



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE RECURSOS DA AMAZÔNIA
PPG – ENGRAM



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**LEVANTAMENTO DO POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR
DE SERVIÇOS: SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA CIDADE DE
MANAUS – AM**

Mestrando: Sandro Simas de Jesus

Orientadora: Prof^ª. Dra. Elizabeth Ferreira Cartaxo

Manaus – AM, 02 de outubro de 2015

Sandro Simas de Jesus

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recurso da Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Recurso da Amazônia.

Linha de pesquisa: Energia.

Orientadora: Profa. Dra. Elizabeth Ferreira Cartaxo

Manaus, 2015

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo autor

J581 Jesus, Sandro Simas de
LEVANTAMENTO DO POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
NO SETOR DE SERVIÇOS: SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA NA CIDADE DE MANAUS – AM / Sandro Simas de Jesus. 2015
102 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Elizabeth Ferreira Cartaxo
Co-orientador: Carlos Alberto Figueiredo
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos da Amazônia) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Energia elétrica. 2. Perdas distribuição. 3. Eficiência energética. 4.
Potencial de eficiência. I. Cartaxo, Elizabeth Ferreira II. Universidade
Federal do Amazonas III. Título

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE RECURSOS DA AMAZÔNIA

Sandro Simas de Jesus

LEVANTAMENTO DO POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR DE
SERVIÇOS: SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA CIDADE DE MANAUS – AM

Profa. Dra. Elizabeth Ferreira Cartaxo
PPGENGRAM/UFAM

Profo. Dr. Carlos Alberto Figueiredo
PPGENGRAM/UFAM

Profo. Dr. Nelson Kuwahara
PPGENGRAM/UFAM

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta pesquisa é um marco divisor na contínua opção pela vida acadêmica. Reflete o simbolismo de um caminhar solidário e coletivo no seio de uma universidade pública que pertence ao povo brasileiro.

Às gerações familiares que a seu tempo dedicaram o melhor da formação humana e escolar aos filhos, Raimundo e Irizélia, pai e mãe.

Aos queridos tios Miguel Ângelo e Felipe Jairo pelo apoio nos primeiros anos da graduação.

À Profa. Dra. Elizabeth Ferreira Cartaxo pelo privilégio de suas orientações, palavras amigas e determinação acadêmica.

Ao Profo. Dr. Carlos Alberto Figueiredo pelo dispor de sua experiência acadêmica e conhecimento técnico aplicado à co-orientação.

À Sra. Marcianita Pinheiro, secretária do Núcleo Interdisciplinar de Energia, Meio Ambiente e Água – NIEMA, pela capacidade organizacional, palavras de incentivo e apoio ao longo do curso.

Ao Maurício Francisco Soares Júnior, secretário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia – PPGENGRAM, pelas orientações institucionais e sempre fraternas conversas.

Aos colegas do curso de mestrado Rafaelli Pereira de Souza e Elival Martins dos Reis Junior, pelos incontáveis momentos de alegria, tensão e estudo.

Às amigas Erika Miranda Maciel, Clícia Roque Garcia Rodrigues e Giovana de Oliveira Ribeiro, pelas contribuições às infindáveis versões textuais, apoio e incentivo pessoal.

À Manaus Ambiental S.A, pelo apoio decisivo ao disponibilizar dados e informações sobre suas instalações para o desenvolvimento da pesquisa. Ressalto o empenho e dedicação de suas equipes de trabalho:

Milena Marclei Silva do Nascimento – Coordenadora de Manutenção Elétrica e Automação

Jonas de Souza Tobias – Coordenador de CPAS e Manutenção Mecânica

Valmir Ferreira Sales – Supervisor de Manutenção Elétrica

Mônica Marselha Silva do Nascimento – Engenheira Civil

*Tupinambarana, Baré, Manaó,
Amazônida, Latino-americano e
Humano.*

RESUMO

O trabalho efetivou uma coleta de dados e informações sobre as características dos potenciais de eficiência energética no sistema de abastecimento de água, operado pela empresa privada Manaus Ambiental S.A, detentora da concessão do serviço público, na sede do município de Manaus – AM. Para tanto, foi realizado um conjunto de medições dos indicadores de desempenho elétrico nos conjuntos de motores elétricos operados em cinco unidades consumidoras de energia elétrica. As medições elétricas abrangeram 24 h de atividade na rotina operacional das unidades consumidoras, foi observado o limite máximo de tensão operacional de 440 V, não foram aferidos os conjuntos elétricos que operam em 6,6 KV. O estudo identificou ocorrência de fatores de potencia abaixo do padrão estabelecidos pela legislação da ANEEL, ressalta-se que as potências ativas trifásicas demonstraram ocorrência de conjuntos de motores elétricos sobredimensionados. Assim, foi possível estimar potenciais de redução, entre 59,72% e 7,36%, resultando num percentual médio de redução de 25,87% na potência em operação das cinco unidades consumidoras pesquisadas. Em relação aos potenciais associados aos volumes de água produzidos, foram estimados percentuais de perdas de 76,88% a 73,58%, entre a relação de distribuição e faturamento de água. Por fim, ante estas expressivas perdas na rotina operacional da concessionária em 2014, fez-se um contraste entre os percentuais médios de perdas na distribuição de água entre as cinco regiões geográficas do Brasil, com os indicadores do Sistema Nacional de Informações de Saneamento – SNIS, cujos valores médios apresentaram variação regional entre 50,8% e 33,4%, e a perda média nacional de 37,0%. No âmbito desta pesquisa, ficaram evidenciados os níveis de perdas que excedem à média nacional e os potenciais técnicos de redução e a oportunidade de potencial para eficiência energética.

Palavras-chave: **energia elétrica, perdas distribuição, eficiência energética.**

ABSTRACT

The work was accomplished a collection of data and information about the characteristics of the potential of energy efficiency in the water supply system, operated by the private company Manaus Ambiental S.A., which holds the concession of public services, in the city of Manaus-AM. To this end, was conducted a set of measurements of the electrical performance indicators in sets of electric motors operated in five consumer units of electricity. The electrical measurements covered 24hours of activity in the operational routine of consumer units, noted the maximum operating voltage of 440 V, were not measured electrical assemblies operating at 6.6 KV. The study identified factors occurrence of substandard potency established by ANEEL's legislation, it should be noted that the three-phase active powers demonstrated occurrence of oversized electric motors. Thus, it was possible to estimate the reduction potential, between 59.72% and 7.36%, resulting in an average percentage of 25.87% reduction in power in operation of the five consumer units surveyed. Relative to the potential associated with the volumes of water produced, were estimated percentages of 76.88% losses to 73.58%, between the distribution and billing of water. Finally, at these significant losses in the operational routine of the concessionaire in 2014, there was a contrast between the average percentage of losses in the distribution of water among the five geographic regions of Brazil, with the indicators of the National Sanitation Information System-SNIS, whose average values showed regional variation between 50.8% and 33.4%, and the national average of 37.0% loss. In the context of this study, loss levels were evidenced that exceed the national average and the technical reduction potential and the potential opportunity for energy efficiency.

Key words: electric energy, losses in the distribution, energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Disposição geral de um sistema de abastecimento de água | 22 |
| Figura 2 – Adutoras de grandes diâmetros aplicadas na adução de água bruta por recalque no CPPI .. | 26 |
| Figura 3 – Disposição geral de sistemas de reservatórios e rede de distribuição | 27 |
| Figura 4 – Diagramas das redes de distribuição dispostas pelo traçado malhada e ramificada | 31 |
| Figura 5 – Vista aérea do perímetro do Complexo de Produção Ponta do Ismael (CPPI) | 35 |
| Figura 6 – Vista aérea do perímetro da unidade produtora de água (Mauazinho) | 35 |
| Figura 7 – Vista aérea da localização geográfica das unidades CPPI, Mauazinho e PROAMA | 36 |
| Figura 8 – Sistemas de tanques e filtros da estação de tratamento do Mauazinho..... | 37 |
| Figura 9 – Sistemas de tanques e filtros da estação de tratamento ETA 1 do CPPI..... | 38 |
| Figura 10 - Sistemas de flotação, tanques e filtros da estação de tratamento ETA 2 do CPPI | 38 |
| Figura 11 – Representação dos estados da Região Norte..... | 46 |
| Figura 12 – Localização do município de Manaus em relação ao estado do Amazonas. | 50 |
| Figura 13 – Sede urbana do município de Manaus – AM..... | 51 |
| Figura 14 – Analisador portátil de energia modelo Power Net P600 utilizado nas medições | 58 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 – Distribuição do percentual de consumo elétrico por setor econômico em Manaus | 33 |
| Gráfico 2 – Distribuição da projeção do consumo mundial de energia no setor de serviços em PBtu .. | 41 |
| Gráfico 3 – Distribuição da projeção do consumo mundial de energia no setor de serviços em PBtu .. | 41 |
| Gráfico 4 – Distribuição do percentual médio consumo nacional do setor de serviços | 44 |
| Gráfico 5 – Distribuição dos percentuais relacionados aos potenciais de conservação de energia no setor de serviços. | 45 |
| Gráfico 6 – Distribuição do percentual médio do consumo total de energia elétrica (GWh) por região geográfica do Brasil | 47 |
| Gráfico 7 – Distribuição do percentual médio do consumo total de energia elétrica (GWh) setorial no Brasil | 47 |
| Gráfico 8 – Distribuição do percentual médio do consumo de energia elétrica (GWh) do setor de comercio e serviços por região geográfica. | 48 |
| Gráfico 9 – Distribuição do percentual médio do consumo de energia elétrica (GWh) do setor de serviços por estados da Região Norte. | 49 |
| Gráfico 11 – Distribuição percentual do consumo médio de insumos energéticos em MWh/mês. | 63 |
| Gráfico 12 – Distribuição dos percentuais de participação dos custos médios de energéticos em R\$/mês..... | 64 |
| Gráfico 13 - Variação do consumo de energia elétrica faturado no período 2013 e 2014 no CPPI..... | 68 |
| Gráfico 14 – Variação do custo da energia elétrica faturado no período 2013 e 2014 no CPPI..... | 69 |
| Gráfico 15 – Variação dos volumes captados no período de 2013 e 2014 no CPPI | 70 |
| Gráfico 16 – Variação mensal da demanda de energia elétrica na ponta no período 2013 e 2014 do CPPI | 72 |
| Gráfico 17 – Variação mensal da demanda de energia elétrica fora de ponta no período 2013 e 2014 do CPPI | 73 |
| Gráfico 18 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor de flotação do CPPI..... | 80 |
| Gráfico 19 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor baixo recalque 1 do CPPI..... | 81 |
| Gráfico 20 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor bombas de lavagem dos filtros do CPPI | 82 |
| Gráfico 21 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor casa de químicos do CPPI..... | 83 |
| Gráfico 22 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor baixo recalque do Mauazinho | 85 |
| Gráfico 23 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor alto recalque do Mauazinho | 86 |
| Gráfico 24 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor de serviços auxiliares do Mauazinho..... | 87 |
| Gráfico 25 – Variação temporal da potência ativa trifásica na EEA Cidade Nova..... | 88 |
| Gráfico 26 – Variação temporal da potência ativa trifásica na EEA Alvorada..... | 90 |

| | |
|--|----|
| Gráfico 27 – Variação temporal da potência ativa trifásica na EEA do Mocó | 91 |
| Gráfico 28 – Características dos níveis de perdas relacionadas pelos volumes faturados e produzidos de água do SAA de Manaus | 94 |
| Gráfico 29 – Características dos níveis de perdas relacionadas pelos volumes faturados e produzidos de água do SAA de Manaus – AM..... | 95 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Perfil da distribuição do consumo de energia elétrica do município de Manaus – AM..... | 33 |
| Tabela 2 – Consumo mundial de energia no setor de serviços distribuído por região em (PBtu)..... | 40 |
| Tabela 3 – Faixas de classificações e pontos de conexão em tensões nominais | 57 |
| Tabela 4 – Relação de indicadores associados à população atendida pela concessionária do SAA | 65 |
| Tabela 5 – Relação de indicadores associados aos fatores de capacidade e consumos específicos da concessionária do SAA | 66 |
| Tabela 6 – Indicadores globais de consumo médio mensal de energia elétrica identificados no questionário | 67 |
| Tabela 7 – Relação de indicadores associados ao esgotamento sanitário identificados no questionário EFICIND | 67 |
| Tabela 8 – Características elétricas do enquadramento tarifário no período 2013 e 2014 do CPPI | 71 |
| Tabela 9 – Fator de carga médio do CPPI..... | 74 |
| Tabela 10 – Consumo específico das unidades do SAA | 75 |
| Tabela 11 – Preço médio de energia elétrica nas unidades do SAA | 76 |
| Tabela 12 - Características físico-mecânicas e elétricas do setor de flotação do CPPI..... | 79 |
| Tabela 13 - Características físico-mecânicas e elétricas do setor baixo recalque 1 do CPPI..... | 80 |
| Tabela 14 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor bombas de lavagem dos filtros do CPPI | 82 |
| Tabela 15 - Características físico-mecânicas e elétricas no setor casa de químicos do CPPI..... | 83 |
| Tabela 16 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor baixo recalque do Mauazinho..... | 84 |
| Tabela 17 - Características físico-mecânicas e elétricas no setor alto recalque do Mauazinho | 85 |
| Tabela 18 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor de serviços auxiliares do Mauazinho | 87 |
| Tabela 19 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor bombeamento da EEA Cidade Nova | 88 |
| Tabela 20 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor bombeamento da EEA Alvorada..... | 89 |
| Tabela 21 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor bombeamento da EEA Mocó..... | 90 |
| Tabela 22 – Totalização do potencial de redução na potência instalada em operação das unidades CPPI, Mauazinho e EEA | 92 |
| Tabela 23 – Distribuição dos percentuais médios de perdas na distribuição de água dos prestadores de serviço, quanto à natureza jurídica e abrangência de atuação | 96 |

SUMÁRIO

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 2 | OBJETIVOS | 18 |
| 2.1 | Objetivo geral..... | 18 |
| 2.2 | Objetivos específicos..... | 18 |
| 3 | RELAÇÃO ENTRE ÁGUA, ENERGIA E SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – SAA | 19 |
| 3.1 | Aspectos gerais sobre manancial e captação de água..... | 23 |
| 3.2 | Aspectos gerais sobre estação elevatória de água – EEA..... | 24 |
| 3.3 | Aspectos gerais sobre estação de tratamento de água – ETA | 24 |
| 3.4 | Aspectos gerais sobre adução..... | 25 |
| 3.5 | Aspectos gerais sobre reservação | 27 |
| 3.6 | Aspectos gerais sobre rede de distribuição..... | 28 |
| 4 | CARACTERÍSTICAS DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E O SAA EM MANAUS. | 32 |
| 5 | ASPECTOS DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SEGUIMENTO DE SERVIÇOS. | 39 |
| 6 | LEVANTAMENTO DO USO FINAL DA ENERGIA ELÉTRICA E INDICADORES DE DESEMPENHO PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA | 50 |
| 6.1 | Localização e delimitação do campo de pesquisa | 50 |
| 6.2 | Etapas da pesquisa..... | 51 |
| 6.2.1 | Coleta de dados via questionário (web ou <i>in loco</i>) e visitas de campo | 52 |
| 6.2.1.1 | Levantamento operacional da produção de água no CPPI, Mauazinho, CPAS e EEA..... | 54 |

| | | |
|---------|--|----|
| 6.2.1.2 | Levantamento operacional do consumo e custo financeiro da energia elétrica no CPPI, Mauazinho, CPAS e EEA | 54 |
| 6.2.1.3 | Levantamento das características elétricas nominais dos conjuntos motores-bombas no CPPI, Mauazinho, CPAS e EEA..... | 55 |
| 6.2.2 | Seleção dos pontos consumidores para medições dos indicadores de desempenhos elétricos..... | 55 |
| 6.2.2.1 | Indicadores de desempenho analisados nas medições elétricas | 55 |
| 6.2.2.2 | Analizador portátil de energia aplicado nas medições de campo | 58 |
| 6.2.2.3 | Levantamento do enquadramento tarifário da unidade CPPI..... | 59 |
| 6.2.3 | Sistematização e interpretação dos indicadores de desempenho..... | 59 |
| 6.2.3.1 | Indicadores de desempenho do SAA identificados no questionário EFICIND..... | 60 |
| 6.2.3.2 | Relação entre consumo de energia elétrica e volume de água produzido: Fator de Carga – FC..... | 61 |
| 6.2.3.3 | Relação entre consumo de energia elétrica e volume de água produzido: Consumo Específico – CE..... | 62 |
| 6.2.3.4 | Relação entre o custo monetário e o consumo de energia elétrica: Preço Médio de Energia Elétrica – PM_{EE} | 62 |
| 7 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 63 |
| 7.1 | Características da matriz energética do SAA em Manaus..... | 63 |
| 7.2 | Características dos indicadores de desempenho do SAA em Manaus | 64 |
| 7.3 | Características da volumetria de água captada, consumo e custo da energia elétrica no Complexo de Produção Ponta do Ismael – CPPI..... | 68 |
| 7.4 | Características do enquadramento tarifário e demandas contratadas no Complexo de Produção Ponta do Ismael – CPPI..... | 70 |
| 7.5 | Características da unidade consumidora CPPI: Fator de Carga FC | 73 |
| 7.6 | Características das unidades consumidoras de energia elétrica do SAA: Consumo Específico – CE..... | 74 |
| 7.7 | Características das unidades consumidoras de energia elétrica do SAA: Preço Médio de Energia Elétrica – PM_{EE} | 75 |

| | | |
|-------|---|----|
| 7.8 | Caraterísticas da potência ativa trifásica nos conjuntos motores-bombas das unidades consumidoras de energia elétrica no SAA. | 76 |
| 7.8.1 | Unidade consumidora de energia elétrica: CPPI..... | 79 |
| 7.8.2 | Unidade consumidora de energia elétrica: Mauazinho. | 84 |
| 7.8.3 | Unidades consumidoras de energia elétrica: EEA | 87 |
| 7.9 | Levantamento do potencial de redução na potência instalada em operação nas unidades consumidoras de energia elétrica: CPPI, Mauazinho e EEA. | 91 |
| 7.10 | Levantamento dos aspectos gerais sobre potencial de perda de água na distribuição do SAA de Manaus..... | 93 |
| 8 | CONSIDERAÇÕES..... | 97 |
| | REFERÊNCIAS..... | 99 |

1 Introdução

Os esforços de conservação de energia possuem a peculiaridade de estarem circunscritos a fatores de natureza: tecnológica e comportamental, os quais primam pela utilização mais eficaz de combustível e pelo uso mais consciente dos recursos energéticos (HINRICHS, 2012, p. 25). Dentro desta perspectiva, ao que se referem às perdas – os princípios da mecânica clássica e termodinâmicos – indicam as limitações nos sistemas de conversão de energia. Ou seja, as perdas são inerentes aos sistemas, é algo intrínseco e natural nos sistemas conversores. Por consequência, associado ao aspecto tecnológico, haverá limitações para a melhoria da eficiência energética. Ao passo que, no aspecto comportamental, poderá haver significativos avanços quanto aos padrões de utilização e hábitos de conforto mais racionais.

