,00 | 6.163,20 | 6.566,40 |
| Junho | 5.241,60 | 5.673,60 | 6.480,00 | 7.142,40 |
| Julho | 4.694,40 | 5.846,40 | 6.451,20 | 6.768,00 |
| Agosto | 4.550,40 | 4.233,60 | 6.134,40 | 6.307,20 |
| Setembro | 4.579,20 | 4.665,60 | 6.710,40 | 5.990,40 |
| Outubro | 4.924,80 | 4.924,80 | 6.796,80 | 6.796,80 |
| Novembro | 4.896,00 | 4.867,20 | 6.624,00 | 6.998,40 |
| Dezembro | 6.768,00 | 7.401,60 | 4.924,80 | 4.982,40 |

Quadro A.2 - Demandas registradas na SE primária C9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Subestação primária C9 - subgrupo A2 (alta tensão) | | | | |
|--|--|-----------------------|--|-----------------------|
| Meses | Demanda Máxima Registrada em 2014 (kW) | | Demanda Máxima Registrada em 2015 (kW) | |
| | Horário de Ponta | Horário Fora de Ponta | Horário de Ponta | Horário Fora de Ponta |
| Janeiro | 7.430,40 | 6.748,80 | 7.689,60 | 7.992,00 |
| Fevereiro | 7.008,00 | 6.777,60 | 7.560,00 | 7.459,20 |
| Março | 6.652,80 | 6.115,20 | 7.257,60 | 6.724,80 |
| Abril | 6.662,40 | 6.144,00 | 7.056,00 | 6.638,40 |
| Maio | 6.624,00 | 5.976,00 | 7.041,60 | 6.494,40 |
| Junho | 6.480,00 | 6.091,20 | 6.854,40 | 6.451,20 |
| Julho | 8.352,00 | 7.848,00 | 6.436,80 | 6.624,00 |
| Agosto | 7.041,60 | 6.336,00 | 6.940,80 | 6.768,00 |
| Setembro | 6.969,60 | 6.825,60 | 7.300,80 | 6.969,60 |
| Outubro | 7.876,80 | 7.358,40 | 7.228,80 | 7.185,60 |
| Novembro | 7.574,40 | 7.545,60 | 7.833,60 | 7.099,20 |
| Dezembro | 7.372,80 | 7.243,20 | 7.401,60 | 8.164,80 |

APÊNDICE B – QUADROS DOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA DAS SUBESTAÇÕES PRIMÁRIAS/RETIFICADORAS DA CPTM

Quadro B.1 - Consumo de energia elétrica na SE primária B9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Subestação Primária B9 - subgrupo A2 (alta tensão) | | | | | |
|--|---------------|------------------|------------|---------------|------------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 2.203.095,00 | R\$ 128.918,55 | jan/15 | 2.031.076,00 | R\$ 177.485,95 |
| fev/14 | 1.800.144,00 | R\$ 127.663,94 | fev/15 | 1.810.274,00 | R\$ 178.737,38 |
| mar/14 | 1.657.036,00 | R\$ 122.600,65 | mar/15 | 1.869.976,00 | R\$ 284.888,23 |
| abr/14 | 1.614.726,00 | R\$ 121.340,54 | abr/15 | 1.693.598,00 | R\$ 274.765,44 |
| mai/14 | 1.498.464,00 | R\$ 119.564,41 | mai/15 | 1.603.252,00 | R\$ 269.040,23 |
| jun/14 | 1.475.035,00 | R\$ 120.279,83 | jun/15 | 1.639.555,00 | R\$ 330.282,25 |
| jul/14 | 1.284.321,00 | R\$ 138.909,36 | jul/15 | 1.652.392,00 | R\$ 332.233,23 |
| ago/14 | 1.247.608,00 | R\$ 139.987,40 | ago/15 | 1.760.904,00 | R\$ 339.473,20 |
| set/14 | 1.348.020,00 | R\$ 143.389,04 | set/15 | 1.696.492,00 | R\$ 338.485,38 |
| out/14 | 1.503.050,00 | R\$ 149.765,34 | out/15 | 1.812.225,00 | R\$ 356.479,43 |
| nov/14 | 1.425.621,00 | R\$ 147.522,70 | nov/15 | 1.679.472,00 | R\$ 335.724,76 |
| dez/14 | 1.948.830,00 | R\$ 170.926,51 | dez/15 | 1.506.090,00 | R\$ 310.639,23 |
| Total 2014 | 19.005.950,00 | R\$ 1.630.868,27 | Total 2015 | 20.755.306,00 | R\$ 3.528.234,71 |

Quadro B.2 - Consumo de energia elétrica na SE primária C9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Subestação Primária C9 - subgrupo A2 (alta tensão) | | | | | |
|--|---------------|------------------|------------|---------------|-------------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 3.189.268,00 | R\$ 606.680,68 | jan/15 | 3.042.554,00 | R\$ 899.824,42 |
| fev/14 | 2.464.435,00 | R\$ 550.917,83 | fev/15 | 2.688.778,00 | R\$ 839.131,75 |
| mar/14 | 2.616.420,00 | R\$ 571.921,15 | mar/15 | 2.921.425,00 | R\$ 1.241.927,95 |
| abr/14 | 2.527.488,00 | R\$ 554.663,97 | abr/15 | 2.661.138,00 | R\$ 1.133.205,21 |
| mai/14 | 2.519.140,00 | R\$ 553.945,08 | mai/15 | 2.639.984,00 | R\$ 1.137.026,27 |
| jun/14 | 2.384.874,00 | R\$ 527.921,15 | jun/15 | 2.560.334,00 | R\$ 1.104.718,02 |
| jul/14 | 2.535.883,00 | R\$ 703.351,98 | jul/15 | 2.606.713,00 | R\$ 1.236.411,37 |
| ago/14 | 2.630.232,00 | R\$ 690.625,68 | ago/15 | 2.740.496,00 | R\$ 1.282.383,97 |
| set/14 | 2.724.321,00 | R\$ 710.256,73 | set/15 | 2.641.600,00 | R\$ 1.252.506,88 |
| out/14 | 2.901.758,00 | R\$ 788.906,29 | out/15 | 2.837.023,00 | R\$ 1.340.905,88 |
| nov/14 | 2.815.952,00 | R\$ 753.016,53 | nov/15 | 2.841.980,00 | R\$ 1.333.796,54 |
| dez/14 | 2.929.690,00 | R\$ 760.514,35 | dez/15 | 3.004.398,00 | R\$ 1.414.413,03 |
| Total 2014 | 32.239.461,00 | R\$ 7.772.721,42 | Total 2015 | 33.186.423,00 | R\$ 14.216.251,29 |

APÊNDICE C – NÍVEIS DE TENSÃO DAS ENTRADAS DE ENERGIA DAS ESTAÇÕES DE PASSAGEIROS DA CPTM

Quadro C.1 - Entradas de energia das estações da linha 07 da CPTM.

| Nome da Estação | Concessionária | Nível de Tensão |
|----------------------|----------------|-----------------|
| Água Branca | A | 13,2kV |
| Lapa 07 | A | 220V / 127V |
| Piqueri | A | 13,2kV |
| Pirituba | A | 13,8kV |
| Vila Clarice | A | 220V / 127V |
| Jaraguá | A | 220V / 127V |
| Vila Aurora | A | 13,8kV |
| Perus | A | 220V / 127V |
| Caieiras | B | 220V / 127V |
| Franco da Rocha | B | 13,8kV |
| Baltazar Fidélis | B | 220V / 127V |
| Francisco Morato | B | 220V / 127V |
| Botujuru | C | 220V / 127V |
| Campo Limpo Paulista | C | 220V / 127V |
| Várzea Paulista | C | 220V / 127V |
| Jundiaí | C | 220V / 127V |

Quadro C.2 - Entradas de energia das estações da linha 08 da CPTM.