Dentro da perspectiva ambiental, HINRICHS (2012, p. 85) corrobora a ideia universal de que:

[...] a maior parte das nações desenvolvidas tem passado a compreender que o desenvolvimento sustentável pode ocorrer sem que se causem danos irreversíveis ao meio ambiente e sem que se usem excessivamente os recursos.

A eficiência energética é uma variável essencial no âmbito da conservação de energia. Sendo, suscetível às interações econômicas e sócio-políticas. Numa perspectiva técnica o PROCEL¹ (2007) define:

[...] a conservação deve ser entendida como a utilização de uma menor quantidade de energia para obtenção de um mesmo produto ou serviço através da eliminação de desperdício, do uso de equipamentos eficientes e do aprimoramento de processos produtivos.

A propósito, é primordial a distinção entre eficiência energética e conservação de energia, assim como, as consequências de suas ações, nesta linha Panesi (2006, p. 29) esclarece:

[...] o segundo termo significa reduzir o serviço energético, enquanto que o primeiro termo é uma redução da energia para um mesmo serviço. Melhorar a eficiência energética faz diminuir o consumo de energia primária necessária para produzir um

1 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL

determinado serviço de energia, independente em que ponto da cadeia produtiva ocorreu a redução de energia.

A crescente demanda de energia nas sociedades modernas, a partir da primeira etapa da revolução industrial, iniciada na Inglaterra do século XVIII, e o vertiginoso crescimento econômico e industrial, ocorrido no pós 2ª Guerra Mundial, colocaram a questão energética no cenário econômico mundial.

Os recursos energéticos demandados pelos avanços e incorporações de novos hábitos diários de consumo, exigiram demandas sobre os serviços públicos. Dentre estes, enfocam-se os sistemas de distribuição de energia elétrica e abastecimento de água potável.

Em associação ao suprimento demandado de energia, Hinrichs (2012) observa a existência de um complexo sistema de conversão e distribuição, destes recursos energéticos em eletricidade, calor, iluminação, climatização, força motriz e etc. O desenvolvimento econômico e os altos padrões de vida são processos complexos que compartilham um denominador comum: a disponibilidade de um abastecimento adequado e confiável de energia.

A abundância no mercado internacional e os preços baixos do barril de petróleo, entre os anos de 1950 – 1960, período de vigoroso desenvolvimento econômico e industrial nos países centrais, permearam em suas sociedades a ideia de inesgotabilidade desse recurso energético, o que contribuiu para tornar a matriz energética dos países centrais e periféricos dependente dos combustíveis fósseis, em especial o petróleo.

Porém, a partir dos anos 1970 o panorama de abundância energética passa por modificações vertiginosas e súbitas. Na visão de Hinrichs (2012), os eventos geopolíticos desencadeadores da crise energética vivenciada na década de 70, foram quase completamente esquecidas nos anos 1980. O autor (HINRICHS, 2012, p. 1) salienta a cronologia dos eventos:

Os eventos políticos, começando com o embargo do petróleo em 1973 e continuando com a Revolução Iraniana de 1979, a Guerra do Golfo Pérsico de 1991 e a invasão do Iraque em 2003, fizeram muitos passarem a perceber, o quanto a energia é crucial para o funcionamento cotidiano de nossa sociedade. As longas filas para comprar gasolina e os frios invernos com racionamento de gás natural na década de 1970 ainda são memórias tristes para algumas pessoas.

É no contexto histórico das crises do petróleo que se teve a percepção de escassez dos recursos energéticos. Em consequência à alta nos preços dos energéticos fósseis, ocorreu a viabilização econômica da adoção de estratégias com um viés ambiental e projetos de

desenvolvimento voltados à conservação e melhor eficiência no consumo dos derivativos de petróleo.

No contexto atual, em que o forte apelo ambiental pela adoção de práticas sustentáveis com viés final focado na redução de custos operacionais, a busca pela eficiência energética, tem reforçado a demanda pela identificação e desagregação das informações sobre o consumo de energia no diversificado setor econômico de serviços.

O setor serviços caracteriza-se pela extensa diversificação de atividades econômicas: supermercados, hipermercados, hospitais, shopping centers, hotéis e similares. Ao longo dos últimos dez anos, o setor exibe significativo e contínuo crescimento na economia brasileira. Este desenvolvimento setorial econômico está associado à demanda crescente por energia com predominância da energia elétrica.

Os potenciais de eficiência energética são indicações de oportunidades de ganhos em redução de custos financeiros sobre as rotinas operacionais das empresas operadoras do SAA². Em Araújo Neto (2008), está a seguinte observação, o avanço na reestruturação do setor elétrico brasileiro, provocou no seguimento de saneamento a busca pelo uso final eficiente da energia elétrica, adequação aos contratos de demanda e eliminação de excedente de energia reativa. O autor também ressalta que, os primeiros passos na direção à eficiência energética nas empresas do seguimento de saneamento incidem em ações simples de natureza administrativas e/ou operacionais.

² Sistema de abastecimento de água – SAA

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

O estudo proposto foi direcionado ao levantamento de informações sobre os potenciais de eficiência energética, visando identificar possibilidades para a conservação da energia elétrica no seguimento de saneamento em Manaus – AM.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar as características gerais da rotina operacional da empresa concessionária do sistema de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto;
- ✓ Aplicação de um questionário padrão, via meios eletrônicos (web) e/ou *in loco*, para coleta e sistematização das informações que caracterizaram o seguimento de saneamento na sede do município de Manaus – AM;
- ✓ Descrição das práticas operacionais relacionadas ao uso final da energia elétrica;
- ✓ Medição e análise das grandezas físicas elétricas associadas aos indicadores de desempenho elétrico;
- ✓ Efetivação de uma análise sobre as informações coletadas pelo questionário e/ou relatórios de medições e controles, com características para um levantamento energético;
- ✓ Determinação dos valores estimados para os potenciais de conservação de energia elétrica.

3 Relação entre água, energia e sistema de abastecimento de água – SAA

O acesso aos recursos energéticos, assim como, a disponibilidades aos recursos hídricos, tem relação direta com o desenvolvimento econômico e ambiental. Existe a possibilidade de esgotabilidade dos recursos energéticos de origem fóssil (ex. derivados de petróleo). Ao passo que, os recursos energéticos renováveis (ex. a biomassa e hidroeletricidade), requerem volumes significativos de recursos hídricos disponíveis, a depender do meio natural clima e relevo e/ou irrigação.

Existe uma relação interdependente entre os recursos energéticos e hídricos. Observa-se, a existência de perspectiva para aplicação dos recursos hídricos na geração de energia elétrica. Ao passo que, também é válida a perspectiva inversa da aplicação dos recursos energéticos no atendimento da demanda por água tratada.

A relação entre demanda e consumo por recursos energéticos e hídricos, podem sofrer variações em virtude de fatores macroeconômicos, dinâmica na estrutura demográfica e acesso aos serviços públicos.

O suprimento de água para os SAA ressalta (MOURA, 2010), demandam por um potencial de energia, cuja quantificação depende de vários fatores, tornando não trivial, a determinação da energia consumida em todas as etapas ante o uso final da água. Ainda que, estejam nos bancos de dados das empresas operadoras do SAA, as informações mais precisas sobre a quantificação do consumo energético na produção de água tratada.

Análogo às demandas e consumos de energia elétrica nos setores residencial, comercial (serviços) e industrial. Há ocorrência de similar relação para o uso final de água nestes setores da economia.

Havendo predominância para a higiene pessoal, limpeza, manutenção e refrigeração na aplicação final da água no setor econômico residencial. Entretanto, nos setores econômicos de serviços e industriais, destacam-se as demandas e consumos com as maiores predominâncias energointensivas, estratificadas no seguimento de pressurização dos sistemas de refrigeração, produção de vapor, lavagem de equipamentos pesados (MOURA, 2010).

O setor de serviços caracteriza-se por dispor dos maiores índices para o consumo de energia elétrica, relacionados à refrigeração e aquecimento de água, podendo variar a intensidade de consumo a depender do seguimento estratificado (hotéis, supermercado, hospitais, saneamento e etc.).

O segmento de saneamento engloba os SAA responsáveis pela captação, tratamento, distribuição e faturamento da água tratada disponibilizada à população.

A energia elétrica é o insumo primordial, convertido em força motriz para servir às rotinas operacionais do SAA. Dentro desta linha, Pereira e Condurú (2014) apontam que, dentre as despesas de exploração nos SAA, a energia elétrica representa o segundo maior custo, sendo superada apenas pelos custos com pessoal. Assinalam, as atividades operacionais, iluminação, escritórios, equipamentos de monitoração e controle, como os de aplicação final da energia elétrica. Os autores ressaltam, os indicadores mais expressivos do consumo de energia elétrica, estão associados aos:

[...] conjuntos motores e bombas das estações elevatórias de água são os principais responsáveis pelas despesas com energia elétrica, tendo grande influência no valor das tarifas e na sustentabilidade do sistema de abastecimento de água.

Em termos de entendimento e estruturação dos sistemas de abastecimento de água, Bezerra e Cheung (2013) identificam e relacionam, como a infraestrutura responsável pelo transporte de água aos núcleos populacionais urbanos devem primar pela regularidade, segurança e qualidade. Dentro desta concepção, os autores pautam sua perspectiva aos conjuntos de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável para consumo nos seguimentos econômicos residencial, comercial e industrial.

Por fim, (BEZERRA; PETER, 2013, p. 15) concebem relacionar eficiência, saúde e consumidores, ao delinearem o seguinte:

Para que os SAAs cumpram com eficiência a função de proteger os consumidores contra os riscos à saúde humana, é essencial que a concepção do sistema, a implantação e as formas de operação e manutenção sejam criteriosamente projetados.

A compreensão sobre a definição e os elementos constitutivos de um sistema de abastecimento de água, Pereira e Condurú (2014) o constitui por estruturas, equipamentos e dispositivos utilizados na realização do serviço de fornecimento de água com a qualidade, quantidade e regularidade necessárias para o atendimento das demandas dos usuários de determinada área ou comunidade, de acordo com os padrões exigidos para a proteção da saúde pública. Os autores (PEREIRA; CONDURÚ, 2014, p. 29) expõem duas observações sobre constituição e configuração dos SAA, a seguir:

[...] é constituído por unidades específicas, que são instaladas de forma integrada, para observação dos requisitos técnicos, das exigências ambientais, da disponibilidade de recursos, das demandas dos usuários etc.

[...] existem diversas possibilidades de configuração, as quais devem ser utilizadas para que o serviço de abastecimento de água venha a ser prestado com a eficiência planejada pelo município, proposta pelo prestador do serviço e esperada pela sociedade.

O planejamento e a concepção dos SAA estão interligados às dimensões demográficas, às características de porte e topografia da cidade em relação aos mananciais de água (TSUTIYA, 2001). O autor frisa e identifica as principais partes que constituem um SAA, a seguir descritas:

- **Manancial** – é o local donde será retirada a água para o abastecimento populacional. Esses corpos d'água podem ser de localização superficial (rios, lagos, igarapés e etc.) ou subterrânea (poços artesianos);
- **Captação** – são as estruturas físicas e equipamentos alocados, a jusante ao manancial, para captar água destinada ao sistema;
- **Estação elevatória** – são as estruturas físicas e equipamentos destinados ao recalque da água. Podem ser projetadas para aproveitar o potencial gravitacional, associado à topografia de sua localização na distribuição de água para as demais unidades do sistema;
- **Adutora** – são os componentes tubulares de grande diâmetro necessários à adução de água entre principais unidades do sistema;
- **Estação de Tratamento de Água (ETA)** – unidade donde é tratada a água para atender as normas e padrões de potabilidade da legislação brasileira;
- **Reservatório** – estrutura física donde a água tratada é armazenada para posterior distribuição à rede;
- **Rede de distribuição** – compostas pelos equipamentos (tubulações, válvulas, registros, conexões e etc.) para levar a água tratada aos consumidores do sistema.

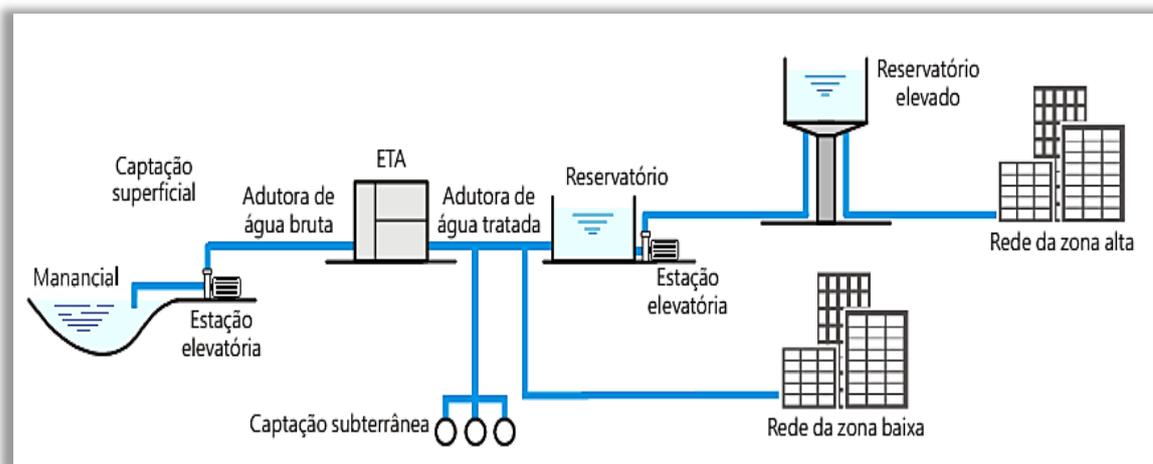
Por analogia, a organização de um SAA, assemelha-se às linhas de produções no setor industrial, as quais são constituídas por unidades integradas (PEREIRA; CONDURÚ, 2014, p. 29). Na visão destes, a integração pode ser organizada em três agrupamentos operacionais distintos: obtenção de água bruta, processamento de água e distribuição de água tratada. É válido ressaltar, a distinção apontada pelos autores, para a descrição de finalidade entre as unidades agrupadas:

- **Grupo de Obtenção** – tem a finalidade de retirada e transporte da matéria-prima (água bruta) do manancial até a primeira unidade do Grupo de Processamento. É constituído pelas unidades de captação, elevação e adução de água bruta;
- **Grupo de Processamento** – tem a finalidade de transformar a matéria-prima (água bruta) em produto (água tratada) que atenda às exigências do mercado consumidor (domiciliar, industrial, comercial etc.) e aos requisitos legais e normativos. É constituído pelas unidades de tratamento, reservação, elevação e adução de água tratada;
- **Grupo Distribuição** – tem a finalidade de entregar o produto (água tratada) aos clientes da(s) área(s) de atendimento do SAA. É constituído pelas unidades de reservação, elevação e distribuição de água tratada.

Nas palavras de Bezerra e Cheung (2013) um sistema convencional de abastecimento de água é constituído pelas unidades de captação, estação elevatória, estação de tratamento de água, adução de água, reservação e distribuição.

A disposição das unidades do SAA são características peculiares de cada planta de abastecimento, a Figura 1 ilustra os conjuntos integrados de um projeto básico de SAA.

Figura 1 – Disposição geral de um sistema de abastecimento de água – Fonte: Elaboração adaptada (BEZERRA; CHEUNG, 2013)



A disposição geral descrita pela Figura 1 mostra uma concepção de SAA com captação em manancial superficial e subterrâneo. Contudo em sistemas de maior complexidade pode haver mais de um ponto de captação superficial. Assim como, mais de uma estação de tratamento e sistemas isolados de captação de águas subterrâneas. Pois, a

dinâmica demográfica, a topografia e a evolução temporal do planejamento, são variáveis que definem as características do SAA de uma localidade.

Em linhas gerais, Moura (2010) evidencia o funcionamento de um SAA, consiste na captação de água bruta do manancial, tratamento desta água na ETA, reservação da água tratada e distribuição ao consumidor. No que concerne, ao âmbito das consequências advindas de um sistema de água tratada, indica a percepção de benefícios de ordem sanitária, social e econômica.

Uma extrapolação à disposição da Figura 1, está no aspecto da eficiência do SAA, depender do adequado funcionamento integrado em cada unidade e/ou grupo de unidades, sendo importante evitar a ocorrência de volumes perdidos e/ou desperdiçados de água (PEREIRA; CONDURÚ, 2014).

3.1 Aspectos gerais sobre manancial e captação de água

A escolha do manancial que abastecerá a captação do SAA deve considerar os critérios indissociáveis relacionados ao volume de água, sua localização geográfica, topologia, estimativas dos custos de instalação e operacionais e situação de proteção ambiental do manancial, pois a qualidade da água captada influi nos custos de exploração do SAA. Em síntese, o manancial é a parte mais importante, na definição do planejamento do SAA e de influência direta na qualidade do serviço fornecido à população (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

A demanda pelo insumo água e a dimensão do SAA, em geral definem, três meios principais de captação de água bruta em mananciais: superficiais, subterrâneos e pluviais (com prévia preparação da superfície), opção indicada para locais isolados e elevada precipitação pluviométrica. Nesse contexto, as estruturas físicas e equipamentos dispostos na jusante ao manancial, definem a captação de água destinada às seguintes etapas do SAA.

A captação superficial pode ser operada por gravidade ou bombeamento de recalque. Os mananciais de superfície estão mais sujeitos aos efeitos da poluição ambiental, estando em geral suas águas, sujeitas à contaminação pelo lançamento direto de esgoto residencial e industrial. Entretanto, essa opção de manancial é a mais utilizada para abastecimento, devido aos grandes volumes de água disponibilizados. A captação subterrânea pode ser executada por galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços artesianos profundos. Observa-se, a ocorrência comum de produção de água subterrânea em sistemas de abastecimento urbanos e rurais. Em PEREIRA e CONDURÚ(2014, p. 31) encontra-se o seguinte esclarecimento:

[...] a captação de água subterrânea pode ocorrer em poços rasos e em poços profundos, o que requer estudos hidrogeológicos para a definição da profundidade e do aquífero a ser utilizado. De forma simplificada, o manancial subterrâneo pode ser dividido em aquífero livre, que por ser mais próximo da superfície apresenta maior risco de poluição / contaminação e em aquífero artesiano, que por ser confinado é mais protegido e indicado para abastecimento público de água.

Os autores corroboram as informações sobre volumes captados, variáveis de demanda e perdas, a seguir transcritos:

O volume de água bruta captada depende do local, do clima, dos hábitos da população, das características do sistema etc. Comumente, o valor da demanda per capita de água varia de 160 a 250 L/hab.dia. Nesse valor deve ser considerado o consumo efetivo e o volume perdido de água no SAA, devendo este último ser o menor possível.

3.2 Aspectos gerais sobre estação elevatória de água – EEA

Conforme ressaltam Bezerra e Cheung (2013), nem sempre é possível a distribuição da água por meio do aproveitamento do potencial gravitacional da topologia de parte do SAA. Por esta razão em particular, os SAA são dotados de estações elevatórias de água, com a finalidade de adicionar energia ao transporte da água. Sendo que, mencionam as bombas hidráulicas centrífugas como as de maior difusão nos SAA, visto que estas tem uma característica operacional de regular a variação de vazão e pressão.

Um sistema de bombeamento comum nas EEA compõe-se basicamente de uma tubulação de aspiração, conjunto motores-bombas, válvulas, registros e tubulação de recalque. Nota-se, a depender do projeto da EEA, o posicionamento dos conjuntos de motores-bombas abaixo do nível inferior do reservatório apoiado, as bombas com essa característica denominam-se de bombas afogadas. Por certo, as características hidráulicas do sistema de adução e/ou distribuição definem as dimensões das bombas a serem aplicadas. Assim, em termos de opção de planejamento de projeto operacional, o mais econômico poderá onerar o valor do investimento inicial, porém implicará na redução dos custos energéticos nas rotinas de operação (BEZERRA; CHEUNG, 2013; PEREIRA; CONDURÚ, 2014).

3.3 Aspectos gerais sobre estação de tratamento de água – ETA

É a unidade do SAA responsável pela adequação da água aos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente, reduzindo-se os níveis de impurezas

físicas, eliminação de substâncias químicas e agentes biológicos (vírus, bactérias, protozoários e etc). Os conjuntos que compõem a ETA possuem funções específicas, dispostos numa engenharia planejada para escoamento da água por gravidade, desde o recebimento de água bruta proveniente da captação até a finalização do processo de produção de água tratada (PEREIRA; CONDURÚ, 2014).

Quanta a finalidade de tratamento da água na ETA, Araújo Neto (2008, p. 16) salienta que, nem toda água requer tratamento para abastecimento público, ou seja, o tratamento deverá ser efetuado quando for efetivamente comprovada a sua necessidade. O autor ressalta que, as águas dos mananciais de superfície, são as mais sujeitas à poluição, necessitando de infraestrutura de tratamento, pois, podem apresentar atributos físicos e bacteriológicos impróprios ao consumo humano, em virtude de sua exposição contínua às fontes de poluição.

Dentro desta linha, Fernandes (2014) observa a relação entre poluição e rios: as águas de grandes rios podem ter condições relativamente satisfatórias ao consumo, sob os pontos de vista químico e bacteriológico, quando a captação localiza-se em pontos menos sujeitos à contaminação.

3.4 Aspectos gerais sobre adução

A adução ou transporte da água nos SAA ocorre por meio de equipamentos interligados: tubulações, motores elétricos, bombas centrífugas, válvulas de controle, conexões, registros e medidores, que formam a rede de interligação entre as unidades do SAA. O emprego dos motores elétricos associados às bombas centrífugas aplicadas aos SAA na visão (VILLANOVA et al., 2010, p. 361):

O uso de bombas para adução de água tornou-se fundamental no mundo moderno, em função da expansão urbana para regiões onde a topografia não permite o escoamento por gravidade, trazendo consigo o consumo de energia elétrica pelos motores que acionam tais máquinas hidráulicas.

Outro aspecto a considerar são os dados da (JAMES, K. et. al. 2002), que consideram entre 2% a 3% do total da energia elétrica consumida no mundo, refere-se ao bombeamento e tratamento da água para abastecimento público. Deste todo, sugere haver, um potencial de economia de energia elétrica na ordem de 25%. Dessa feita, Villanova et al. (2010) avaliam a possibilidade do potencial de econômica ser muito superior no Brasil, pois, os indicadores

relacionados à perdas de água nos SAA, estão na ordem de 40%, isto em relação à média brasileira.

A função principal da adução é interligar os volumes de água bruta captada à estação de tratamento e/ou desta ao sistema de distribuição, conforme indicação dada pela Figura 2.

**Figura 2 – Adutoras de grandes diâmetros aplicadas na adução de água bruta por recalque no CPPI –
Fonte: Elaboração própria, 2015**



As características da topologia definem o planejamento do projeto do SAA, assim, a disposição do traçado para implantação das linhas adutoras depende do relevo, podendo ser configurada pelos tipos distintos de operação: adução por gravidade, recalque e/ou mistos. Observa-se que, o primeiro tem a fonte de abastecimento em nível de elevação suficiente para suprir as estimativas de vazão e pressão para o projeto do SAA. Desta forma, o fator custo de energia elétrica não é incidente sobre esta rotina operacional, outro aspecto são os baixos custos de manutenção e a estabilidade na pressão de adução.

Ademais, quando a topologia inviabiliza adução por gravidade, tem-se atuação dos sistemas de recalque e/ou de operação mista. Sendo, o transporte da água bruta ou tratada, realizada pressurizada em unidades elevatórias de recalque ou estações de bombeamento. Em contrapartida, ocorrem significativos aumentos na demanda por energia elétrica, custos de manutenção das unidades inseridas para pressurização da água aduzida.

Os vazamentos na adução provocam grandes transtornos, podendo ocasionar interrupção total ou parcial nas rotinas operacionais das unidades do SAA. As perdas de água no decorrer do processo de adução, estão relacionadas aos fatores técnicos de vazão de operação na tubulação, a idade de fabricação e o estado físico das adutoras, as pressões de serviço. Os maiores impactos estão associados às adutoras de maiores diâmetros e com maiores extensões, assim como, potencialmente nas adutoras mais desgastadas pela corrosão interna (WERDINE, 2002).

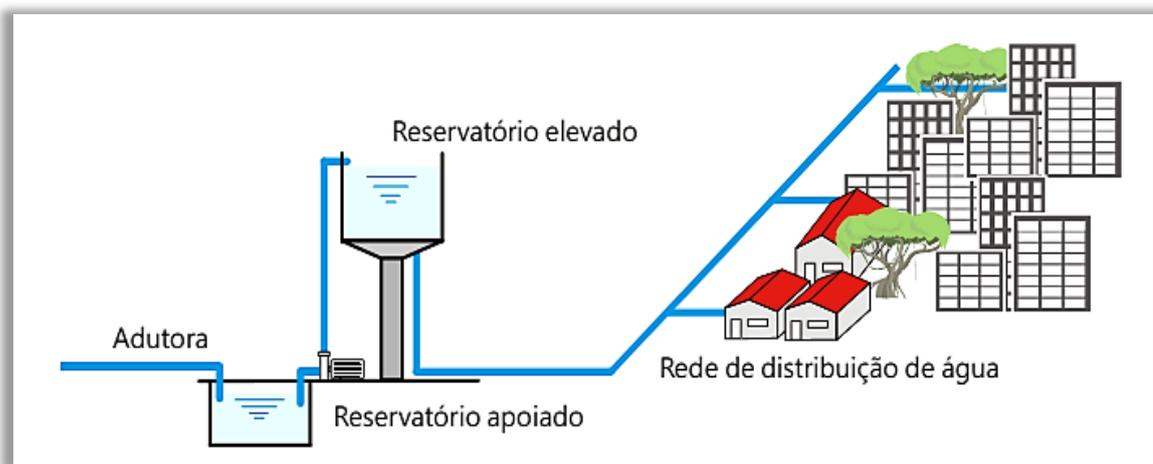
No contexto geral das linhas adutoras, pode-se considerar como perdas de água, os procedimentos em excessivos volumes de descargas em testes de estanque, desobstrução e/ou limpeza (MOURA, 2010; PEREIRA; CONDURÚ, 2014).

3.5 Aspectos gerais sobre reservação

Outro elemento fundamental na dinâmica dos SAA, com atuação na regulação da variação de pressão, entre o horário de demanda ápice de consumo e a adução de água. As estações de reservação ou reservatórios, como ilustra a Figura 3, são estruturas projetadas com a finalidade de suprir a regularidade do abastecimento de água em determinado setor do sistema. De muito, proporcionam o contínuo suprimento de água para o consumidor, ao longo de períodos de tempo curtos, em que ocorrem paralisações programadas no abastecimento. Quanto à classificação dos reservatórios pertencentes ao SAA, Bezerra e Cheung (2013) citam a diferenciação, a seguir:

[...] estes podem ser classificados como reservatórios de montante e de jusante. O reservatório de montante sempre fornece água à rede de distribuição, enquanto que o reservatório de jusante (também chamado reservatório de sobra e reservatório pulmão) pode fornecer ou receber água da rede de distribuição. Este tipo de reservatório armazena água nos períodos em que a capacidade da rede for superior à demanda simultânea para complementar o abastecimento quando a situação for inversa.

Figura 3 – Disposição geral de sistemas de reservatórios e rede de distribuição – Fonte: Elaboração adaptada (BEZERRA; CHEUNG, 2013)



As indicações da Figura 3, mostram dois reservatórios interligados pelos sistemas de adutoras, motores-bombas e tubulações, ambos integrados à rede de distribuição. Como característica, o reservatório apoiado detém maior capacidade de armazenamento, reservando

assim maior potencial hídrico para o abastecimento dos setores a ele interligados, por período de tempo não superior à 36h. Ao passo que, o reservatório elevado, deve possuir em suas características de projeto, elevação superior ao apoiado, afim de que adicione-se potencial gravitacional à carga hidráulica, para que esta tenha compensação em relação às perdas de carga, à medida que a água seja distribuída ao consumidor (CARDOSO, 2013).

Conforme ressaltado de Pereira e Condurú (2014), o projeto do reservatório apoiado pode vir configurado em módulos de volumes, permitindo ajustes na rotina operacional em termos de redução do volume de água bombeado em horários de maior custo da tarifa de energia elétrica. Estes ajustes requerem um estudo do balanço entre os volumes de entrada, armazenado e saída de água. Acrescentam o propósito de se avaliar o ponto mais elevado na topologia do local, para o reservatório elevado ter uma altura mínima, considerando a disponibilidade de carga hidráulica compensatória às perdas de carga para o consumo nos extremos do setor atendido. Por outro lado, os autores consideram, para as áreas planas a centralidade do reservatório elevado em relação à área a ser atendida pela rede de distribuição.

Os custos aplicados na construção e na rotina operacional são fatores de avaliação da viabilidade para a utilização de reservatórios apoiados. Todavia, o custo de execução do projeto para esse tipo de reservatório é maior, quando comparado aos demais tipos de reservatórios. Porém, ao se considerar os fatores ambientais, os apoiados são os que provocam menor impacto ambiental (TSUTIYA, 2001).

Os reservatórios de jusante ou reservatórios de sobras, também são elementos da estrutura de reservação dos SAA, aqueles são utilizados quando há necessidade de minimizar as oscilações de pressão em áreas de menor cota. Ou seja, como características estes recebem volumes de água durante os períodos de menor consumo na rede de distribuição. Acrescenta-se a distintiva peculiaridade de possuir um único barrilete, servindo tanto como entrada e saída de água (TSUTIYA, 2004).

Os reservatórios de posição intermediária são intercalados no sistema de adução, e apresentam a função de servir como volante de regularização das transições entre bombeamento e/ou adução por gravidade (TSUTIYA, 2004).

3.6 Aspectos gerais sobre rede de distribuição

A captação juntamente com a rede de distribuição são as unidades extremas que compõem um SAA convencional. A rede de distribuição constitui-se pela interligação dos equipamentos e tubulações instaladas sob as vias de trânsito, a depender das dimensões,

podem ser instaladas sob o passeio marginal das vias. As tubulações principais sob as vias são conectadas aos ramais domiciliares. Em limites gerais, a rede de distribuição tem a função de levar a água captada e tratada aos consumidores de perfis econômicos residencial, comercial e industrial. Conforme dispõe a lei federal 11.445/2007, regulamentada pelo decreto 7.217/2010. Ou seja, dispõe sobre a prestação da qualidade do serviço em: quantidade suficiente; qualidade apropriada; pressão adequada e ininterruptamente.

A estruturação dos sistemas de distribuição de água dispõe de uma norma técnica para sua organização, classificação e implantação. Os distritos de medição e controle (DMC), ou segundo a nomenclatura da norma NBR 12.218/94, setor de medição (SM). Determina a dotação de sensores de pressão e vazão, nos pontos de entrada da rede de distribuição. Os sensores integrados aos setores de medições monitoram a rede e constituem as principais ferramentas de informação para gerir as perdas de água.