| Nome da Estação | Concessionária | Nível de Tensão |
|-------------------------|----------------|-----------------|
| Júlio Prestes | A | 220V / 127V |
| Palmeiras - Barra Funda | A | 13,8kV |
| Lapa 08 | A | 220V / 127V |
| Domingos de Moraes | A | 13,8kV |
| Imperatriz Leopoldina | A | 220V / 127V |
| Comandante Sampaio | A | 13,8kV |
| Quitaúna | A | 220V / 127V |
| General Miguel Costa | A | 13,8kV |
| Carapicuíba | A | 13,8kV |
| Santa Terezinha | A | 220V / 127V |
| Antônio João | A | 220V / 127V |
| Barueri | A | 13,8kV |
| Jardim Belval | A | 220V / 127V |
| Jardim Silveira | A | 220V / 127V |
| Jandira | A | 13,8kV |
| Sagrado Coração | A | 220V / 127V |
| Engenheiro Cardoso | A | 13,8kV |
| Itapevi | A | 13,8kV |
| Santa Rita | A | 220V / 127V |
| Amador Bueno | A | 220V / 127V |

Quadro C.3 - Entradas de energia das estações da linha 09 da CPTM.

| Nome da Estação | Concessionária | Nível de Tensão |
|------------------------|----------------|-----------------|
| Osasco | A | 13,8kV |
| Presidente Altino | A | 13,8kV |
| Ceasa | A | 13,8kV |
| Villa Lobos - Jaguaré | A | 13,8kV |
| Cidade Universitária | A | 13,8kV |
| Pinheiros | A | 13,8kV |
| Hebráica - Rebouças | A | 13,8kV |
| Cidade Jardim | A | 13,8kV |
| Vila Olímpia | A | 13,8kV |
| Berrini | A | 13,8kV |
| Morumbi | A | 13,8kV |
| Granja Julieta | A | 13,8kV |
| Santo Amaro | A | 13,8kV |
| Socorro | A | 13,8kV |
| Jurubatuba | A | 13,8kV |
| Autódromo | A | 13,8kV |
| Primavera - Interlagos | A | 13,8kV |
| Grajaú | A | 13,8kV |
| Mendes-Vila Natal | A | 13,8kV |
| Varginha | A | 13,8kV |

Quadro C.4 - Entradas de energia das estações da linha 10 da CPTM.

| Nome da Estação | Concessionária | Nível de Tensão |
|-------------------------------------|----------------|-----------------|
| Luz | A | 3,8kV |
| Mooca | A | 13,2kV |
| Ipiranga | A | 13,2kV |
| Tamanduateí | A | 13,2kV |
| São Caetano | A | 220V / 127V |
| Utinga | A | 13,2kV |
| Prefeito Saladino | A | 13,2kV |
| Prefeito Celso Daniel - Santo André | A | 220V / 127V |
| Capuava | A | 220V / 127V |
| Mauá | A | 220V / 127V |
| Guapituba | A | 220V / 127V |
| Ribeirão Pires | A | 220V / 127V |
| Rio Grande da Serra | A | 220V / 127V |

Quadro C.5 - Entradas de energia das estações da linha 11 da CPTM.

| Nome da Estação | Concessionária | Nível de Tensão |
|------------------------|----------------|-----------------|
| Corinthians - Itaquera | A | 13,2kV |
| Dom Bosco | A | 13,2kV |
| José Bonifácio | A | 13,2kV |
| Guaianazes | A | 13,2kV |
| Antonio Gianetti Neto | D | 13,8kV |
| Ferraz de Vasconcelos | D | 13,8kV |
| Poá | D | 13,8kV |
| Suzano | D | 13,8kV |
| Jundiapéba | D | 220V / 127V |
| Braz Cubas | D | 220V / 127V |
| Mogi das Cruzes | D | 220V / 127V |
| Estudantes | D | 220V / 127V |

Quadro C.6 - Entradas de energia das estações da linha 12 da CPTM.

| Nome da Estação | Concessionária | Nível de Tensão |
|---------------------------|----------------|-----------------|
| Brás | A | 220 / 127V |
| Tatuapé | A | 13,2kV |
| USP Leste | A | 13,8kV |
| Comendador Ermelino | A | 13,8kV |
| São Miguel Paulista | A | 13,8kV |
| Jardim Helena - Vila Mara | A | 13,8kV |
| Itaim Paulista | A | 13,8kV |
| Jardim Romano | A | 13,8kV |
| Engenheiro Manoel Feio | A | 13,2kV |
| Itaquaquecetuba | D | 220V / 127V |
| Aracaré | D | 220V / 127V |
| Calmon Viana | D | 220V / 127V |

Quadro C.7 - Entradas de energia das estações da linha 13 da CPTM.

| Nome da Estação | Concessionária | Nível de Tensão |
|-----------------------|----------------|-----------------|
| Engenheiro Goulart | A | 13,8kV |
| Guarulhos - CECAP | D | 13,8kV |
| Aeroporto - Guarulhos | D | 13,8kV |

APÊNDICE D – POTÊNCIA INSTALADA E DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA DOS PAINÉIS E QUADROS ELÉTRICOS DA ESTAÇÃO G7 - LINHA 07

Quadro D.1 - PL do mezanino da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| PL2-N | | 22,76 | 13,39 |
| Circuito | iluminação N1 | 1,28 | 1,28 |
| Circuito | iluminação N2 | 1,28 | 1,28 |
| Circuito | iluminação N3 | 1,20 | 1,20 |
| Circuito | iluminação N4 - Reserva | 1,00 | 0,54 |
| Circuito | iluminação N5 - Reserva | 1,00 | 0,54 |
| Circuito | iluminação N6 - Reserva | 1,00 | 0,54 |
| Circuito | Tomadas T1 | 3,00 | 1,50 |
| Circuito | Tomadas T2 | 3,00 | 1,50 |
| Circuito | Tomadas T3 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T4 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T5 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T6 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T7 - Reserva | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T8 - Reserva | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T9 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T10 | 3,00 | 1,50 |
| PL2-E | | 7,96 | 6,59 |
| Circuito | iluminação E1 | 1,04 | 1,04 |
| Circuito | iluminação E2 | 1,28 | 1,28 |
| Circuito | iluminação E3 | 1,28 | 1,28 |
| Circuito | iluminação E4 | 1,36 | 1,36 |
| Circuito | iluminação E5 -Reserva | 1,00 | 0,54 |
| Circuito | iluminação E6 -Reserva | 1,00 | 0,54 |
| Circuito | iluminação E7 -Reserva | 1,00 | 0,54 |
| TOTAL (kW) | | 30,72 | 19,98 |
| Fator de Demanda global | | 0,65 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,66 | |

Quadro D.2 - PL da plataforma da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| PL3-N | | 26,60 | 17,19 |
| Circuito | iluminação N1 | 1,36 | 1,36 |
| Circuito | iluminação N2 | 1,20 | 1,20 |
| Circuito | iluminação N3 | 1,44 | 1,44 |
| Circuito | iluminação N4 | 1,28 | 1,28 |
| Circuito | iluminação N5 | 1,28 | 1,28 |
| Circuito | iluminação N6 | 1,04 | 1,04 |
| Circuito | iluminação N7 - Reserva | 1,00 | 0,54 |
| Circuito | iluminação N8 - Reserva | 1,00 | 0,54 |
| Circuito | Tomadas T1 | 3,00 | 1,50 |
| Circuito | Tomadas T2 | 3,00 | 1,50 |
| Circuito | Tomadas T3 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T4 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T5 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T6 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T7 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T8 - Reserva | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T9 - Reserva | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T10 | 1,00 | 0,50 |
| Circuito | Tomadas T11 | 3,00 | 1,50 |
| PL3-E | | 9,84 | 8,93 |
| Circuito | iluminação E1 | 1,52 | 1,52 |
| Circuito | iluminação E2 | 1,20 | 1,20 |
| Circuito | iluminação E3 | 1,52 | 1,52 |
| Circuito | iluminação E4 | 1,28 | 1,28 |
| Circuito | iluminação E5 | 1,28 | 1,28 |
| Circuito | iluminação E6 | 1,04 | 1,04 |
| Circuito | iluminação E7 -Reserva | 1,00 | 0,54 |
| Circuito | iluminação E8 -Reserva | 1,00 | 0,54 |
| TOTAL (kW) | | 36,44 | 26,12 |
| Fator de Demanda global | | 0,72 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,73 | |

Quadro D.3 - PL da iluminação externa da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| PL4-N | | 15,00 | 15,00 |
| Circuito | iluminação N1 | 2,40 | 2,40 |
| Circuito | iluminação N2 | 1,80 | 1,80 |
| Circuito | iluminação N3 | 8,80 | 8,80 |
| Circuito | iluminação N4 - Reserva | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | iluminação N5 - Reserva | 1,00 | 1,00 |
| TOTAL (kW) | | 15,00 | 15,00 |
| Fator de Demanda global | | 1,00 | |
| Fator de Demanda médio | | 1,00 | |

Quadro D.4 - QF da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| QF-1 | | 48,40 | 16,28 |
| Circuito | Chuveiro F1 | 4,40 | 2,64 |
| Circuito | Chuveiro F2 | 4,40 | 2,64 |
| Circuito | Chuveiro F3 | 4,40 | 2,64 |
| Circuito | Chuveiro F4 | 4,40 | 2,64 |
| Circuito | Chuveiro F5 | 4,40 | 1,10 |
| Circuito | Chuveiro F6 | 4,40 | 1,10 |
| Circuito | Chuveiro F7 | 4,40 | 1,10 |
| Circuito | Chuveiro F8 | 4,40 | 1,10 |
| Circuito | Chuveiro F9 - Reserva | 4,40 | 0,44 |
| Circuito | Chuveiro F10 - Reserva | 4,40 | 0,44 |
| Circuito | Chuveiro F11 - Reserva | 4,40 | 0,44 |
| TOTAL (kW) | | 48,40 | 16,28 |
| Fator de Demanda global | | 0,34 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,34 | |

Quadro D.5 - PVST da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|---------|---------------|--------------|
| PVST | | 10,67 | 5,24 |
| Circuito | PCL-V1 | 0,74 | 0,48 |
| Circuito | PCL-V2 | 1,10 | 0,60 |
| Circuito | PCL-V3 | 0,74 | 0,48 |
| Circuito | PCL-V4 | 0,74 | 0,48 |
| Circuito | PCL-V5 | 1,47 | 0,80 |
| Circuito | PCL-V6 | 1,47 | 1,20 |
| Circuito | Reserva | 4,42 | 1,20 |
| TOTAL (kW) | | 10,67 | 5,24 |
| Fator de Demanda global | | 0,49 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,59 | |

Quadro D.6 - PESS da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| PESS | | 16,40 | 14,40 |
| Circuito | Bastidor CFTV | 4,00 | 4,00 |
| Circuito | Bastidor Sonorização | 4,80 | 4,80 |
| Circuito | SDAI | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Tomadas SON, CFTV (SSO) | 0,60 | 0,60 |
| Circuito | PDT | 2,00 | 2,00 |
| Circuito | Reserva | 4,00 | 2,00 |
| TOTAL (kW) | | 16,40 | 14,40 |
| Fator de Demanda global | | 0,88 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,92 | |

Quadro D.7 - SACB da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|-----------|---------------|--------------|
| SACB | | 15,46 | 13,15 |
| PCL-C | | 4,42 | 3,65 |
| Circuito | BC-1 | 2,21 | 2,21 |
| Circuito | BC-2 | 2,21 | 1,44 |
| PCL-D | | 4,42 | 3,65 |
| Circuito | BD-1 | 2,21 | 2,21 |
| Circuito | BD-2 | 2,21 | 1,44 |
| PCL-R | | 4,42 | 3,65 |
| Circuito | BR-1 | 2,21 | 2,21 |
| Circuito | BR-2 | 2,21 | 1,44 |
| PCL-L | | 2,21 | 2,21 |
| Circuito | BL-1 | 2,21 | 2,21 |
| Reserva | | 8,83 | - |
| Circuito | Reserva 1 | 2,21 | - |
| Circuito | Reserva 2 | 2,21 | - |
| Circuito | Reserva 3 | 2,21 | - |
| Circuito | Reserva 4 | 2,21 | - |
| TOTAL (kW) | | 15,46 | 13,15 |
| Fator de Demanda global | | 0,85 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,85 | |

Quadro D.8 - QDBI e demais cargas da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|-------------------|---------------|--------------|
| QGD-N | | 169,00 | 111,15 |
| Circuito | Serv. Aux. Diesel | 4,00 | 2,40 |
| Circuito | PER-1 | 15,00 | 11,25 |
| Circuito | PER-2 | 15,00 | 11,25 |
| Circuito | PER-3 | 15,00 | 11,25 |
| Circuito | PER-4 | 15,00 | 11,25 |
| Circuito | PER-5 | 15,00 | 11,25 |
| Circuito | PER-6 | 15,00 | 11,25 |
| Circuito | PER-7 | 15,00 | 11,25 |
| Circuito | Reserva | 60,00 | 30,00 |
| QGD-E | | 57,30 | 32,34 |
| Circuito | PEL-1 | 4,10 | 3,28 |
| Circuito | PEL-2 | 4,10 | 3,28 |
| Circuito | PEL-3 | 4,10 | 3,28 |
| Circuito | Reserva | 45,00 | 22,50 |
| TOTAL (kW) | | 226,30 | 143,49 |
| Fator de Demanda global | | 0,63 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,71 | |
| QDBI | | 9,24 | 8,32 |
| Circuito | Bomba 1 | 4,62 | 4,62 |
| Circuito | Bomba 2 | 4,62 | 3,70 |
| TOTAL (kW) | | 9,24 | 8,32 |
| Fator de Demanda global | | 0,90 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,90 | |

Quadro D.9 - PAC da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| PAC | | 62,80 | 55,55 |
| CB (RET1+RET2) e USCC+UDQ | | - | - |
| CPF-1 | | - | - |
| BAT-1 | | - | - |
| CPF-2 | | - | - |
| BAT-2 | | - | - |
| QDCC | | 27,10 | 23,60 |
| Circuito | PL5-CC | 3,30 | 3,30 |
| Circuito | PL6-CC | 2,60 | 2,60 |
| Circuito | PL7-CC | 5,20 | 5,20 |
| Circuito | Reserva | 4,00 | 2,00 |
| Circuito | UTR | 1,50 | 1,50 |
| Circuito | SACB | 2,00 | 2,00 |
| Circuito | CEM | 1,50 | 1,50 |
| Circuito | QGD | 2,00 | 2,00 |
| Circuito | QDBI | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | PVST | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Reserva | 3,00 | 1,50 |
| ICHE-1 | | 20,70 | 16,95 |
| PDF-1 | | 12,00 | 11,00 |
| Circuito | Telefonia | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Bastidor Rádio | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Sist. Óptico | 2,00 | 2,00 |
| Circuito | Bastidor Cronometria | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Tom. QDBI/SDCCAD | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Tom. QGD/SDCCAD | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Tom. SACB/SDCCAD | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Tom. PVST/SDCCAD | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Rack Dados | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Reserva | 2,00 | 1,00 |
| PDF-2 | | 8,70 | 5,95 |
| Circuito | UTR | 1,50 | 1,50 |
| Circuito | PCT, SSO | 1,70 | 1,70 |
| Circuito | Reserva | 5,50 | 2,75 |
| ICHE-2 | | 15,00 | 15,00 |
| PDF-SIN | | 15,00 | 15,00 |
| Circuito | Intertravamento Vital 1 | 10,00 | 10,00 |
| Circuito | Intertravamento Vital 2 | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Intertravamento Vital 3 | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Intertravamento Vital 4 | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Intertravamento Vital 5 | 1,00 | 1,00 |
| Circuito | Intertravamento Vital 6 | 1,00 | 1,00 |
| TOTAL (kW) | | 62,80 | 55,55 |
| Fator de Demanda global | | 0,88 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,93 | |

Quadro D.10 - PAB da estação G7 da linha 07- Rubi da CPTM.

| Equipamento/Quadro/Painel | | Potência (kW) | Demanda (kW) |
|---------------------------|------------|---------------|--------------|
| PAB | | 6,78 | 5,62 |
| Circuito | Bloqueio 1 | 0,44 | 0,44 |
| Circuito | Bloqueio 2 | 0,44 | 0,44 |
| Circuito | Bloqueio 3 | 0,44 | 0,44 |
| Circuito | Bloqueio 4 | 0,44 | 0,44 |
| Circuito | Bloqueio 5 | 0,44 | 0,44 |
| Circuito | Bloqueio 6 | 0,44 | 0,44 |
| Circuito | Bloqueio 7 | 0,44 | 0,44 |
| Circuito | Bloqueio 8 | 0,44 | 0,44 |
| Circuito | Bloqueio 9 | 0,44 | 0,44 |
| Circuito | SCAP | 0,50 | 0,50 |
| Circuito | Reserva | 2,32 | 1,16 |
| TOTAL (kW) | | 6,78 | 5,62 |
| Fator de Demanda global | | 0,83 | |
| Fator de Demanda médio | | 0,95 | |