Conforme mencionam Bezerra e Cheung (2013, p. 24), não há consenso sobre o tamanho máximo do DMC, a literatura cita valores que variam de 3.000 a 8.000 ligações. Vale ressaltar, a importância de que é comum, a divisão da rede de distribuição em grandes setores, que não necessariamente se enquadram na definição de DMC.

Os autores Araújo Neto (2008), Bezerra e Cheung (2013) discorrem sobre o traçado da rede de distribuição, devendo esta preferencialmente considerar: aspectos referentes à pavimentação das vias; o fluxo de veículos no local e a proximidade de grandes consumidores. Em relação aos aspectos técnicos, eles explicitam a classificação em dois tipos, pela norma NBR anteriormente citada, tem-se:

- **Condutos principais** – também denominados de troncos ou mestres, são as canalizações de maior diâmetro responsáveis pela alimentação dos condutos secundários;
- **Condutos secundários** – são as canalizações de menor diâmetro responsáveis pelo abastecimento dos pontos de consumo.

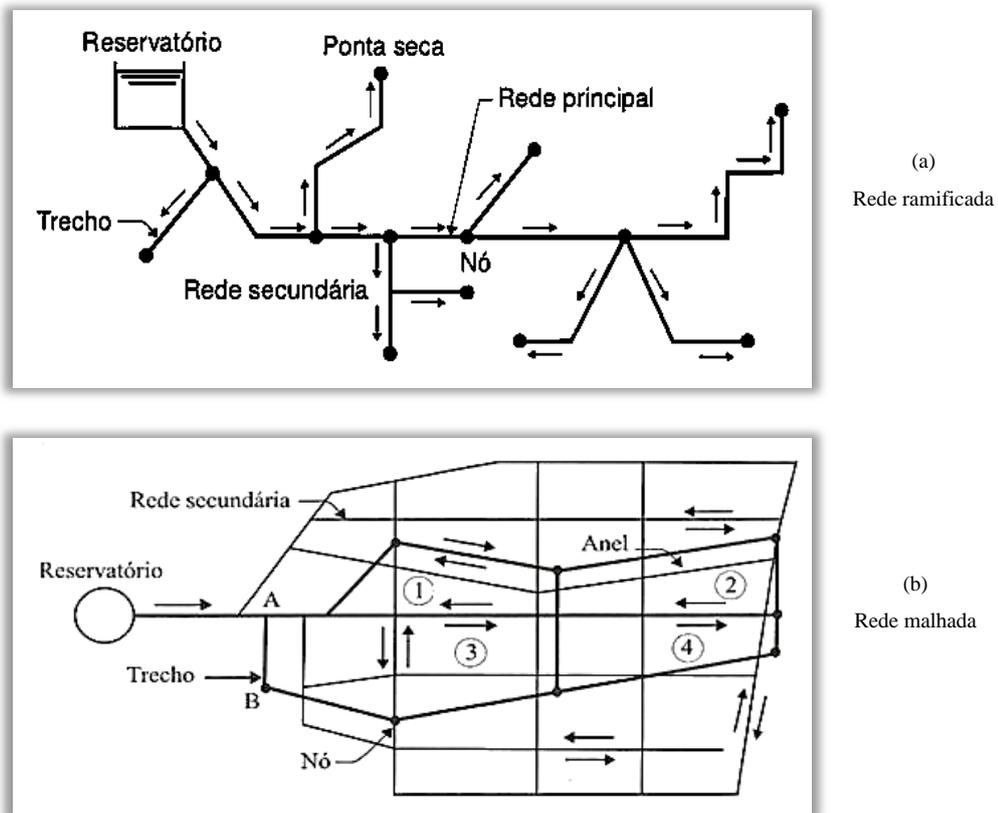
O sistema de distribuição de água interliga as extremidades entre os reservatórios de distribuição e os pontos de consumo na cidade, dentre estes se incluem: os domicílios, hidrantes contra incêndio, chafarizes e etc. O abastecimento de água pode ser via uma ou múltiplas redes de distribuição, devendo-se manter a qualidade, vazão e pressão satisfatórias ao consumidor. A rede tubular para distribuição, dependendo da configuração do sistema, poderá ter início logo após o processo de captação, comum nos poços artesianos, em casos particulares nas ETAs, adutoras, subadutoras e/ou reservatórios (GOMES, 2002).

Outra característica das redes de distribuição está no sentido de escoamento da água. As redes ramificadas apresentam um comportamento de sentido único para o escoamento do abastecimento, conforme Figura 4a. Sendo, o custo de implantação menor seu diferencial, além de dificultar a manutenção, pois a execução de reparos interrompe o fornecimento de água aos trechos a jusante. Em decorrência de sua configuração física ramificada esta apresenta trechos de extremidade estagnada, com implicações em sedimentação de detritos e comprometimento da qualidade do serviço de abastecimento de água. Dentro desta peculiaridade, Bezerra e Cheung (2013) explicitam que, o emprego deste tipo de rede tem sido descartado em locais onde o abastecimento de água não pode sofrer paralisações, como nos centros urbanos de médio e grande porte. Ressaltam ainda, que as redes ramificadas são empregadas principalmente no abastecimento de pequenas comunidades e condomínios horizontais.

Ao passo que, a Figura 4b exemplifica sobre as redes malhadas, Bezerra e Cheung (2013, p. 24) descrevem-nas a seguir:

[...] apresentam os seus trechos interligados em forma de malhas, fazendo com que o sentido do escoamento mude de acordo com a demanda nos nós e condições de operação. Por este motivo o dimensionamento de uma rede malhada é mais complexo. Na prática, a rede mista é a mais utilizada e apresenta um traçado malhado para os trechos principais e traçados ramificados nos trechos secundários.

Figura 4 – Diagramas das redes de distribuição dispostas pelo traçado malhada e ramificada – Fonte: Elaboração adaptada (Google, 2015)



As malhas distribuidoras de água são equipamentos compostos, não apenas de tubos e conexões, incluem-se válvulas de manobra, ventosas, descarga e hidrantes. Assim como, registros de controle em pontos de junção de setores, deste modo tornando possíveis as intervenções de manutenção e/ou manobras de controle em trechos específicos. Para tanto, válvulas de descarga devem ser previstas, nos níveis mais baixos da topologia da rede, com a finalidade de esgotar a água das tubulações.

O monitoramento do nível de pressão da água, nas redes de distribuição, está correlacionado aos indicadores de economia de água e energia elétrica. Identificar e corrigir os pontos de perdas de água no SAA, com especial foco nas redes de distribuição, são ações de eficiência hidroenergéticas (BAHIA, 2004).

4 Características do consumo de energia elétrica e o SAA em Manaus.

A Região Metropolitana de Manaus (RMM), segundo estimativas do IBGE (2013) e SEPLAN (2013), possui uma população estimada em 2.316.173 habitantes, sendo 1.982.179 habitantes (85,6%) residentes em Manaus – AM, sua extensão abrange sete outros municípios. A economia da RMM caracteriza-se por uma elevada concentração da atividade econômica em sua sede (renda, postos de trabalho, arrecadação de impostos, consumo de energia elétrica, consumo de água potável etc.). O clima equatorial quente úmido, com temperatura média anual de 26,7 °C caracterizam a região.

O município de Manaus, segundo a SEPLAN (2013), possui um PIB *per capita* de 27.846,0 reais/habitante, atingindo uma participação econômica de 94,1% em relação às economias dos outros municípios metropolitanos.

No que concerne à distribuição por setor econômico, SEPLAN (2014), ano base 2009, a região metropolitana em relação aos demais municípios detém 30,10% da agropecuária, 93,70% do setor industrial, 81,52% do setor de serviços e 97,20% dos impostos arrecadados no Estado do Amazonas são oriundos da referida região.

A extrema concentração econômica na sede do município de Manaus mostra o quão frágil é a economia do estado, a depender essencialmente do Polo Industrial de Manaus (PIM), implantado a partir dos anos de 1960, com a criação da Zona Franca de Manaus. Estes por sua vez, desencadearam um processo migratório populacional, com conseqüente ocupação desordenada do espaço urbano, pressionando a demanda por energia elétrica e o sistema de abastecimento de água.

Conforme dados da SEPLAN (2012), em relação à geração e consumo de energia elétrica Manaus, apresentou uma demanda elétrica máxima de 1,32 GWh/h, a Tabela 1, mostra a distribuição do número de consumidores e consumo ordenados por setor.

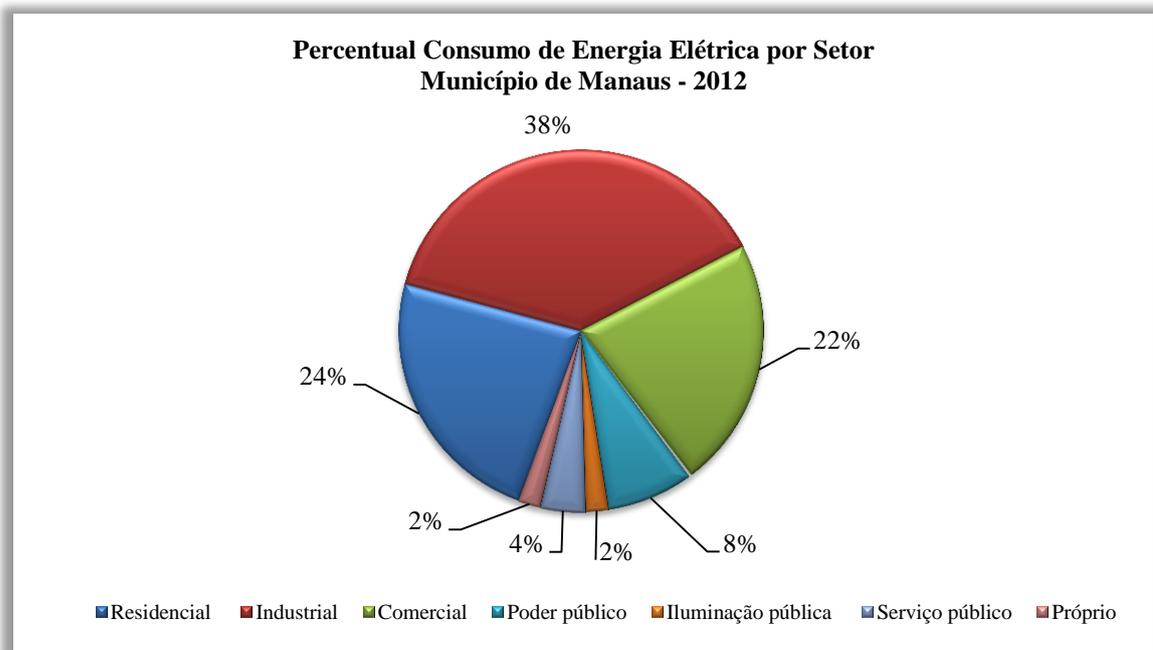
Tabela 1 – Perfil da distribuição do consumo de energia elétrica do município de Manaus – AM, ano base 2011/2012 – Fonte: Elaboração adaptada (SEPLAN, 2012)¹

| Setor econômico | Consumidores | Consumo (MWh) |
|--------------------|----------------|------------------|
| Industrial | 3.174 | 1.751.227 |
| Residencial | 656.878 | 1.088.107 |
| Comercial | 67.098 | 1.028.731 |
| Poder público | 7.986 | 356.091 |
| Serviço público | 918 | 182.126 |
| Próprio | 393 | 91.396 |
| Iluminação pública | 643 | 90.020 |
| Rural | 40.768 | 11.590 |
| Total | 777.858 | 4.599.288 |

¹ Dados fornecidos pela Eletrobrás Amazonas Energia

O Gráfico 1 apresenta o percentual de 38% do setor industrial em Manaus, este nível expressivo está associado ao consumo de energia elétrica pelo PIM.

Gráfico 1 – Distribuição do percentual de consumo elétrico por setor econômico em Manaus – Fonte: Elaboração adaptada (SEPLAN, 2013)



Os setores residencial e comercial tem 24% e 22% de participação no consumo de energia elétrica, conforme indica o Gráfico 1. Some-se a estes, a relação atrelada entre o

número de consumidores e a demanda por serviços. Visto quê, a sede no município de Manaus, adensa o maior percentual de habitantes do estado. Por certo, observa-se o percentual de 4% registrado para o setor de serviço de natureza pública. De todo, as participações das empresas operadoras do serviço de abastecimento de água, estão agregadas a este percentual de consumo. Assim como, os possíveis potenciais de eficiência energética, a serem levantados junto às unidades do SAA em Manaus.

A eficiência energética em sistemas de abastecimento de água mostra-se como uma grande oportunidade para redução de custos operacionais nas empresas do seguimento de saneamento.

É no contexto da eficiência energética e conservação da energia, que se desenvolveu a aplicação do projeto de pesquisa EFICIND. Dessa feita, sua finalidade visava à estimativa dos potenciais (técnicos, econômicos e de mercado) de eficiência energética dos setores industrial e de serviços, identificando as barreiras institucionais e tecnológicas existentes para sua consecução. Para os segmentos selecionados, foram propostas extensas metas que visavam quantificar as estimativas de potenciais futuros de eficiência energética. Assim, por sua vez, foram produzidas pelo desenvolvimento de projeções de demanda de energia, com a construção de cenários alternativos, dotados das tecnologias e processos atuais e/ou potencialmente emergentes.

O serviço de saneamento em Manaus é operado por uma empresa privada, que detem o contrato de concessão para operar o sistema de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto. A operadora é uma empresa de grande porte, atende uma população estimada em 1.982.179 habitantes, atua no fornecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto, opera com um quadro de pessoal em torno de 600 funcionários e possui faturamento acima de 300 milhões de reais.⁶

O SAA operado pela Manaus Ambiental S.A, possui três estações de tratamento de água e 170 poços de água subterrânea profundos em operação para o abastecimento de água da cidade de Manaus. A concessão do SAA é atendida pela unidade do CPPI³, que opera as ETA⁴ 1, ETA 2 e a unidade local Mauazinho, conforme indicam as Figuras 5 e 6. Além de atuar com mais de 165 CPAS⁵, que juntos teem uma produção média próxima à 21 milhões de m³ de água por mês.

³ Complexo de produção ponta do Ismael – CPPI

⁴ Estação de tratamento de água – ETA

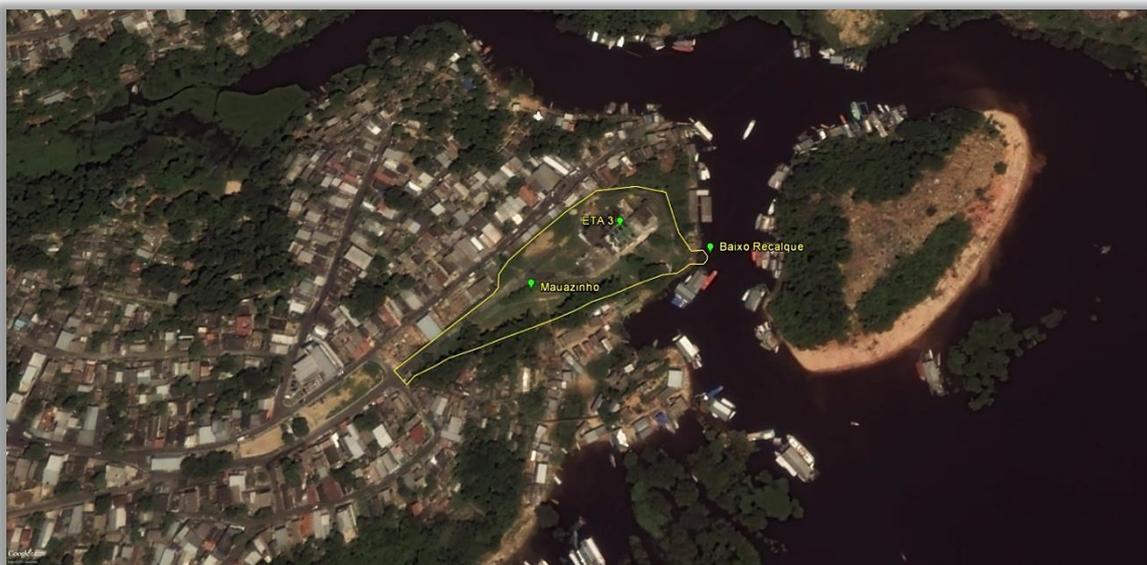
⁵ Centros de produção de água subterrânea – CPAS

Figura 5 – Vista aérea do perímetro do Complexo de Produção Ponta do Ismael (CPPI) – Fonte: Elaboração adaptada (Google Earth Pro, 2015)



É possível identificar pela Figura 5 a disposição física das principais unidades abrigadas no perímetro do CPPI. Observa-se, na direção sul ao CPPI, as duas unidades de captação de água bruta (Baixo recalque 1 e 2), assim como, as estações de tratamento (ETA 1 e 2) e as unidades de reservação para distribuição.

Figura 6 – Vista aérea do perímetro da unidade produtora de água (Mauazinho) – Fonte: Elaboração adaptada (Google Earth Pro, 2015)



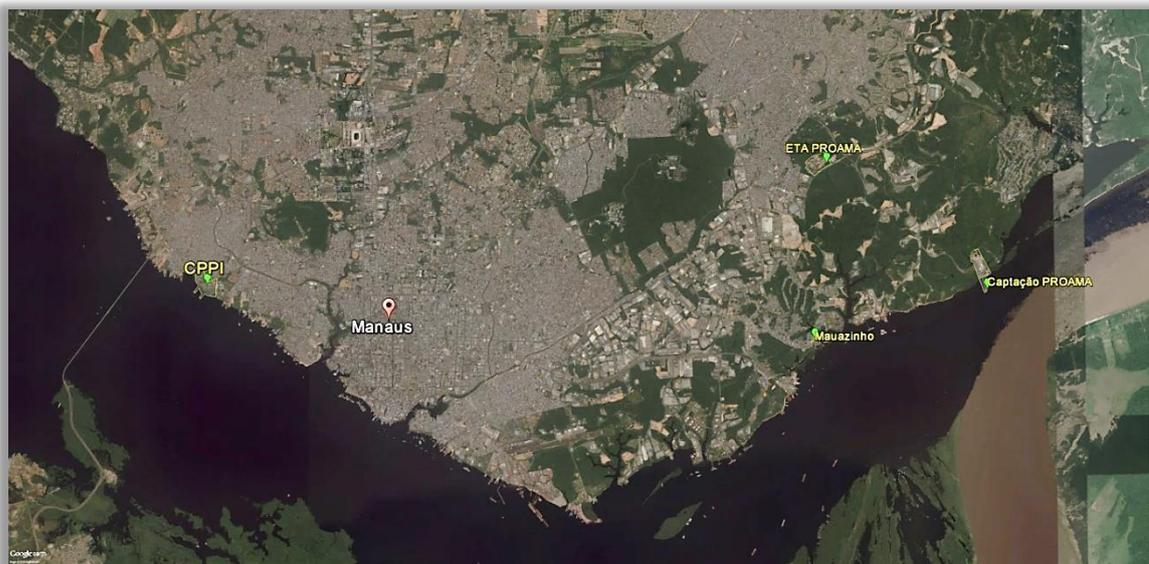
De forma semelhante, a Figura 6 possibilita a identificação no perímetro da unidade produtora de água Mauazinho, suas estações de tratamento (ETA – Mauazinho) e captação de

água bruta (Baixo recalque). Dessa feita, as Figuras 5 e 6 evidenciam a densa ocupação humana no entorno das unidades CPPI e Mauzinho.

O sistema de esgotamento sanitário operado pela concessionária possui uma extensão de 468 km de redes coletoras associadas a 52 estações de tratamento de esgoto e 30 elevatórias. O sistema se caracteriza por duas formas de abrangência: integrado e isolado. Sendo este, constituídos por vários sistemas dispostos ao longo de toda a cidade, como é o caso de alguns conjuntos habitacionais e condomínios residenciais. Enquanto aquele, integra o centro da cidade e partes dos bairros Educandos, Morro da Liberdade, Santa Luzia e adjacências, que é chamado de sistema integrado.

Quanto às características de produção a empresa concessionária do SAA⁶, opera duas plantas de captação e tratamento de água superficial – Rio Negro – utilizando de forma complementar os centros de captação de água subterrânea. Sendo, a energia elétrica, o insumo matriz do sistema de produção e distribuição de água potável. Vale ressaltar, que apartir do quarto quadrimestre de 2013, o SAA passou a dispor da operacionalização na zona leste de Manaus do PROAMA, que consiste em um novo complexo de captação e tratamento de água, operado pela COSAMA e a distribuição de água compartilhada com a rede da concessionária Manaus Ambiental. A Figura 7 apresenta a localização das unidades de captação (manancial superficial de água) e tratamento de água.

Figura 7 – Vista aérea da localização geográfica das unidades CPPI, Mauzinho e PROAMA – Fonte: Elaboração adaptada (Google Earth Pro, 2015)



⁶ Sistema de abastecimento de água - SAA

A unidade produtora CPPI é a mais representatividade do SAA. Localizada na zona centro-oeste, concentra duas estações de tratamento que operam por decantação e/ou flotação, abriga os centros de manutenção e controle operacional, almoxarifado e atividades administrativas e comerciais. Possui uma subestação elétrica redutora de tensão de 69 KV para 13,8 KV, cuja tensão é distribuída para as subestações menores alimentarem as unidades de captação Baixo 1 e 2, que operam em 440 KV e 6,6 V, estando nestas duas unidades os maiores registros de consumo de energia elétrica. As demais unidades que compõem o sistema de produção: estação de flotação, lavagem de filtros, casa de química e reservação operam entre as tensões de 220 V e 440 V.

A unidade produtora Mauazinho, atua como suporte auxiliar ao SAA, localizada na zona centro-sul, operando a partir de 1979, utiliza o sistema convencional de tratamento conforme indica a Figura 8 (filtros e decantação), possui um alcance de atendimento limitado, basicamente fornecendo água potável às unidades industriais do PIM e regiões no entorno próximos ao bairro do Mauazinho. Os sistemas de captação de água bruta, alto recalque, tratamento e auxiliares operam entre tensões de 220 V e 440 V.

Figura 8 – Sistemas de tanques e filtros da estação de tratamento do Mauazinho – Fonte: Elaboração própria, 2015



A Figura 9 mostra parte da estrutura de tratamento de água da ETA 1, estando em operação plena desde 1973. A Figura 10 mostra a posterior ampliação física do CPPI, passando a operar a estação ETA 2, a partir do segundo semestre de 1998.

Figura 9 – Sistemas de tanques e filtros da estação de tratamento ETA 1 do CPPI – Fonte: Elaboração própria, 2015



Assim sendo, as duas estações possuem projetos de engenharia com características peculiares: ETA 1 é uma estação do tipo convencional, funciona com a tecnologia de tratamento em ciclo completo, possui unidade de mistura rápida, 6 floculadores, 6 decantadores, 16 filtros de camada dupla (areia e antracito), que antecedem o condicionamento final por meio da cloração para desinfecção; ETA 2 opera por processos equivalentes aos anteriores, diferindo-se pela substituição da estação de decantação por flotação, o que torna o processo de tratamento mais eficiente. A produção média de água tratada nas três estações gira em torno de 526 mil m³/dia e sua capacidade total máxima pode atingir valores próximos à 668 mil m³/dia.

Figura 10 - Sistemas de flotação, tanques e filtros da estação de tratamento ETA 2 do CPPI – Fonte: Elaboração própria, 2015



5 Aspectos do consumo de energia elétrica no seguimento de serviços.

Os países desenvolvidos são historicamente os maiores consumidores mundiais de energia elétrica. Conforme delinea ANEEL⁷ (2008, p. 41), ao longo das últimas décadas, sua participação no total mundial tem decrescido. Essa nuance pode ser explicada pela estrutura tecnológica, econômica e social desses países. Caracterizadas por uma economia relativamente estável, em que não há espaço para aumentos acentuados na produção industrial, no consumo de bens e serviços, que pressionam a absorção de energia. Nestas sociedades, a produção industrial, tende a utilizar, com maior frequência, equipamentos energeticamente mais eficientes. Assim, ao longo dos processos produtivos, passaram a requerer um menor potencial de energia para sua operação. Relegando aos países em desenvolvimento, a realização de atividades que consomem muita energia – siderurgia e produção de alumínio – desse modo, suas variações no consumo de energia, são estáveis, e ou decrescentes.

Porém, os países em desenvolvimento estão mais sujeitos a bruscas reversões e variações de tendências na economia, seja pela política econômica interna restritiva, seja pela grande dependência do capital internacional, dado o pequeno volume de poupança interna. Além disso, esses países costumam apresentar variações do consumo de energia bem mais acentuadas que o crescimento do PIB em função de fatores como a existência de grande número de indústrias energointensivas, demanda reprimida por eletrodomésticos, eletroeletrônicos e automóveis, e existência de uma forte economia informal (ANEEL, 2008, p. 42).

O setor de serviços internacional tem o uso final – consumo estacionário de energia – concentrado em sistemas de condicionamento ambiental, refrigeração, iluminação, aquecimento de água, equipamentos para o funcionamento e manutenção dos edifícios nos quais estão instaladas as empresas ou instituições.

As perspectivas e projeções divulgadas pela EIA⁸ (2013), pode-se verificar que o panorama mundial do consumo de energia no setor de serviços é ascendente, a uma taxa média anual de 1,8%, projetado para o período 2010/2040. Observa-se disposto na Tabela 2, as projeções para o consumo mundial.

⁷ Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

⁸ U.S. Energy Information Administration – EIA.

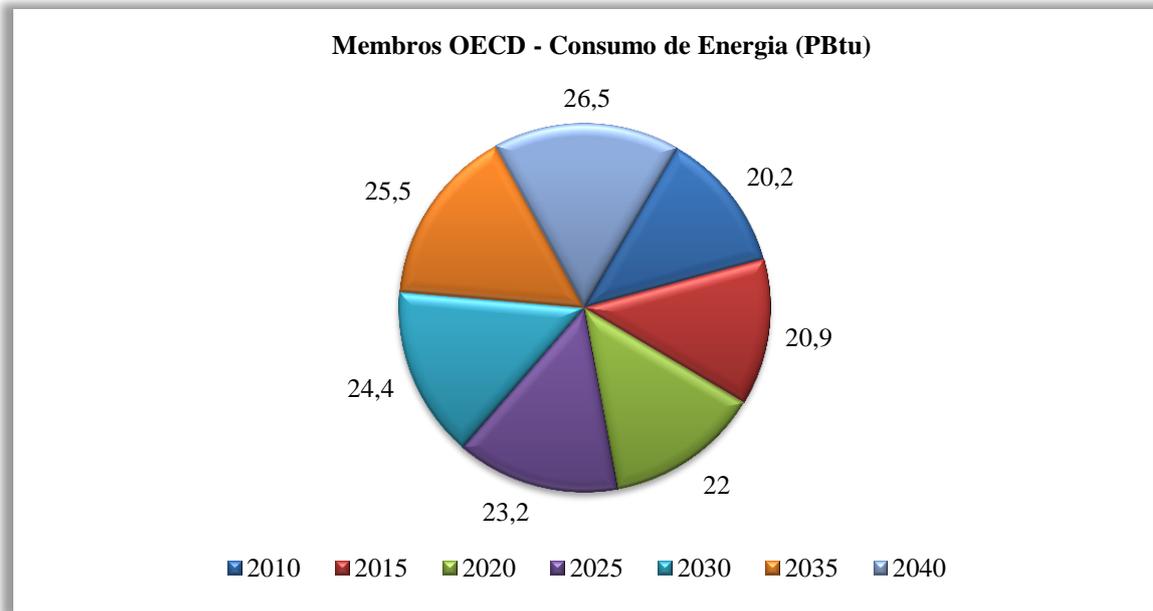
Tabela 2 – Consumo mundial de energia no setor de serviços distribuído por região em (PBtu) – Fonte: Elaboração adaptadaa (EIA, 2013)

| Região | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | Variação média anual 2010 – 2040 (%) |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------------------|
| Membros OECD | 20,2 | 20,9 | 22,0 | 23,2 | 24,4 | 25,5 | 26,5 | 0,9 |
| América do Norte | 9,8 | 10,1 | 10,5 | 10,9 | 11,5 | 12,0 | 12,6 | 0,8 |
| Europa | 6,5 | 6,9 | 7,4 | 7,8 | 8,3 | 8,6 | 9,0 | 1,1 |
| Ásia | 3,9 | 3,9 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 5,0 | 0,8 |
| Não Membros OECD | 8,8 | 9,9 | 11,7 | 13,9 | 16,5 | 19,4 | 22,5 | 3,2 |
| Europa e Eurásia | 2,2 | 2,3 | 2,5 | 2,8 | 3,1 | 3,5 | 3,8 | 1,8 |
| Ásia | 4,2 | 4,9 | 6,0 | 7,4 | 9,1 | 11,0 | 13,1 | 3,9 |
| Oriente Médio | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 2,4 |
| África | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 3,5 |
| América Central | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,4 | 3,1 |
| América do Sul | | | | | | | | |
| Totalização Mundial | 28,9 | 30,8 | 33,6 | 37,1 | 40,9 | 44,8 | 49,0 | 1,8 |

Entre os países desenvolvidos – membros da OECD⁹ – e os em desenvolvimento – não membros da OECD – expressam perspectivas diferenciadas na variação do consumo no período 2010 a 2040.

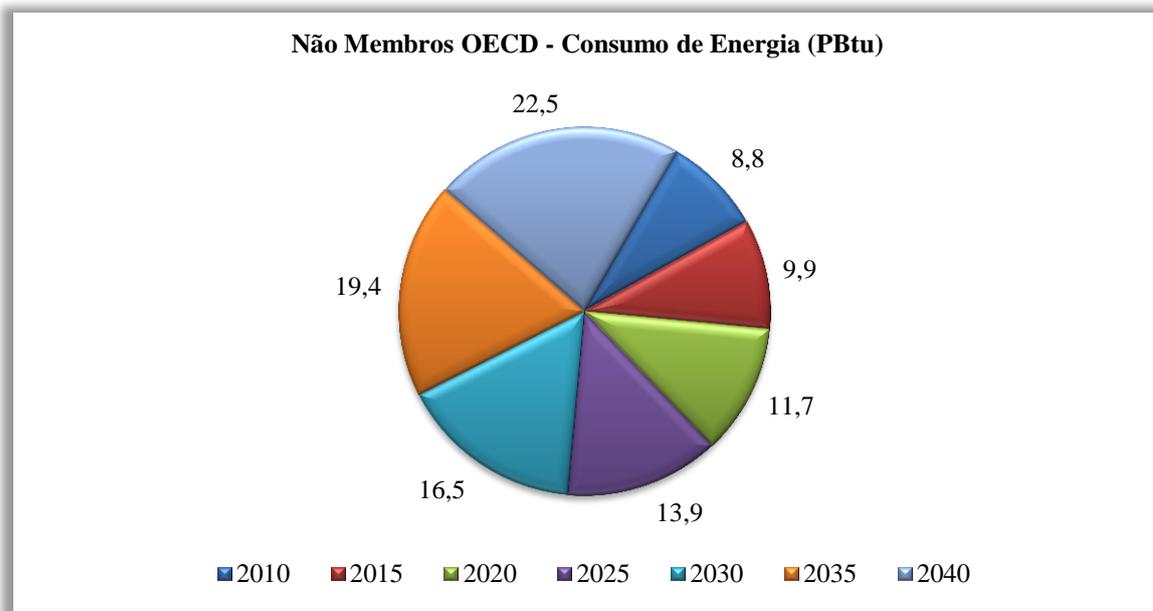
⁹ Organization for Economic Cooperation and Development – Os países da OCDE citados pela EIA são: Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, República Tcheca, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Itália, Japão, Coréia, Luxemburgo, México, Países Baixos, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, República Eslovaca, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia, Reino Unido e Estados Unidos.

**Gráfico 2 – Distribuição da projeção do consumo mundial de energia no setor de serviços em PBtu –
Fonte: Elaboração adaptada (EIA, 2014)**



Observa-se, por meio do Gráfico 2, em sentido horário, a ocorrência de pouca amplitude da variação no consumo ao longo do período de projeções entre os membros da OECD.

**Gráfico 3 – Distribuição da projeção do consumo mundial de energia no setor de serviços em PBtu –
Fonte: Elaboração adaptada (EIA, 2014)**



Ao passo que, nota-se pelo Gráfico 3, em sentido horário, significativa variação crescente no consumo entre os países não membros da OECD.

A EIA (2013) ressalta que, o setor de serviços, nos países não membros da OECD, tiveram um significativo crescimento no consumo de energia, atingindo um percentual representativo de 30% do consumo mundial de energia comercial em 2010, com projeção de crescimento em 46% até 2040. Esta tendência está relacionada ao crescimento populacional e econômico, o que impulsiona a demanda por serviços de saúde, educação, lazer, alimentação, turismo e hospedagem. As análises do IEO2013 destacam que, cerca de 80% da população mundial, vivem em países em desenvolvimento – não membros da OECD – com taxas de crescimento populacional quase ao dobro dos países desenvolvidos – membros da OECD – tendo uma participação inferior a 50% do PIB¹⁰ mundial, com projeção de aumento entorno de 66% até 2040.