APÊNDICE E – POTÊNCIA INSTALADA, DEMANDA PARA A ENTRADA DE ENERGIA E DEMANDA LÍQUIDA PARA OS EMPREENDIMENTOS

Quadro E.1 - Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 07.

| Estação/Outros | Potência Instalada (kW) | Demanda Entrada de Energia (kW) | Demanda Líquida (kW) |
|----------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|
| A7 | 1.531,32 | 1.158,67 | 313,00 |
| B7 | 572,71 | 412,01 | 111,00 |
| C7 | 561,98 | 406,15 | 110,00 |
| D7 | 591,97 | 423,41 | 114,00 |
| E7 | 483,97 | 347,83 | 94,00 |
| F7 | 581,83 | 414,28 | 112,00 |
| G7 | 503,45 | 335,83 | 80,00 |
| H7 | 418,22 | 289,16 | 78,00 |
| I7 | 535,68 | 369,88 | 100,00 |
| J7 | 1.112,59 | 827,86 | 224,00 |
| K7 | 3.898,08 | 2.533,75 | 760,00 |
| L7 | 1.880,76 | 1.222,50 | 367,00 |
| M7 | 535,66 | 375,64 | 101,00 |
| N7 | 529,07 | 367,13 | 99,00 |
| O7 | 580,15 | 415,66 | 112,00 |
| P7 | 644,08 | 463,61 | 116,00 |
| Q7 | 453,89 | 315,28 | 79,00 |
| R7 | 651,08 | 472,82 | 118,00 |
| TOTAL | 16.066,50 | 11.151,45 | 3.088,00 |

Quadro E.2 - Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 08.

| Estação/Outros | Potência Instalada (kW) | Demanda Entrada de Energia (kW) | Demanda Líquida (kW) |
|----------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|
| A8 | 29,68 | 27,31 | 27,00 |
| B8 | 463,61 | 309,16 | 83,00 |
| C8 (Metrô-SP) | - | - | - |
| D8 | 349,78 | 254,05 | 64,00 |
| E8 | 592,53 | 415,35 | 91,00 |
| F8 | 298,33 | 222,38 | 51,00 |
| G8 | 373,49 | 237,21 | 93,00 |
| H8 | 492,06 | 320,54 | 32,00 |
| I8 | 558,30 | 406,21 | 102,00 |
| J8 | 564,61 | 412,72 | 107,00 |
| K8 | 502,16 | 392,52 | 86,00 |
| L8 | 553,28 | 373,15 | 52,00 |
| M8 | 526,98 | 352,93 | 95,00 |
| N8 | 549,79 | 370,80 | 100,00 |
| O8 | 130,90 | 86,96 | 23,00 |
| P8 | 1.112,59 | 827,86 | 224,00 |
| Q8 | 4.022,91 | 2.614,89 | 784,00 |
| R8 | 318,54 | 207,05 | 62,00 |
| S8 | 1.487,03 | 966,57 | 290,00 |
| T8 | 189,31 | 138,47 | 37,00 |
| U8 | 595,50 | 415,83 | 112,00 |
| V8 | 29,68 | 27,31 | 27,00 |
| X8 | 648,90 | 469,61 | 117,00 |
| TOTAL | 14.389,96 | 9.848,87 | 2.659,00 |

Quadro E.3 - Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 09.

| Estação/Outros | Potência Instalada (kW) | Demanda Entrada de Energia (kW) | Demanda Líquida (kW) |
|----------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|
| A9 | 450,83 | 301,28 | 66,00 |
| B9 | 340,85 | 237,27 | 50,00 |
| C9 | 317,79 | 230,80 | 35,00 |
| D9 | 289,94 | 211,79 | 51,00 |
| E9 | 304,88 | 230,58 | 35,00 |
| F9 | 531,25 | 375,07 | 83,00 |
| G9 | 435,19 | 285,03 | 51,00 |
| H9 | 344,94 | 250,18 | 50,00 |
| I9 | 344,82 | 281,60 | 48,00 |
| J9 | 455,23 | 350,10 | 95,00 |
| K9 | 429,67 | 282,10 | 51,00 |
| L9 | 1.021,52 | 740,53 | 222,00 |
| M9 | 325,35 | 257,31 | 72,00 |
| N9 | 388,16 | 286,73 | 63,00 |
| O9 | 396,98 | 257,75 | 49,00 |
| P9 | 848,73 | 571,68 | 80,00 |
| Q9 | 396,36 | 281,58 | 53,00 |
| R9 | 708,45 | 552,43 | 149,00 |
| S9 | 385,46 | 263,08 | 61,00 |
| T9 | 340,76 | 255,54 | 36,00 |
| TOTAL | 9.057,14 | 6.502,42 | 1.400,00 |

Quadro E.4 - Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 10.

| Estação/Outros | Potência Instalada (kW) | Demanda Entrada de Energia (kW) | Demanda Líquida (kW) |
|----------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|
| A10 | 470,49 | 345,23 | 93,00 |
| B10 | 578,92 | 398,00 | 107,00 |
| C10 | 603,83 | 431,83 | 117,00 |
| D10 | 595,72 | 400,05 | 108,00 |
| E10 | 2.036,06 | 1.323,44 | 397,00 |
| F10 | 1.840,27 | 1.196,18 | 359,00 |
| G10 | 371,89 | 241,73 | 73,00 |
| H10 | 448,99 | 338,78 | 91,00 |
| I10 | 599,10 | 433,08 | 117,00 |
| J10 | 523,13 | 388,09 | 105,00 |
| K10 | 819,78 | 601,12 | 162,00 |
| L10 | 603,74 | 403,33 | 101,00 |
| M10 | 521,89 | 370,43 | 100,00 |
| TOTAL | 10.013,80 | 6.871,28 | 1.930,00 |

Quadro E.5 - Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 11.

| Estação/Outros | Potência Instalada (kW) | Demanda Entrada de Energia (kW) | Demanda Líquida (kW) |
|----------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|
| A11 | 482,47 | 318,19 | 29,00 |
| B11 | 540,91 | 372,80 | 101,00 |
| C11 | 962,35 | 625,53 | 188,00 |
| D11 | 1.634,13 | 1.062,18 | 319,00 |
| E11 | 815,86 | 545,01 | 147,00 |
| F11 | 667,50 | 457,72 | 82,00 |
| G11 | 846,33 | 550,11 | 165,00 |
| H11 (Metrô-SP) | - | - | - |
| I11 | 1.352,36 | 879,04 | 264,00 |
| J11 | 556,91 | 385,07 | 104,00 |
| K11 | 933,97 | 658,10 | 178,00 |
| L11 | 441,17 | 320,38 | 80,00 |
| M11 | 758,31 | 532,92 | 144,00 |
| TOTAL | 9.992,26 | 6.707,04 | 1.801,00 |

Quadro E.6 - Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 12.

| Estação/Outros | Potência Instalada (kW) | Demanda Entrada de Energia (kW) | Demanda Líquida (kW) |
|----------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|
| A12 | 462,23 | 338,46 | 91,00 |
| B12 | 2.410,26 | 1.566,67 | 470,00 |
| C12 | 175,10 | 122,92 | 33,00 |
| D12 | 427,45 | 278,49 | 47,00 |
| E12 | 751,43 | 496,62 | 109,00 |
| F12 | 484,71 | 300,32 | 78,00 |
| G12 | 687,08 | 502,32 | 136,00 |
| H12 | 409,70 | 260,48 | 52,00 |
| I12 | 422,03 | 269,81 | 46,00 |
| J12 | 442,25 | 289,07 | 72,00 |
| K12 (Metrô-SP) | - | - | - |
| L12 | 409,70 | 259,86 | 47,00 |
| TOTAL | 7.081,94 | 4.685,00 | 1.181,00 |

Quadro E.7 - Potência instalada e demanda para os empreendimentos da linha 13.