Outra ponderação da EIA (2013), está no fato da predominância mundial no uso final da energia elétrica sobre outras formas de energia pelo setor de serviços. Tendo por base as informações de 2010, a agência corrobora os níveis de 51% em participação da energia elétrica na totalização do consumo de energia mundial. Evidencia uma tendência de 64% de crescimento ao final do período entre 2010 e 2040. Por fim, apresenta níveis percentuais para o conjunto eletricidade e gás natural, sendo estes os dois principais energéticos da matriz energética do setor de serviços internacional. Os quais, tem uma variação em percentuais consolidados de 80% no consumo total mundial em 2010 e projeção em torno de 89% até 2040.

As quantificações para o uso da energia elétrica pelos membros da OECD crescerá de 10,4 PBtu \approx 3.048 TWh para 15,7 PBtu \approx 4.601 TWh. Ao passo que, o consumo de energia elétrica nos países não membros da OECD, ascenderá de 4,3 PBtu \approx 1.260 TWh para 15,4 PBtu \approx 4.513 TWh, revelando as peculiaridades no consumo desta forma de energia entre esses países (EIA, 2013).

Um comparativo entre o consumo total de energia no setor comercial dos países americanos membros da OECD, indica uma distinção singular. As informações dos níveis de consumo descritos no IEO 2013, para o setor de serviços dos EUA, mostram ser, oito vezes maior em relação ao Canadá e quarenta vezes maior ao consumo de México e Chile. A energia elétrica é o insumo predominante no consumo de energia no setor de serviços americano da OECD, com participação de 50% no consumo de energia comercial consolidado em 2010. As projeções para 2040 indicam uma participação acima de 80% da eletricidade no setor comercial de México e Chile.

¹⁰ Produto Interno Bruto - PIB

Entretanto, o relato da EIA (2013, p. 120) em termos do consumo de gás natural para EUA e Canadá tendem a manter um percentual de consumo no setor de serviços inferior à 63%. Em relação às projeções para o período entre 2010 e 2040, o gás natural tenderá a suprir um terço da energia do setor comercial dos EUA e Canadá e em percentual inferior a 8% entre México e Chile, em virtude da limitação de acesso desta fonte de energia.

Os países da América Central e América do Sul, apresentam indicadores de consumo de energia no setor de serviços, com aumento médio mundial em torno de 1,8% ao ano, no período entre 2010 e 2040.

O Brasil possui a maior econômica entre os países centro-americanos e sul-americanos, por conseguinte seu setor de serviços detem o maior consumo de energia. Segundo dados da EIA (2013, p. 123), o consumo do setor de serviços brasileiro está próximo a 0,5 PBtu de energia, equivalendo ao somatório da demanda total por energia dos setores de serviço dos demais países latino-americanos. Por fim, o setor de serviços no Brasil, tem na eletricidade sua principal fonte, atingindo um percentual acima de 90%, ano base 2010, do consumo de energia do setor.

O censo demográfico de 2010 estimou a população brasileira em torno de 190 milhões de habitantes. Posteriormente, o IBGE¹¹ realiza atualizações por base em projeções, que para o ano de 2014, indicaram uma população superior aos 202 milhões de habitantes. Este contingente humano demanda por serviços de energia elétrica, estando com média de 97,8% dos domicílios brasileiros atendidos.

Em áreas urbanas a cobertura atinge 99,1%, ao passo que, em áreas rurais a cobertura cai para 89,7%. Ocorrências de situações extremas na região Norte, donde 24,1% dos domicílios rurais não possuíam energia elétrica. Some-se a isto, as áreas rurais do Nordeste com 7,4% e Centro-Oeste com 6,8% (IBGE, 2012).

Ao passo que, considerando o acesso à energia elétrica, por meio das companhias de distribuição elétrica, o levantamento mostrou que, com exceção das áreas rurais da região Norte, onde apenas 61,5% dos domicílios tinham energia elétrica, as demais regiões apresentaram uma cobertura acima de 90%, variando de 90,5% no Centro-Oeste rural a 99,5% nas áreas urbanas da região Sul (IBGE, 2012).

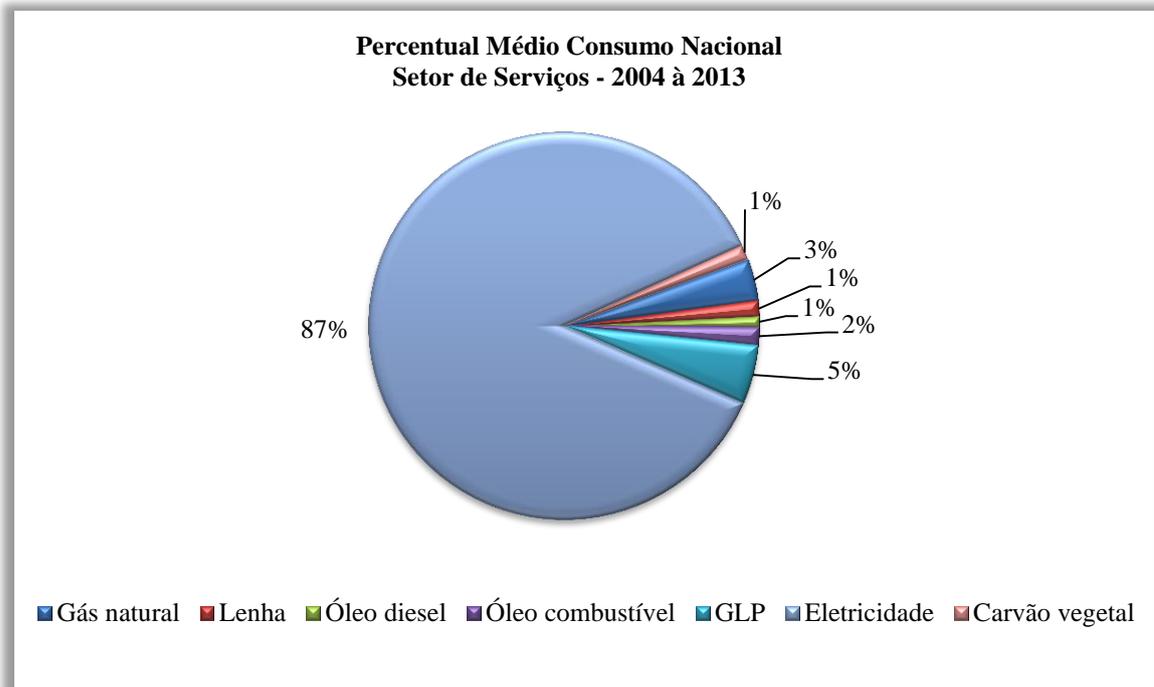
Segundo dados do BEN¹² 2014, ano base 2013, ao longo dos últimos dez anos, o consumo de energia elétrica no setor de serviços, variou de 83,0% a 90,0% no período 2004 à

¹¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

¹² Balanço Energético Nacional 2014.

2013. O Gráfico 4 dispõe sobre os dados do BEN 2014, referente ao consumo de energéticos pelo setor de serviços.

Gráfico 4 – Distribuição do percentual médio consumo nacional do setor de serviços – Fonte: Elaboração adaptada (EPE, 2014)



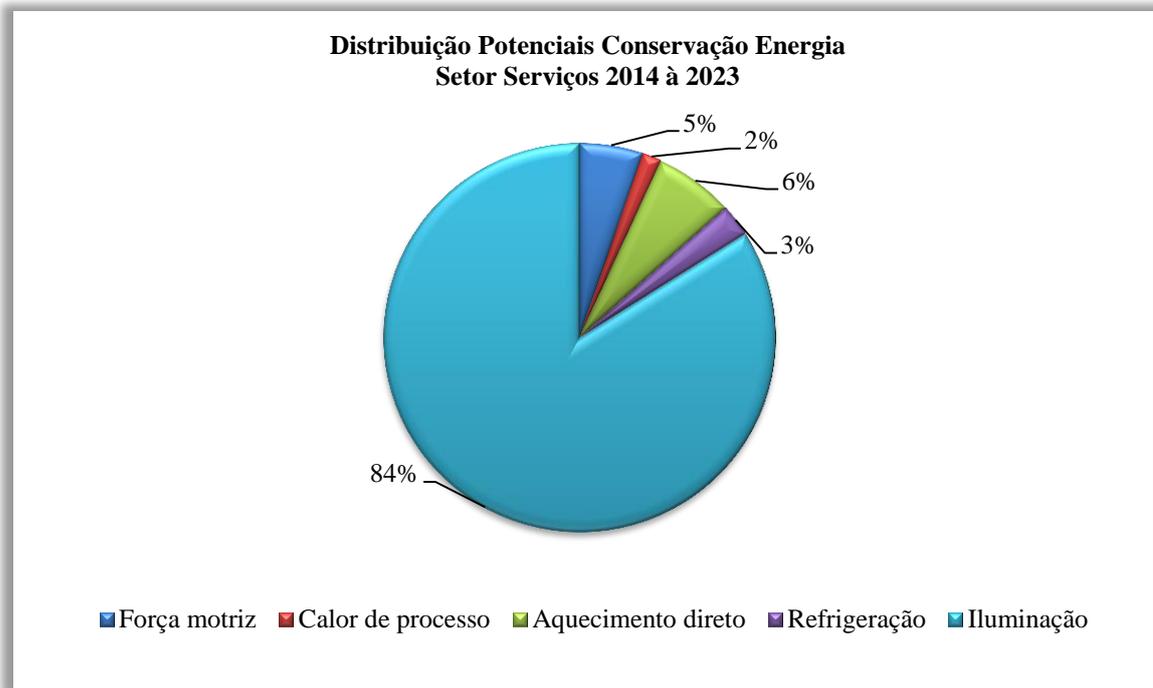
Nota-se, por meio dos valores médios dispostos pelo Gráfico 4, o ressaltado da participação impactante característica da energia elétrica sobre as demais fontes no setor de serviços. Observando o percentual médio de 87,04% apresentado BEN 2014 para a série 2004 à 2013.

A análise dos potenciais de conservação de energia permite a identificação, segundo a EPE (2012, p. 10), de três perspectivas para ações em eficiência energética: técnica, econômica e mercado. O aspecto técnico não considera os custos ou qualquer limitação à adoção de novas tecnologias. Enquanto, o econômico considera tão somente as ações que apresentam viabilidade econômica de implantação. Por fim, o aspecto de mercado analisam as ações cuja adoção traria redução de custos ao usuário.

O exame das informações, dispostas pela EPE (2014), quantificadas e sistematizadas no BEN 2014, ano base 2013, permitem estimar os potenciais de conservação de energia, aplicando os parâmetros técnicos de referência, ano base 2004, descritos no BEU¹³.

¹³ Balanço de Energia Útil – BEU

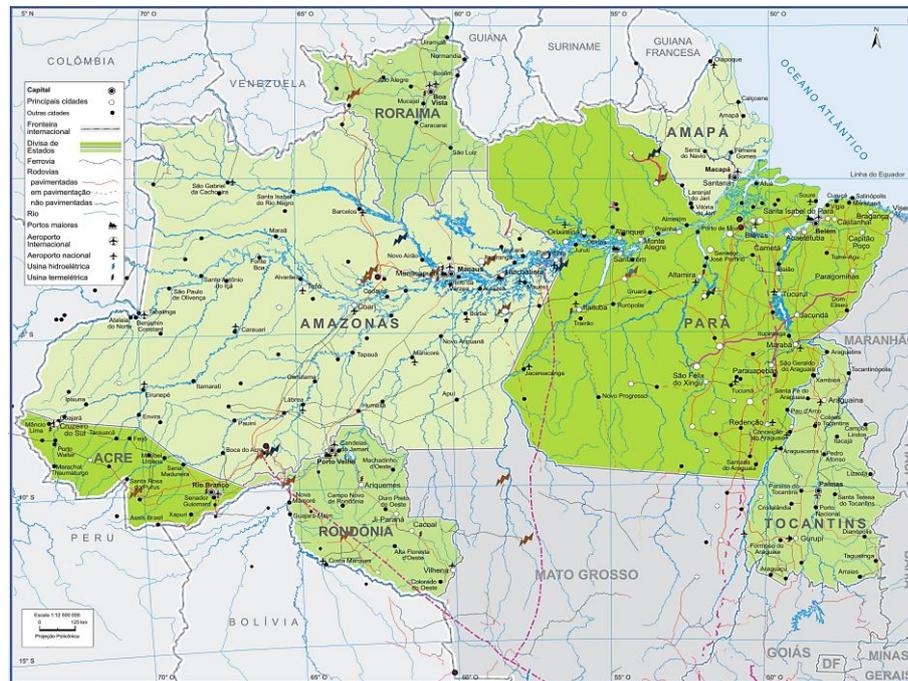
Gráfico 5 – Distribuição dos percentuais relacionados aos potenciais de conservação de energia no setor de serviços – Fonte: Elaboração adaptada (BEU/EPE, 2014).



No setor serviços os maiores potenciais de conservação estão quantificados e expostos pelo Gráfico 5. O potencial de conservação relacionado à força motriz condiz com as características de aplicação final da energia elétrica no seguimento de saneamento.

O censo demográfico 2010, realizado pelo IBGE, estimou em 8,4% a população brasileira abrigada na Região Norte, cuja área territorial corresponde a 45,3% do território nacional, conforme ilustra a Figura 11. Assim, corresponde a maior extensão territorial dentre as cinco regiões geográficas do Brasil.

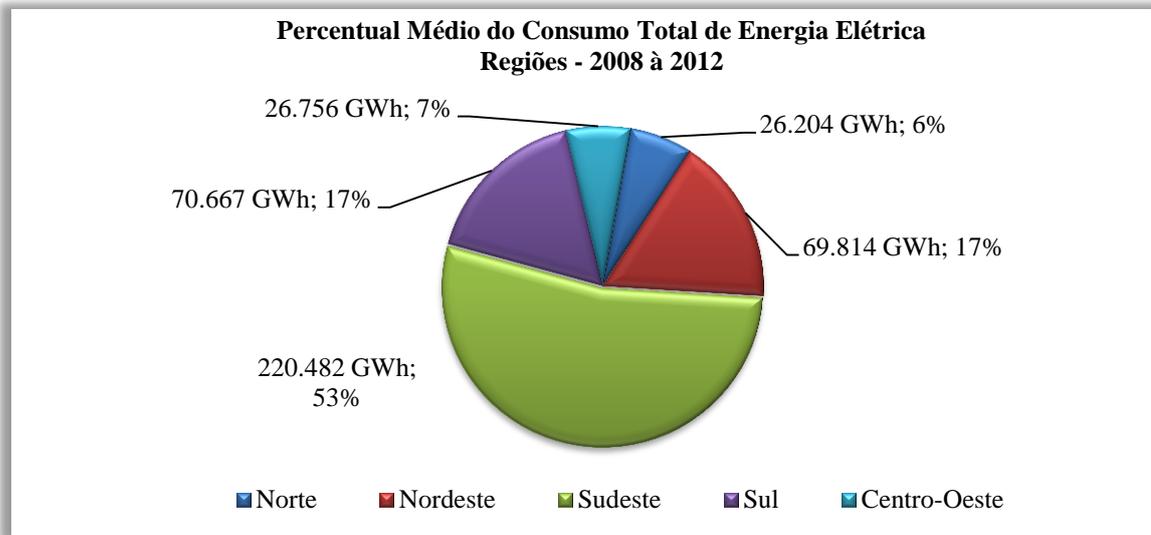
Figura 11 – Representação dos estados da Região Norte – Fonte: Elaboração adaptada (IBGE, 2010)



A energia elétrica consumida pela região esteve na ordem de 29.049 GWh, para uma população estimada em pouco mais de 16,34 milhões de habitantes, perfazendo um consumo de energia elétrica *per capita* de 1.778 kWh/ano, com uma totalização de clientes em 4,285 milhões, gerando um consumo total médio de 565,0 kWh/mês, dentre o total de clientes 3,512 milhões são residenciais, responsável por um consumo residencial médio 160,5 kWh/mês EPE (2012).

Segundo EPE (2013, p. 15), o crescimento do consumo de energia elétrica na rede no ano de 2012 foi liderado pelo setor de comércio e serviços (+7,9%) e residencial (+5,0%), que em conjunto representam 43% do total consumido.

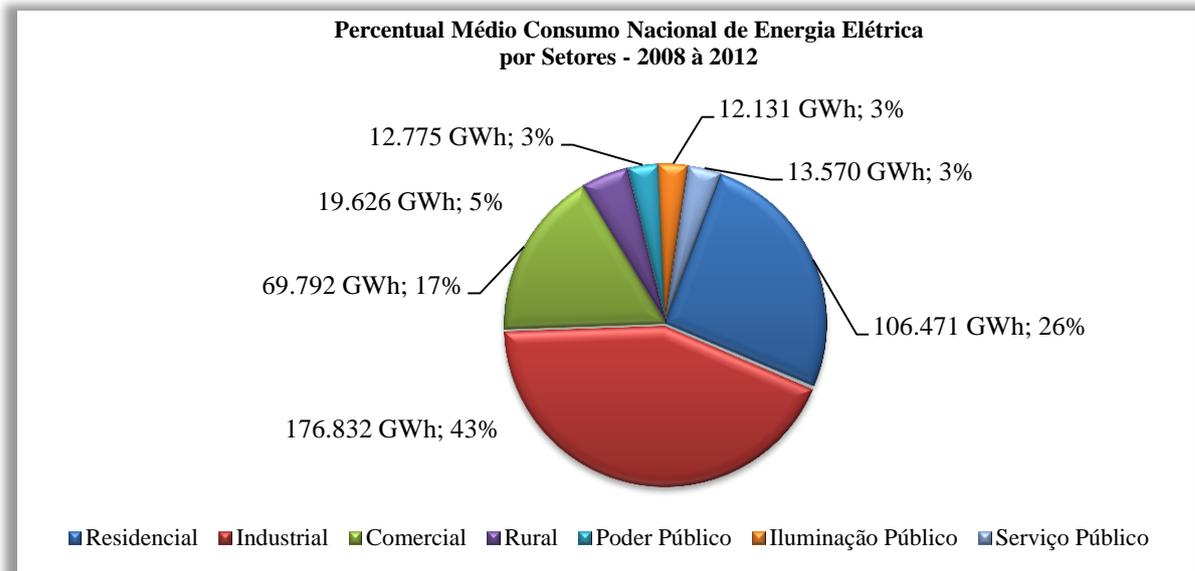
Gráfico 6 – Distribuição do percentual médio do consumo total de energia elétrica (GWh) por região geográfica do Brasil – Fonte: Elaboração adaptada (EPE, 2013)



Notas: Consumo cativo mais livre.

Observa-se, pelo Gráfico 6 que dentre as regiões geográficas brasileiras as regiões Sudeste e Norte contrastam pela maior e a menor participação no consumo elétrico nacional, densidade demográfica e nível de atividade econômica.

Gráfico 7 – Distribuição do percentual médio do consumo total de energia elétrica (GWh) setorial no Brasil – Fonte: Elaboração adaptada (EPE, 2013)

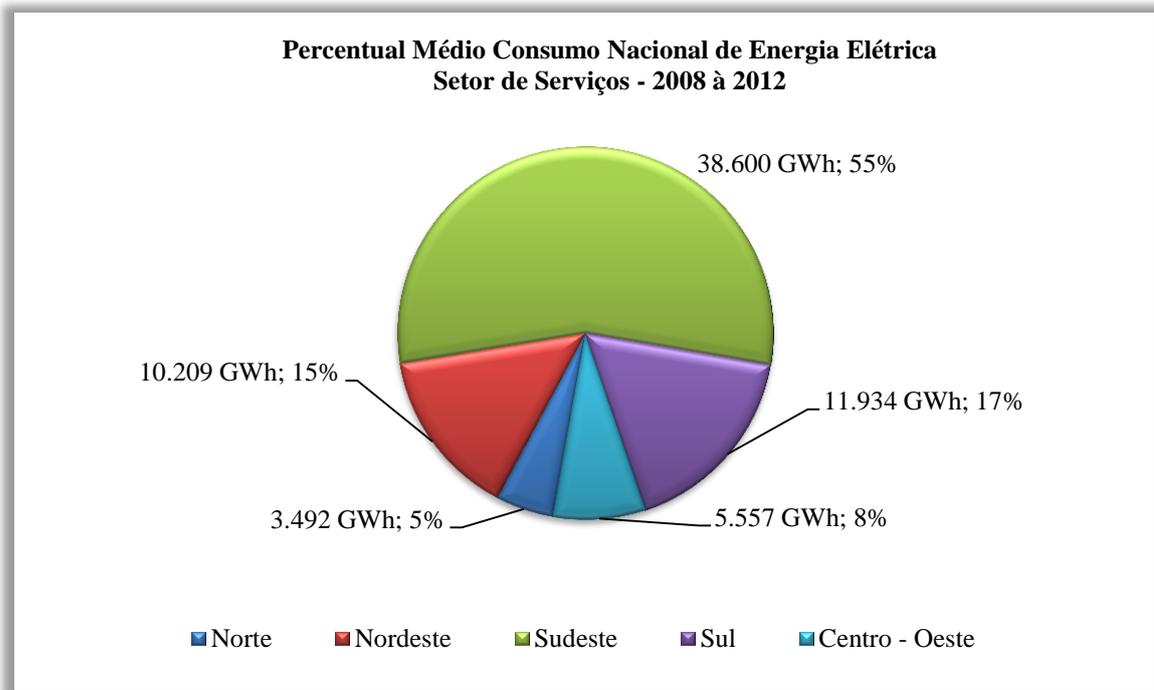


Nota: Consumo cativo mais livre.

Na relação de participação nacional por setor de consumo Gráfico 7, verifica-se que a indústria (43%) tem a maior representatividade, seguida pelo residencial (26%) e comercial (serviços) (17%), estes são os percentuais médios de consumo ao longo do período 2008 à

2012. Vale ressaltar, o percentual médio de 3% registrado no Gráfico 7 para o setor econômico de serviços públicos que engloba as empresas de saneamento e abastecimento de água.

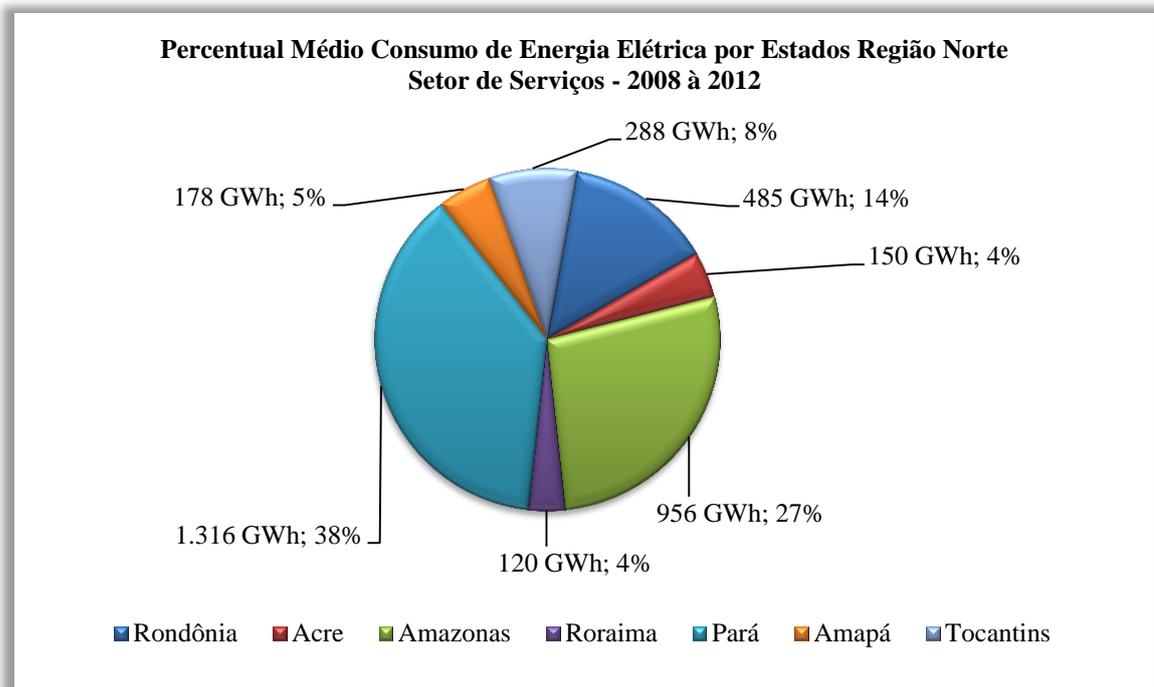
Gráfico 8 – Distribuição do percentual médio do consumo de energia elétrica (GWh) do setor de comércio e serviços por região geográfica – Fonte: Elaboração adaptada (EPE, 2013).



Nota: Consumo cativo mais livre; Elaboração adaptada.

Dentre o percentual médio do consumo nacional de 17% do setor de serviços, pode-se verificar pela estratificação do consumo por região geográfica Gráfico 8, a permanência do contraste extremo, observado anteriormente no Gráfico 6, entre as regiões Sudeste (55%) e Norte (5%) no consumo de energia elétrica.

Gráfico 9 – Distribuição do percentual médio do consumo de energia elétrica (GWh) do setor de serviços por estados da Região Norte – Fonte: Elaboração adaptada (EPE, 2013).



Nota: Consumo cativo mais livre.

Em relação ao consumo específico do setor de serviços em cada estado da Região Norte, tem-se em destaque Gráfico 9, os percentuais dos estados do Pará e Amazonas que juntos respondem por (65%) do consumo médio da regional.

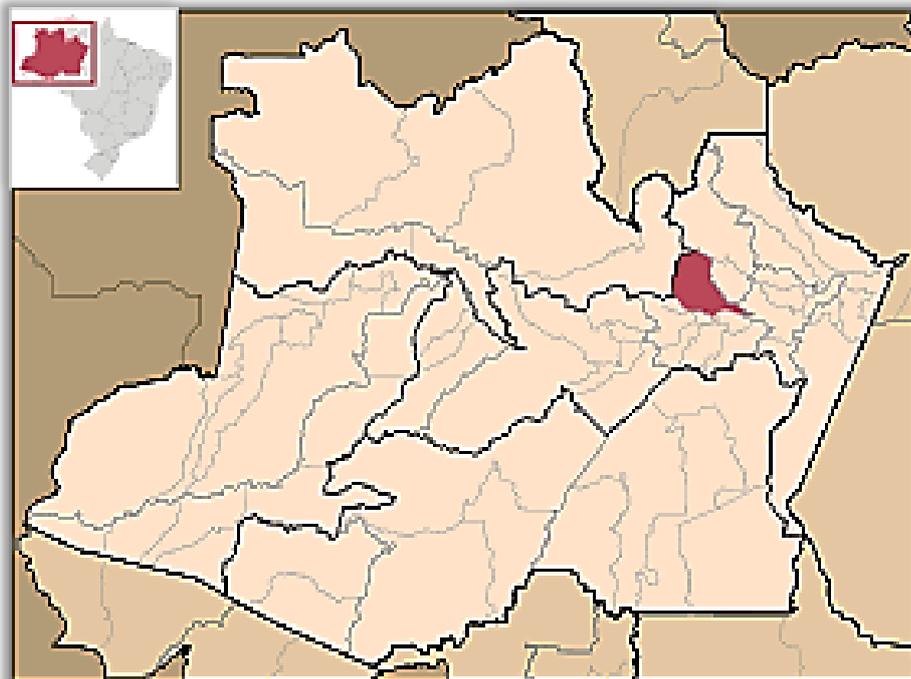
6 Levantamento do uso final da energia elétrica e indicadores de desempenho para eficiência energética

Os materiais e métodos identificam os meios pelos quais a pesquisa foi desenvolvida. Dentro desta linha, fez-se a localização e a abrangência desta pesquisa. Some-se a isto, a identificação dos indicadores associados ao desempenho do uso final da energia elétrica e a eficiência energética. No que concerne, estão aderentes aos recursos necessários à composição de um levantamento de potencial de eficiência energética. O estudo proposto foi concebido no âmbito do projeto de pesquisa EFICIND.

6.1 Localização e delimitação do campo de pesquisa

O trabalho foi desenvolvido sobre o SAA¹⁴ na cidade de Manaus – AM. O município está posicionado geograficamente á leste do estado do Amazonas, conforme Figura 12 ilustra.

Figura 12 – Localização do município de Manaus em relação ao estado do Amazonas – Fonte: Elaboração adaptada (IBGE, 2014).



A imagem de satélite da Figura 13 mostra a cidade de Manaus, à margem esquerda do Rio Negro, com fuso horário diferindo em uma hora a menos em relação ao horário oficial de Brasília e quatro horas a menos em relação ao Meridiano de Greenwich.

¹⁴ Sistema de Abastecimento de Água - SAA

Manaus surgiu na segunda metade do século XVII, com a construção do Forte de São José da Barra, na margem esquerda do Rio Negro, cuja finalidade era proteger a região contra a invasão estrangeira. Foi elevada a vila em 1832 com o nome de Vila da Barra, em 24 de outubro de 1848 e elevada à categoria de cidade com o nome de Cidade da Barra do Rio Negro. Somente em 04 de setembro de 1856, fora denominada de Manaus, em homenagem à nação indígena dos Manaós, o mais importante grupo étnico habitante da região (SEPLAN, 2013).

Figura 13 – Sede urbana do município de Manaus – AM – Fonte: (Google, 2014).



O estudo abrangeu as áreas atendidas pelo SAA na cidade de Manaus – AM, com direcionamento especial às unidades produtoras de água: CPPI¹⁵, Mauazinho¹⁶, CPAS¹⁷ e EEA¹⁸. As unidades inclusas a serem examinadas, estão sob a gestão da concessionária Manaus Ambiental S/A.

6.2 Etapas da pesquisa

A pesquisa coletou dados relacionados à produção de água e consumo de energia elétrica da concessionária Manaus Ambiental S/A, referente ao biênio 2013 e 2014. Assim como, utilizou as informações provenientes e delimitadas pelas ações desenvolvidas no projeto EFICIND.

¹⁵ Complexo de Produção da Ponta do Ismael - CPPI

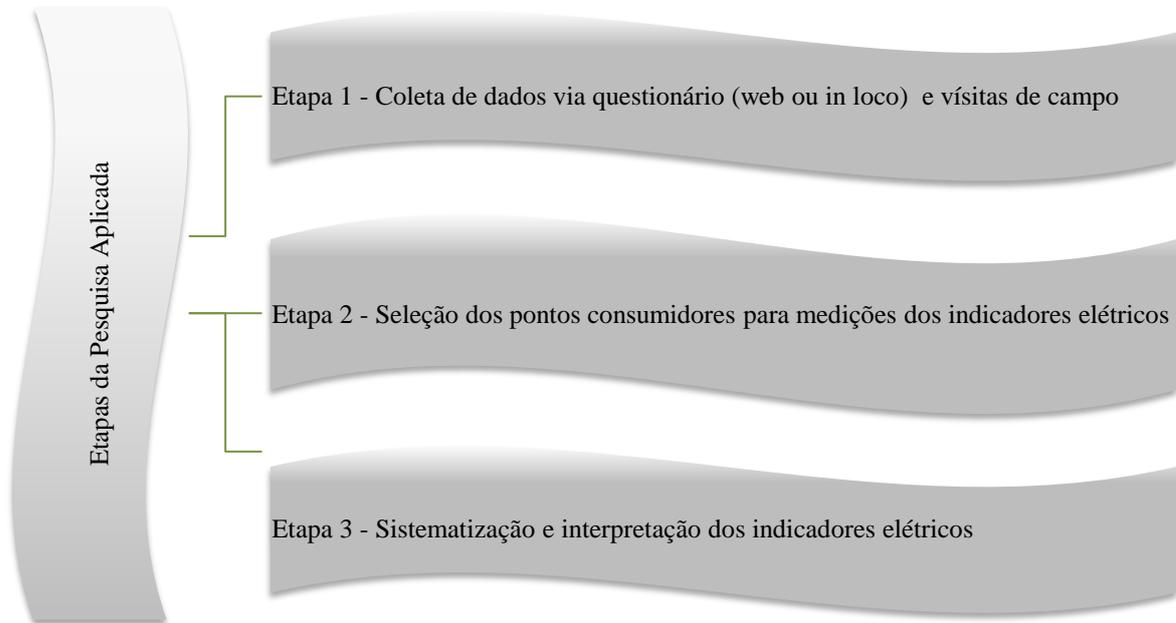
¹⁶ Estação de Tratamento de Água do Mauazinho – MAUAZINHO

¹⁷ Centro de produção de água subterrânea - CPAS

¹⁸ Estação elevatória de água - EEA

Este trabalho aborda o setor de serviços em convergência ao seguimento de saneamento. O Fluxograma 1 mostra a estruturação macro da pesquisa.

Fluxograma 1 – Etapas da pesquisa aplicada ao SAA de Manaus - AM – Fonte: Elaboração própria, 2015



6.2.1 Coleta de dados via questionário (web ou *in loco*) e visitas de campo

Nesta etapa foram realizados levantamentos de informações que caracterizaram o SAA na cidade de Manaus – AM, atentando ao aspecto do consumo de energia elétrica. As informações coletadas junto à concessionária Manaus Ambiental S/A: características gerais da empresa; descrição das instalações de captação, tratamento e elevatórias de água. Como referenda, a estratificação do perfil energético do seguimento de saneamento em Manaus – AM. Esta por sua vez, dar-se por meio de nove grupos de questões, que compõem a estrutura principal do questionário EFICIND para saneamento, descritos a seguir pelo Quadro 1:

Quadro 1 – Estrutura principal do questionário para saneamento – Fonte: Elaboração adaptada (NIPE/EFICIND).