| Estação/Outros | Potência Instalada (kW) | Demanda Entrada de Energia (kW) | Demanda Líquida (kW) |
|----------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|
| A13 | 927,66 | 653,48 | 176,00 |
| B13 | 665,90 | 478,82 | 129,00 |
| C13 | 626,10 | 452,94 | 122,00 |
| TOTAL | 2.219,67 | 1.585,25 | 427,00 |

APÊNDICE F – QUADROS DOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA DAS ESTAÇÕES DE PASSAGEIROS DA LINHA 09-ESMERALDA DA CPTM

Quadro F.1 - Consumo de energia elétrica na estação A9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação A9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 20.388,60 | R\$ 4.490,01 | jan/15 | 21.053,40 | R\$ 5.631,73 |
| fev/14 | 18.638,00 | R\$ 4.207,68 | fev/15 | 17.918,40 | R\$ 5.596,25 |
| mar/14 | 19.652,60 | R\$ 4.348,03 | mar/15 | 18.648,90 | R\$ 6.485,86 |
| abr/14 | 18.446,70 | R\$ 4.524,00 | abr/15 | 19.903,80 | R\$ 9.055,76 |
| mai/14 | 22.908,30 | R\$ 4.968,33 | mai/15 | 23.601,00 | R\$ 9.780,23 |
| jun/14 | 19.290,10 | R\$ 4.289,55 | jun/15 | 20.952,60 | R\$ 8.748,62 |
| jul/14 | 20.999,80 | R\$ 4.829,30 | jul/15 | 21.311,90 | R\$ 9.821,73 |
| ago/14 | 20.208,10 | R\$ 5.193,19 | ago/15 | 21.961,20 | R\$ 10.790,45 |
| set/14 | 20.884,50 | R\$ 5.302,12 | set/15 | 21.404,10 | R\$ 11.039,00 |
| out/14 | 19.877,90 | R\$ 5.169,71 | out/15 | 19.982,10 | R\$ 10.305,08 |
| nov/14 | 21.378,90 | R\$ 5.469,56 | nov/15 | 24.035,80 | R\$ 11.971,73 |
| dez/14 | 19.786,20 | R\$ 5.059,32 | dez/15 | 20.245,80 | R\$ 10.174,72 |
| Total 2014 | 242.459,70 | R\$ 57.850,80 | Total 2015 | 251.019,00 | R\$ 109.401,16 |

Quadro F.2 - Consumo de energia elétrica na estação B9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação B9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 20.151,20 | R\$ 5.182,06 | jan/15 | 19.070,50 | R\$ 5.928,04 |
| fev/14 | 19.368,70 | R\$ 5.094,50 | fev/15 | 19.459,00 | R\$ 6.942,02 |
| mar/14 | 21.841,30 | R\$ 5.475,50 | mar/15 | 21.948,40 | R\$ 8.929,68 |
| abr/14 | 18.846,50 | R\$ 4.857,47 | abr/15 | 20.426,10 | R\$ 9.563,17 |
| mai/14 | 20.329,60 | R\$ 5.224,81 | mai/15 | 21.807,60 | R\$ 10.718,18 |
| jun/14 | 21.274,30 | R\$ 5.359,18 | jun/15 | 22.614,20 | R\$ 10.334,64 |
| jul/14 | 21.047,70 | R\$ 5.788,81 | jul/15 | 21.809,70 | R\$ 11.504,20 |
| ago/14 | 20.205,70 | R\$ 5.942,83 | ago/15 | 21.463,50 | R\$ 11.874,32 |
| set/14 | 21.913,90 | R\$ 6.455,00 | set/15 | 22.683,40 | R\$ 12.707,75 |
| out/14 | 20.541,00 | R\$ 6.174,96 | out/15 | 20.532,60 | R\$ 11.657,01 |
| nov/14 | 21.398,50 | R\$ 6.239,79 | nov/15 | 22.139,40 | R\$ 12.257,53 |
| dez/14 | 21.632,70 | R\$ 6.245,77 | dez/15 | 20.631,20 | R\$ 11.562,32 |
| Total 2014 | 248.551,10 | R\$ 68.040,68 | Total 2015 | 254.585,60 | R\$ 123.978,86 |

Quadro F.3 - Consumo de energia elétrica na estação C9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação C9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|---------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 14.191,30 | R\$ 3.643,58 | jan/15 | 14.065,00 | R\$ 4.480,51 |
| fev/14 | 12.482,20 | R\$ 3.318,57 | fev/15 | 12.364,30 | R\$ 4.525,19 |
| mar/14 | 14.558,80 | R\$ 3.665,89 | mar/15 | 14.185,70 | R\$ 5.866,97 |
| abr/14 | 13.350,30 | R\$ 3.390,94 | abr/15 | 12.956,00 | R\$ 6.214,03 |
| mai/14 | 14.192,50 | R\$ 3.603,54 | mai/15 | 13.897,40 | R\$ 6.643,18 |
| jun/14 | 14.942,00 | R\$ 3.714,78 | jun/15 | 15.008,40 | R\$ 7.005,90 |
| jul/14 | 15.259,20 | R\$ 4.020,20 | jul/15 | 14.940,50 | R\$ 7.740,94 |
| ago/14 | 12.448,90 | R\$ 3.706,57 | ago/15 | 14.042,30 | R\$ 7.687,48 |
| set/14 | 15.010,80 | R\$ 4.330,82 | set/15 | 16.085,70 | R\$ 8.389,43 |
| out/14 | 13.769,10 | R\$ 4.073,28 | out/15 | 14.328,80 | R\$ 7.581,30 |
| nov/14 | 13.537,80 | R\$ 4.113,23 | nov/15 | 15.079,00 | R\$ 7.875,77 |
| dez/14 | 14.523,60 | R\$ 4.296,54 | dez/15 | 13.703,90 | R\$ 7.312,44 |
| Total 2014 | 168.266,50 | R\$ 45.877,94 | Total 2015 | 170.657,00 | R\$ 81.323,14 |

Quadro F.4 - Consumo de energia elétrica na estação D9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação D9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 18.075,20 | R\$ 4.761,74 | jan/15 | 20.494,00 | R\$ 5.754,61 |
| fev/14 | 19.470,70 | R\$ 5.114,45 | fev/15 | 18.837,10 | R\$ 6.139,81 |
| mar/14 | 18.964,30 | R\$ 4.923,23 | mar/15 | 20.936,40 | R\$ 7.386,01 |
| abr/14 | 19.142,50 | R\$ 4.778,82 | abr/15 | 19.979,40 | R\$ 8.627,31 |
| mai/14 | 23.733,50 | R\$ 5.365,84 | mai/15 | 22.542,50 | R\$ 9.688,46 |
| jun/14 | 20.070,70 | R\$ 4.618,64 | jun/15 | 21.452,80 | R\$ 9.211,24 |
| jul/14 | 23.384,90 | R\$ 5.504,30 | jul/15 | 22.248,40 | R\$ 10.669,20 |
| ago/14 | 21.728,80 | R\$ 5.751,38 | ago/15 | 23.374,60 | R\$ 12.036,90 |
| set/14 | 23.196,60 | R\$ 6.129,54 | set/15 | 21.105,90 | R\$ 11.243,88 |
| out/14 | 21.016,40 | R\$ 5.751,71 | out/15 | 19.905,20 | R\$ 10.541,15 |
| nov/14 | 22.180,70 | R\$ 5.989,69 | nov/15 | 23.246,00 | R\$ 12.534,49 |
| dez/14 | 19.796,70 | R\$ 5.305,45 | dez/15 | 20.712,60 | R\$ 11.861,21 |
| Total 2014 | 250.761,00 | R\$ 63.994,79 | Total 2015 | 254.834,90 | R\$ 115.694,27 |

Quadro F.5 - Consumo de energia elétrica na estação E9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação E9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|---------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 15.082,30 | R\$ 3.848,30 | jan/15 | 14.889,10 | R\$ 4.722,94 |
| fev/14 | 14.059,70 | R\$ 3.682,92 | fev/15 | 13.883,00 | R\$ 5.017,26 |
| mar/14 | 16.463,00 | R\$ 4.111,95 | mar/15 | 15.788,50 | R\$ 6.462,60 |
| abr/14 | 14.482,60 | R\$ 3.710,60 | abr/15 | 14.666,20 | R\$ 6.912,22 |
| mai/14 | 16.915,30 | R\$ 4.176,70 | mai/15 | 16.019,20 | R\$ 7.463,96 |
| jun/14 | 17.684,30 | R\$ 4.328,89 | jun/15 | 16.387,80 | R\$ 7.579,25 |
| jul/14 | 17.223,00 | R\$ 4.544,86 | jul/15 | 16.291,10 | R\$ 8.407,93 |
| ago/14 | 16.485,00 | R\$ 4.752,72 | ago/15 | 15.600,80 | R\$ 8.485,61 |
| set/14 | 17.355,30 | R\$ 4.935,38 | set/15 | 17.113,90 | R\$ 8.998,66 |
| out/14 | 16.104,90 | R\$ 4.725,75 | out/15 | 15.440,50 | R\$ 8.149,16 |
| nov/14 | 15.828,70 | R\$ 4.636,95 | nov/15 | 17.158,10 | R\$ 8.912,71 |
| dez/14 | 16.280,90 | R\$ 4.721,09 | dez/15 | 14.485,50 | R\$ 7.715,54 |
| Total 2014 | 193.965,00 | R\$ 52.176,11 | Total 2015 | 187.723,70 | R\$ 88.827,84 |

Quadro F.6 - Consumo de energia elétrica na estação F9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação F9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 35.195,10 | R\$ 7.697,99 | jan/15 | 34.806,10 | R\$ 9.440,02 |
| fev/14 | 35.325,00 | R\$ 7.797,53 | fev/15 | 30.195,10 | R\$ 9.409,11 |
| mar/14 | 38.515,40 | R\$ 8.328,12 | mar/15 | 34.620,10 | R\$ 12.314,16 |
| abr/14 | 31.777,90 | R\$ 7.044,38 | abr/15 | 31.584,70 | R\$ 13.239,36 |
| mai/14 | 37.977,20 | R\$ 8.222,53 | mai/15 | 34.331,70 | R\$ 14.431,60 |
| jun/14 | 32.878,40 | R\$ 7.272,82 | jun/15 | 31.691,00 | R\$ 13.387,46 |
| jul/14 | 36.277,90 | R\$ 8.421,05 | jul/15 | 37.959,70 | R\$ 17.679,86 |
| ago/14 | 33.182,40 | R\$ 8.500,31 | ago/15 | 34.956,70 | R\$ 17.335,71 |
| set/14 | 32.979,00 | R\$ 8.419,32 | set/15 | 35.501,40 | R\$ 18.258,65 |
| out/14 | 35.875,80 | R\$ 9.220,15 | out/15 | 33.320,70 | R\$ 17.161,10 |
| nov/14 | 32.904,80 | R\$ 8.489,43 | nov/15 | 33.066,40 | R\$ 16.899,02 |
| dez/14 | 33.114,50 | R\$ 8.439,11 | dez/15 | 36.108,30 | R\$ 18.311,33 |
| Total 2014 | 416.003,40 | R\$ 97.852,74 | Total 2015 | 408.141,90 | R\$ 177.867,38 |

Quadro F.7 - Consumo de energia elétrica na estação G9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação G9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 19.584,00 | R\$ 4.760,88 | jan/15 | 23.559,70 | R\$ 6.903,96 |
| fev/14 | 21.166,30 | R\$ 5.117,26 | fev/15 | 21.418,80 | R\$ 7.027,39 |
| mar/14 | 21.267,60 | R\$ 4.950,53 | mar/15 | 19.909,70 | R\$ 8.059,49 |
| abr/14 | 19.592,60 | R\$ 4.587,69 | abr/15 | 20.526,90 | R\$ 9.060,49 |
| mai/14 | 23.387,70 | R\$ 5.438,96 | mai/15 | 22.368,20 | R\$ 9.768,84 |
| jun/14 | 20.956,80 | R\$ 4.871,03 | jun/15 | 23.010,10 | R\$ 9.905,37 |
| jul/14 | 21.685,50 | R\$ 5.341,33 | jul/15 | 24.425,00 | R\$ 12.156,09 |
| ago/14 | 22.800,10 | R\$ 5.998,25 | ago/15 | 20.977,90 | R\$ 11.054,51 |
| set/14 | 22.389,60 | R\$ 5.951,09 | set/15 | 21.175,40 | R\$ 11.743,74 |
| out/14 | 20.728,40 | R\$ 5.793,47 | out/15 | 22.041,70 | R\$ 12.122,71 |
| nov/14 | 23.578,20 | R\$ 6.450,56 | nov/15 | 21.424,20 | R\$ 11.889,21 |
| dez/14 | 20.645,90 | R\$ 5.712,12 | dez/15 | 21.259,00 | R\$ 11.528,68 |
| Total 2014 | 257.782,70 | R\$ 64.973,17 | Total 2015 | 262.096,60 | R\$ 121.220,48 |

Quadro F.8 - Consumo de energia elétrica na estação H9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação H9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 21.390,60 | R\$ 5.228,08 | jan/15 | 20.398,30 | R\$ 5.923,99 |
| fev/14 | 20.811,10 | R\$ 5.176,53 | fev/15 | 20.560,20 | R\$ 6.922,42 |
| mar/14 | 21.207,30 | R\$ 5.141,96 | mar/15 | 22.444,70 | R\$ 8.067,20 |
| abr/14 | 19.714,60 | R\$ 4.610,69 | abr/15 | 20.702,90 | R\$ 9.246,21 |
| mai/14 | 22.621,60 | R\$ 5.353,85 | mai/15 | 20.948,30 | R\$ 8.934,71 |
| jun/14 | 21.256,50 | R\$ 5.092,44 | jun/15 | 21.927,30 | R\$ 9.652,36 |
| jul/14 | 24.597,00 | R\$ 5.986,21 | jul/15 | 21.300,70 | R\$ 10.478,97 |
| ago/14 | 22.849,30 | R\$ 6.305,08 | ago/15 | 22.880,90 | R\$ 11.691,25 |
| set/14 | 23.250,70 | R\$ 6.388,84 | set/15 | 23.440,20 | R\$ 12.276,03 |
| out/14 | 22.548,30 | R\$ 6.277,49 | out/15 | 21.527,00 | R\$ 11.604,83 |
| nov/14 | 21.670,20 | R\$ 6.070,22 | nov/15 | 23.808,50 | R\$ 12.074,59 |
| dez/14 | 23.431,90 | R\$ 6.430,99 | dez/15 | 21.109,30 | R\$ 11.274,14 |
| Total 2014 | 265.349,10 | R\$ 68.062,38 | Total 2015 | 261.048,30 | R\$ 118.146,70 |

Quadro F.9 - Consumo de energia elétrica na estação I9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação I9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 19.850,90 | R\$ 4.568,83 | jan/15 | 20.779,50 | R\$ 5.904,67 |
| fev/14 | 17.636,20 | R\$ 4.174,89 | fev/15 | 20.592,30 | R\$ 6.402,03 |
| mar/14 | 19.879,70 | R\$ 4.545,51 | mar/15 | 18.142,60 | R\$ 7.011,60 |
| abr/14 | 19.531,80 | R\$ 4.460,82 | abr/15 | 19.844,20 | R\$ 8.351,87 |
| mai/14 | 22.578,60 | R\$ 5.020,41 | mai/15 | 22.533,70 | R\$ 9.463,96 |
| jun/14 | 20.405,20 | R\$ 4.603,98 | jun/15 | 20.061,10 | R\$ 8.501,57 |
| jul/14 | 21.363,20 | R\$ 5.203,75 | jul/15 | 20.864,90 | R\$ 10.216,22 |
| ago/14 | 21.919,30 | R\$ 5.725,83 | ago/15 | 20.169,90 | R\$ 10.276,77 |
| set/14 | 18.362,20 | R\$ 4.841,19 | set/15 | 21.184,70 | R\$ 10.971,27 |
| out/14 | 18.424,10 | R\$ 4.931,69 | out/15 | 22.368,40 | R\$ 11.401,16 |
| nov/14 | 19.060,40 | R\$ 5.044,59 | nov/15 | 20.657,90 | R\$ 10.587,18 |
| dez/14 | 17.974,80 | R\$ 4.759,48 | dez/15 | 19.180,00 | R\$ 9.923,71 |
| Total 2014 | 236.986,40 | R\$ 57.880,97 | Total 2015 | 246.379,20 | R\$ 109.012,01 |

Quadro F.10 - Consumo de energia elétrica na estação J9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação J9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 19.224,50 | R\$ 5.231,18 | jan/15 | 23.872,80 | R\$ 7.537,53 |
| fev/14 | 20.257,70 | R\$ 5.495,55 | fev/15 | 20.886,30 | R\$ 7.397,01 |
| mar/14 | 19.167,70 | R\$ 4.918,32 | mar/15 | 20.760,30 | R\$ 8.976,38 |
| abr/14 | 19.778,00 | R\$ 5.177,72 | abr/15 | 21.399,30 | R\$ 10.230,58 |
| mai/14 | 23.285,20 | R\$ 6.019,40 | mai/15 | 24.304,10 | R\$ 11.520,98 |
| jun/14 | 20.174,00 | R\$ 5.297,29 | jun/15 | 22.227,20 | R\$ 10.616,98 |
| jul/14 | 21.001,90 | R\$ 5.859,00 | jul/15 | 23.274,80 | R\$ 12.640,06 |
| ago/14 | 20.721,60 | R\$ 6.309,66 | ago/15 | 23.871,30 | R\$ 13.734,12 |
| set/14 | 23.542,80 | R\$ 6.994,45 | set/15 | 22.329,10 | R\$ 13.119,44 |
| out/14 | 24.367,00 | R\$ 7.321,54 | out/15 | 22.243,40 | R\$ 13.151,71 |
| nov/14 | 23.773,60 | R\$ 7.048,57 | nov/15 | 23.891,00 | R\$ 13.769,02 |
| dez/14 | 21.803,40 | R\$ 6.484,42 | dez/15 | 21.650,30 | R\$ 12.761,57 |
| Total 2014 | 257.097,40 | R\$ 72.157,10 | Total 2015 | 270.709,90 | R\$ 135.455,38 |

Quadro F.11 - Consumo de energia elétrica na estação K9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação K9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|----------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 47.168,60 | R\$ 13.488,38 | jan/15 | 42.068,00 | R\$ 16.518,28 |
| fev/14 | 43.756,00 | R\$ 12.750,09 | fev/15 | 43.718,20 | R\$ 18.083,65 |
| mar/14 | 46.357,20 | R\$ 13.236,47 | mar/15 | 40.048,00 | R\$ 21.077,75 |
| abr/14 | 47.953,30 | R\$ 13.373,23 | abr/15 | 46.753,20 | R\$ 24.224,65 |
| mai/14 | 45.700,70 | R\$ 13.119,06 | mai/15 | 43.524,90 | R\$ 23.243,81 |
| jun/14 | 46.398,00 | R\$ 13.306,97 | jun/15 | 43.175,90 | R\$ 22.697,60 |
| jul/14 | 43.581,20 | R\$ 14.359,95 | jul/15 | 46.248,30 | R\$ 26.232,83 |
| ago/14 | 46.430,10 | R\$ 15.863,52 | ago/15 | 47.706,60 | R\$ 27.810,15 |
| set/14 | 42.621,60 | R\$ 14.714,62 | set/15 | 45.239,10 | R\$ 25.475,55 |
| out/14 | 48.668,10 | R\$ 16.955,41 | out/15 | 46.036,00 | R\$ 25.818,45 |
| nov/14 | 42.527,20 | R\$ 15.027,05 | nov/15 | 45.647,50 | R\$ 25.770,74 |
| dez/14 | 47.249,40 | R\$ 16.070,94 | dez/15 | 44.592,00 | R\$ 24.795,42 |
| Total 2014 | 548.411,40 | R\$ 172.265,69 | Total 2015 | 534.757,70 | R\$ 281.748,88 |

Quadro F.12 - Consumo de energia elétrica na estação L9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação L9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 21.571,10 | R\$ 4.928,87 | jan/15 | 23.411,20 | R\$ 6.531,83 |
| fev/14 | 21.629,30 | R\$ 4.987,93 | fev/15 | 21.776,60 | R\$ 6.855,24 |
| mar/14 | 26.568,80 | R\$ 5.879,52 | mar/15 | 24.874,70 | R\$ 9.116,18 |
| abr/14 | 21.706,60 | R\$ 4.951,14 | abr/15 | 21.609,00 | R\$ 9.290,55 |
| mai/14 | 24.181,10 | R\$ 5.423,38 | mai/15 | 22.525,60 | R\$ 9.724,80 |
| jun/14 | 29.435,10 | R\$ 6.442,56 | jun/15 | 22.742,90 | R\$ 9.770,74 |
| jul/14 | 27.922,60 | R\$ 6.606,81 | jul/15 | 22.403,10 | R\$ 11.102,97 |
| ago/14 | 22.866,70 | R\$ 6.019,85 | ago/15 | 22.897,10 | R\$ 11.915,28 |
| set/14 | 24.153,00 | R\$ 6.271,54 | set/15 | 23.578,60 | R\$ 12.345,05 |
| out/14 | 23.432,10 | R\$ 6.217,46 | out/15 | 21.697,80 | R\$ 11.438,92 |
| nov/14 | 22.955,80 | R\$ 6.066,84 | nov/15 | 23.845,10 | R\$ 12.204,97 |
| dez/14 | 23.583,50 | R\$ 6.136,40 | dez/15 | 25.029,00 | R\$ 12.838,96 |
| Total 2014 | 290.005,70 | R\$ 69.932,30 | Total 2015 | 276.390,70 | R\$ 123.135,49 |

Quadro F.13 - Consumo de energia elétrica na estação M9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação M9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 20.964,40 | R\$ 4.912,95 | jan/15 | 25.084,50 | R\$ 7.354,07 |
| fev/14 | 21.907,80 | R\$ 5.142,07 | fev/15 | 23.406,40 | R\$ 7.498,91 |
| mar/14 | 23.826,70 | R\$ 5.441,67 | mar/15 | 21.398,60 | R\$ 9.085,35 |
| abr/14 | 23.117,80 | R\$ 5.319,62 | abr/15 | 23.090,00 | R\$ 9.976,04 |
| mai/14 | 24.025,10 | R\$ 5.493,50 | mai/15 | 25.663,20 | R\$ 11.064,15 |
| jun/14 | 23.236,80 | R\$ 5.358,76 | jun/15 | 24.505,70 | R\$ 10.588,02 |
| jul/14 | 22.251,70 | R\$ 5.774,30 | jul/15 | 23.702,90 | R\$ 12.161,03 |
| ago/14 | 25.897,10 | R\$ 6.809,72 | ago/15 | 24.624,30 | R\$ 12.764,02 |
| set/14 | 25.149,50 | R\$ 6.605,16 | set/15 | 22.871,80 | R\$ 12.086,63 |
| out/14 | 23.949,90 | R\$ 6.450,40 | out/15 | 21.699,40 | R\$ 11.184,48 |
| nov/14 | 24.211,50 | R\$ 6.463,52 | nov/15 | 24.597,40 | R\$ 11.322,28 |
| dez/14 | 22.132,30 | R\$ 5.928,91 | dez/15 | 27.695,30 | R\$ 14.076,31 |
| Total 2014 | 280.670,60 | R\$ 69.700,58 | Total 2015 | 288.339,50 | R\$ 129.161,29 |

Quadro F.14 - Consumo de energia elétrica na estação N9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação N9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|---------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 20.350,10 | R\$ 4.696,00 | jan/15 | 19.748,70 | R\$ 5.570,03 |
| fev/14 | 19.201,40 | R\$ 4.520,33 | fev/15 | 15.918,30 | R\$ 5.225,61 |
| mar/14 | 19.147,80 | R\$ 4.465,23 | mar/15 | 16.668,30 | R\$ 6.191,96 |
| abr/14 | 17.381,30 | R\$ 4.127,70 | abr/15 | 16.099,50 | R\$ 7.234,64 |
| mai/14 | 21.500,30 | R\$ 4.846,71 | mai/15 | 19.121,00 | R\$ 8.448,92 |
| jun/14 | 18.101,70 | R\$ 4.278,02 | jun/15 | 19.135,80 | R\$ 8.420,77 |
| jul/14 | 19.673,50 | R\$ 4.778,31 | jul/15 | 19.666,40 | R\$ 9.573,81 |
| ago/14 | 18.838,40 | R\$ 5.121,03 | ago/15 | 19.815,90 | R\$ 10.155,71 |
| set/14 | 18.415,90 | R\$ 4.998,95 | set/15 | 18.661,60 | R\$ 9.636,91 |
| out/14 | 18.901,50 | R\$ 5.195,70 | out/15 | 16.915,90 | R\$ 8.672,30 |
| nov/14 | 19.126,20 | R\$ 5.209,33 | nov/15 | 19.492,10 | R\$ 9.687,86 |
| dez/14 | 17.707,80 | R\$ 4.836,95 | dez/15 | 17.469,60 | R\$ 8.828,48 |
| Total 2014 | 228.345,90 | R\$ 57.074,26 | Total 2015 | 218.713,10 | R\$ 97.647,00 |

Quadro F.15 - Consumo de energia elétrica na estação O9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação O9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 27.752,20 | R\$ 6.473,04 | jan/15 | 24.241,20 | R\$ 7.415,53 |
| fev/14 | 22.752,10 | R\$ 5.719,08 | fev/15 | 25.477,00 | R\$ 8.549,92 |
| mar/14 | 28.105,30 | R\$ 6.693,42 | mar/15 | 25.378,70 | R\$ 10.245,80 |
| abr/14 | 23.557,60 | R\$ 5.843,34 | abr/15 | 24.508,30 | R\$ 11.084,39 |
| mai/14 | 28.597,50 | R\$ 6.784,88 | mai/15 | 24.408,00 | R\$ 11.254,26 |
| jun/14 | 25.797,50 | R\$ 6.256,73 | jun/15 | 22.180,70 | R\$ 10.273,87 |
| jul/14 | 25.401,50 | R\$ 6.716,48 | jul/15 | 24.044,20 | R\$ 12.778,69 |
| ago/14 | 25.718,50 | R\$ 7.266,59 | ago/15 | 26.522,20 | R\$ 14.415,74 |
| set/14 | 24.012,90 | R\$ 6.874,52 | set/15 | 24.263,60 | R\$ 13.364,12 |
| out/14 | 24.466,60 | R\$ 7.086,67 | out/15 | 26.102,60 | R\$ 14.237,07 |
| nov/14 | 26.343,00 | R\$ 7.343,71 | nov/15 | 24.107,80 | R\$ 13.091,08 |
| dez/14 | 21.454,70 | R\$ 6.274,96 | dez/15 | 22.244,40 | R\$ 12.311,97 |
| Total 2014 | 303.959,40 | R\$ 79.333,42 | Total 2015 | 293.478,70 | R\$ 139.022,44 |

Quadro F.16 - Consumo de energia elétrica na estação P9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação P9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 21.705,50 | R\$ 5.554,41 | jan/15 | 24.535,40 | R\$ 7.928,04 |
| fev/14 | 21.082,30 | R\$ 5.847,50 | fev/15 | 23.448,20 | R\$ 8.324,71 |
| mar/14 | 21.261,00 | R\$ 5.508,01 | mar/15 | 21.937,80 | R\$ 9.424,98 |
| abr/14 | 20.504,00 | R\$ 5.580,09 | abr/15 | 22.954,10 | R\$ 10.283,15 |
| mai/14 | 23.680,60 | R\$ 6.237,03 | mai/15 | 25.851,80 | R\$ 11.334,36 |
| jun/14 | 21.582,30 | R\$ 5.398,86 | jun/15 | 23.799,00 | R\$ 11.231,97 |
| jul/14 | 22.245,80 | R\$ 6.188,56 | jul/15 | 24.872,70 | R\$ 13.447,96 |
| ago/14 | 23.463,20 | R\$ 6.956,20 | ago/15 | 26.496,40 | R\$ 14.900,40 |
| set/14 | 22.632,00 | R\$ 6.742,78 | set/15 | 24.631,80 | R\$ 13.917,83 |
| out/14 | 22.269,70 | R\$ 6.768,52 | out/15 | 25.216,10 | R\$ 14.298,82 |
| nov/14 | 23.676,30 | R\$ 7.250,57 | nov/15 | 24.002,30 | R\$ 13.454,61 |
| dez/14 | 21.742,60 | R\$ 6.678,59 | dez/15 | 23.533,50 | R\$ 13.581,68 |
| Total 2014 | 265.845,30 | R\$ 74.711,12 | Total 2015 | 291.279,10 | R\$ 142.128,51 |

Quadro F.17 - Consumo de energia elétrica na estação Q9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação Q9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|---|------------|---------------|------------|------------|----------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 22.632,30 | R\$ 5.922,47 | jan/15 | 25.372,50 | R\$ 7.444,23 |
| fev/14 | 23.834,40 | R\$ 6.414,97 | fev/15 | 21.182,20 | R\$ 7.190,75 |
| mar/14 | 23.738,70 | R\$ 6.218,24 | mar/15 | 21.199,30 | R\$ 8.009,93 |
| abr/14 | 22.035,10 | R\$ 5.885,61 | abr/15 | 21.197,90 | R\$ 9.636,32 |
| mai/14 | 25.533,40 | R\$ 6.582,23 | mai/15 | 24.309,80 | R\$ 10.991,98 |
| jun/14 | 22.576,80 | R\$ 5.858,17 | jun/15 | 22.861,60 | R\$ 10.309,64 |
| jul/14 | 24.208,70 | R\$ 6.402,03 | jul/15 | 22.586,00 | R\$ 11.221,32 |
| ago/14 | 22.971,70 | R\$ 6.852,43 | ago/15 | 24.928,00 | R\$ 13.212,86 |
| set/14 | 25.336,20 | R\$ 7.354,52 | set/15 | 23.136,40 | R\$ 13.025,14 |
| out/14 | 24.353,50 | R\$ 7.113,66 | out/15 | 21.679,20 | R\$ 12.079,00 |
| nov/14 | 27.457,60 | R\$ 7.880,04 | nov/15 | 24.171,70 | R\$ 13.260,30 |
| dez/14 | 23.377,70 | R\$ 6.749,60 | dez/15 | 21.535,50 | R\$ 12.041,23 |
| Total 2014 | 288.056,10 | R\$ 79.233,97 | Total 2015 | 274.160,10 | R\$ 128.422,70 |

Quadro F.18 - Consumo de energia elétrica na estação R9 - linha 09, 2014 e 2015.

| Estação R9 - subgrupo A4 (média tensão) | | | | | |
|--|------------|---------------|------------|------------|---------------|
| mês/ano | kWh | R\$ | mês/ano | kWh | R\$ |
| jan/14 | 16.923,00 | R\$ 4.118,91 | jan/15 | 16.878,20 | R\$ 5.163,59 |
| fev/14 | 14.663,90 | R\$ 3.715,54 | fev/15 | 15.175,20 | R\$ 5.241,78 |
| mar/14 | 15.443,30 | R\$ 3.826,59 | mar/15 | 13.138,00 | R\$ 5.762,43 |
| abr/14 | 17.335,10 | R\$ 4.183,52 | abr/15 | 14.766,90 | R\$ 6.852,83 |
| mai/14 | 15.453,80 | R\$ 3.816,71 | mai/15 | 15.440,70 | R\$ 7.204,14 |
| jun/14 | 16.360,30 | R\$ 4.003,13 | jun/15 | 14.143,40 | R\$ 6.641,36 |
| jul/14 | 16.795,60 | R\$ 4.470,28 | jul/15 | 15.814,70 | R\$ 8.255,10 |
| ago/14 | 15.602,30 | R\$ 4.468,96 | ago/15 | 13.388,10 | R\$ 7.291,84 |
| set/14 | 15.698,50 | R\$ 4.470,61 | set/15 | 15.200,40 | R\$ 7.952,42 |
| out/14 | 17.256,70 | R\$ 4.901,20 | out/15 | 14.965,00 | R\$ 7.822,51 |
| nov/14 | 15.212,30 | R\$ 4.417,56 | nov/15 | 13.361,60 | R\$ 7.106,57 |
| dez/14 | 15.496,90 | R\$ 4.432,00 | dez/15 | 13.682,30 | R\$ 7.258,23 |
| Total 2014 | 192.241,70 | R\$ 50.825,01 | Total 2015 | 175.954,50 | R\$ 82.552,80 |