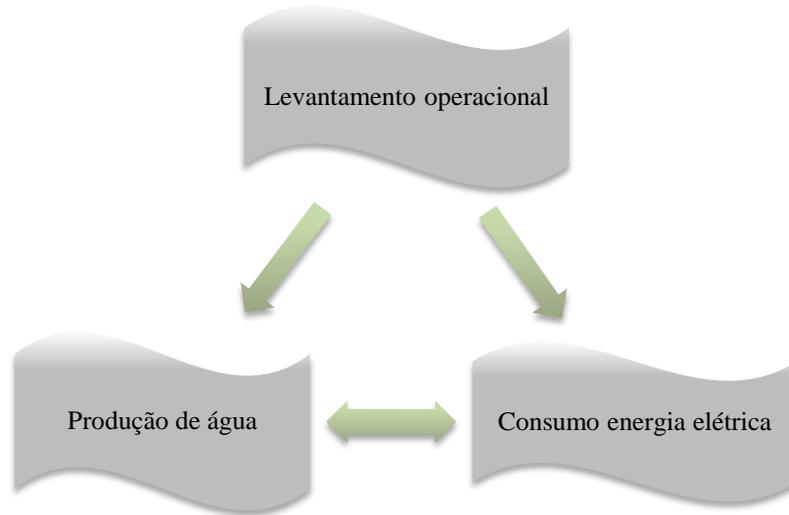
| QUESTIONÁRIO EFICIND Setor de Serviços | |
|---|---|
| Pré – Diagnóstico do Seguimento de Saneamento | 1. Informações da instituição; |
| | 2. Fornecimento de água potável; |
| | 3. Captação de água nos principais mananciais; |
| | 4. Estações de tratamento de água; |
| | 5. Estações de bombeamento e estações elevatórias; |
| | 6. Caracterização global de bombas na empresa; |
| | 7. Caracterização do sistema de controle nas estações de bombeamento; |
| | 8. Caracterização frota de veículos para serviços; |
| | 9. Estações de tratamento de esgoto; |
| | 10. Estações de bombeamento de esgoto; |
| | 11. Caracterização global de bombas na movimentação de esgoto; |
| | 12. Instalações prediais de escritório. |

O estudo identificou as oportunidades de potencial para eficiência energética no seguimento de saneamento em Manaus – AM. A pesquisa foi desenvolvida por meio da obtenção de dados das rotinas operacionais de produção de água e consumo de energia elétrica, com sistematização dos dados em tabelas e gráficos, possibilitando a interpretação e obtenção das informações necessárias à estimativa dos potenciais técnicos de eficiência energética.

Desta forma, executou-se uma pesquisa aplicada, com aspectos qualitativos e quantificação de informações para posterior aplicação.

A observação dos dados de operação da concessionária do SAA na cidade de Manaus – AM, com observância à rotina operacional do CPPI e unidades com maior representatividade no SAA. Assim, pôde-se estabelecer o contraste entre produção de água e consumo de energia elétrica, como indicado no Fluxograma 2, a seguir:

Fluxograma 2 – Levantamento operacional do SAA de Manaus – AM – Fonte: Elaboração própria, 2015



6.2.1.1 Levantamento operacional da produção de água no CPPI, Mauzinho, CPAS e EEA

Por meio das planilhas de controle operacional, relativas aos períodos de 2013 a 2014, questionário do projeto EFICIND e visitas de campo, determinou-se o volume (m³) produzido de água, sendo possível estimar a distribuição dos volumes em magnitudes: diária, mensal e anual. A totalização e agrupamento dos dados de produção para análise constituíram a representação de tabelas e gráficos.

6.2.1.2 Levantamento operacional do consumo e custo financeiro da energia elétrica no CPPI, Mauzinho, CPAS e EEA

De forma semelhante ao item anterior, por meio das planilhas e faturas de energia elétrica, relativas aos períodos de 2013 e 2014, questionário do projeto EFICIND e visitas de campo, determinou-se o consumo (KWh) e a demanda elétrica (KW). Assim como, os custos financeiros (R\$) relacionados à operação do CPPI, Mauzinho, CPAS e EEA. Dessa feita, foi possível estimar a distribuição do consumo elétrico em magnitudes: diária, mensal e anual. Por sua vez, os dados das planilhas e faturas de energia elétrica constituíram sua representação por meio de gráficos de linhas e tabelas para análise.

O acesso às informações de duas séries anuais, a expressividade dos níveis de consumo e demanda nas faturas de energia elétrica do CPPI, serviram de base para análise por meio do programa de simulação Mark IV Plus 2.0, disponibilizado pelo PROCEL, como ferramentas de auxílio em projetos de eficiência energética.

6.2.1.3 Levantamento das características elétricas nominais dos conjuntos motores-bombas no CPPI, Mauazinho, CPAS e EEA

As características elétricas dos conjuntos motores-bombas foram obtidas nas informações das planilhas de controle e levantamentos fotográficos das placas nominais dos motores elétricos. Por sua vez, associados à rotina operacional das unidades consumidoras, descritas no cerne do questionário do projeto EFICIND. Dessa forma, a significância no consumo de energia elétrica foi seletora para indicação dos pontos de medições elétricas.

6.2.2 Seleção dos pontos consumidores para medições dos indicadores de desempenhos elétricos

Considerando a captação de água bruta, estações de tratamento e elevatórias de água, como as unidades de maior significância no consumo de energia elétrica dentro do SAA em Manaus – AM, foram selecionados dez pontos para medições de grandezas físicas, associadas à qualidade da energia elétrica, conforme dispõe a Resolução Normativa nº 641/2014 – ANEEL no Módulo 8 do PRODIST¹⁹.

Dentre as unidades de maior consumo elétrico do CPPI, foram excluídas das medições os conjuntos motores-bombas das unidades de captação de água bruta (Baixo 1 e Baixo 2) e distribuição de água potável, que operam em regime de média tensão 6,6 KV. Sendo que, mediu-se apenas um conjunto motor-bomba da unidade baixo 1, cujo regime de operação se encontrava dentro da faixa de tensão de 440 V.

Portanto, os conjuntos de motores-bombas elétricos das unidades Mauazinho, CPAS e EEA, cujas tensões nominais de operação estejam acima de 440 V não foram incluídas nos pontos para medição.

6.2.2.1 Indicadores de desempenho analisados nas medições elétricas

As medições dos indicadores de desempenhos elétricos, realizadas no âmbito do projeto EFICIND, constituíram a base de informações disponibilizadas pelo NIEMA. Dessa feita, os relatórios com as análises de energia elétrica e os arquivos de dados contendo os registros coletados pelos analisadores, puderam ser aplicados na elaboração de tabelas e gráficos. Ao passo que, estes elementos de análise, auxiliaram no levantamento das oportunidades de potenciais para eficiência energética, nas rotinas de operação das unidades consumidoras.

¹⁹ Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional- PRODIST

As medições elétricas foram realizadas por uma empresa especializada em serviços de eletricidade, contratada pelo projeto EFICIND sob a orientação da equipe local de Manaus, que em trabalho conjunto, determinaram os melhores pontos de medição, atendendo aos objetivos da pesquisa. De todo feito, o serviço foi executado em conformidade com a Resolução Normativa nº 641/2014 da ANEEL que revisou o PRODIST²⁰.

O PRODIST instrumenta, normatiza e padroniza as rotinas técnicas interligadas à operação e desempenho nos sistemas de distribuição de energia elétrica. Sob este espectro, estabelece procedimentos técnicos relativos à qualidade da energia elétrica (QEE). Ao passo que, os aborda sobre o enfoque da qualidade do produto e qualidade do serviço prestado (ANEEL, 2014).

Os padrões relativos às performances dos indicadores de QEE descritos no módulo 8 do PRODIST, caracterizam os fenômenos relativos à conformidade de tensão em regime permanente. Assim como, as perturbações na forma de ondas de tensão. Portanto, os parâmetros e valores de referência delimitam a qualidade do produto. Do mesmo modo, a qualidade dos serviços prestados tem sua metodologia estabelecida para apuração dos indicadores de continuidade e intervalos de tempos para atendimento a ocorrências emergenciais, definindo padrões e responsabilidades (ANEEL, 2014).

O módulo 8 do PRODIST estabelece os limites técnicos, para avaliação do desequilíbrio de tensão, conforme indicação da Tabela 3, estabelece a classificação em três níveis: adequados, precários e críticos. Sendo estas, aplicadas aos níveis de tensão em regime permanente, observada a divergência entre o valor da tensão de leitura e a tensão de referência. Por sua vez, institui os indicadores individuais e coletivos de conformidade de tensão elétrica, os critérios de medição, os registros e os prazos para compensação ao consumidor. Caso se, as medições de tensão excedam os limites dos indicadores estabelecidos.

²⁰ Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST

Tabela 3 – Faixas de classificações e pontos de conexão em tensões nominais – Fonte: Elabora adaptada (ANNEL, 2015)

| Pontos de Conexão | Tensão de Atendimento (TA) | Faixa de variação da Tensão de Leitura (V) |
|---|----------------------------|--|
| Tensão nominal \leq a 1kV $\left(\frac{220V}{127V}\right)$ | Adequada | (202 \leq TL \leq 231) (117 \leq TL \leq 133) |
| | Precária | (191 \leq TL $<$ 202 ou 231 $<$ TL \leq 233) (110 \leq TL $<$ 117 ou 133 $<$ TL \leq 135) |
| | Crítica | (TL $<$ 191 ou TL $>$ 233) (TL $<$ 110 ou TL $>$ 135) |
| Tensão nominal \leq a 1kV $\left(\frac{380V}{220V}\right)$ | Adequada | (348 \leq TL \leq 396) (201 \leq TL \leq 231) |
| | Precária | (327 \leq TL $<$ 348 ou 396 $<$ TL \leq 403) (189 \leq TL $<$ 201 ou 231 $<$ TL \leq 233) |
| | Crítica | (TL $<$ 327 ou TL $>$ 403) (TL $<$ 189 ou TL $>$ 233) |
| Tensão nominal \leq a 1kV $\left(\frac{440V}{220V}\right)$ | Adequada | (405 \leq TL \leq 462) (202 \leq TL \leq 231) |
| | Precária | (383 \leq TL $<$ 405 ou 462 $<$ TL \leq 466) (191 \leq TL $<$ 202 ou 231 $<$ TL \leq 233) |
| | Crítica | (TL $<$ 383 ou TL $>$ 466) (TL $<$ 191 ou TL $>$ 233) |

Em síntese, o desequilíbrio de tensão é um fenômeno relacionado aos padrões trifásicos do sistema de distribuição, que sofrem alterações, em consequência de fatores físicos diversos, passíveis de atenuação e/ou correção. Some-se a isto, as características dos fenômenos de longa duração, ou regime permanente, incluírem as variações lentas nas amplitudes das tensões e variações nas formas de onda das tensões. Que por sua vez, originam os fenômenos de variação dos níveis de tensão, distorção harmônica de tensão e desequilíbrio de tensão.

As unidades consumidoras do SAA operam cargas por meio de sistemas e conjuntos de motores-bombas elétricos trifásicos, acionados por sistemas de partida: direta; compensada; inversor de frequência e *soft starter*. Decerto que, as plantas elétricas das unidades do SAA, são passíveis a ocorrência de causas comuns ao desequilíbrio de tensão: distribuição não linear de cargas monofásicas; fenômeno de impedância em conexões; avarias nos acionadores; banco de capacitores em desajuste e etc.

O aumento do custo financeiro com perdas de energia elétrica, a prematura redução na vida útil dos sistemas e motores elétricos, são as consequências mais expressivas do desequilíbrio de tensão. Dessa feita, no curto prazo, além dos prejuízos técnicos, financeiros e de produção, ocorre a deterioração do planejamento de longo prazo das concessionárias operadoras do SAA.

6.2.2.2 Analisador portátil de energia aplicado nas medições de campo

O analisador foi instalado em pontos específicos, junto às conexões do QGBT²¹ de distribuição da unidade consumidora. As medições efetuadas abrangeram todas as fases e/ou entre todas as fases e o neutro da instalação elétrica em análise.

O equipamento de medição utilizado permite aferir os valores de corrente elétrica sem a necessidade de corte nos condutores do circuito, pois utiliza cabos sensores do tipo alicate, conforme apresenta a Figura 14. Este analisador tem capacidade de precisão de 1% sobre o valor do menor passo de medição.

Figura 14 – Analisador portátil de energia modelo Power Net P600 utilizado nas medições – Fonte: Elaboração própria, 2015



Foram dispostas duas opções de intervalos de tempo para as medições. Visto que, a empresa encarregada das medições disponibilizou dois analisadores, parametrizados para medições a 60 s (a cada 1 min) e 300 s (a cada 5 min).

²¹ Quadro geral de baixa tensão - QGBT

Os dois analisadores de energia empregados nas atividades de campo estão adequados para monitoramento de cada fase de operação do sistema trifásico e para aferir as variações das grandezas físicas elétricas:

- Tensões;
- Corrente;
- Potência ativa;
- Potência aparente;
- Fator de potência;
- Harmônico de tensão;
- Harmônico de corrente;
- Frequência.

Os softwares controladores dos analisadores geram bancos de dados com arquivos no formato (.xls), podendo ser convertidos para leitura nas versões mais atuais das planilhas de Excel com arquivos (.xlsx). A versatilidade de formato permite a aplicação das ferramentas de análise estatística e plotagem de gráficos, disponibilizada pelo software Excel.

6.2.2.3 Levantamento do enquadramento tarifário da unidade CPPI

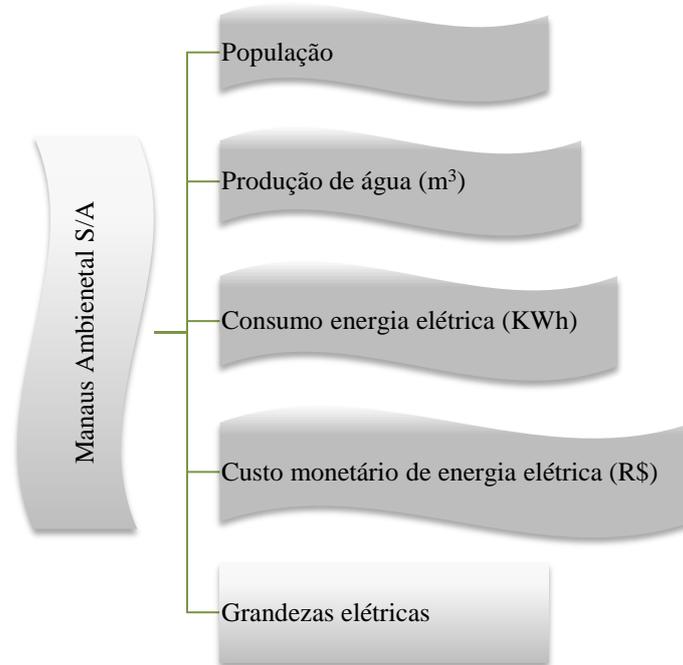
A caracterização do enquadramento tarifário é o primeiro passo na identificação da rotina operacional de uma unidade consumidora de energia elétrica. Uma peculiaridade do CPPI é a predominância de operação nominal em 6,6 KV de seus principais conjuntos de motores-bombas e sua participação primordial no SAA em Manaus. Assim sendo, esta unidade foi indicada para a análise de seu enquadramento tarifário. Pois, foi possível, durante as atividades de campo, a coleta de uma série de vinte e quatro faturas de energia elétrica. Tornando possível a aplicação do simulador– Mark IV Plus 2.0 – disponibilizado pelo PROCEL como ferramenta de análise para auxiliar em projetos de eficiência energética. Neste estudo, foi utilizado o módulo de análise do fornecimento de energia elétrica, composto por dois módulos: faturas e contrato de fornecimento.

6.2.3 Sistematização e interpretação dos indicadores de desempenho

As planilhas contendo dados da totalização do número de ligações de água, volumes produzidos (m^3), o consumo de energia elétrica (KWh) expressos em valor monetário, a totalização do custo financeiros de energia elétrica pagos pela concessionária Manaus Ambiental S/A, relativas aos períodos de 2013 e 2014 do CPPI, Mauzinho, CPAS e

EEA. O Fluxograma 3 mostra os elementos principais da composição dos indicadores de desempenho.

Fluxograma 3 – Elementos dos indicadores de desempenho – Fonte: Elaboração própria, 2015



6.2.3.1 Indicadores de desempenho do SAA identificados no questionário EFICIND

Os fatores de capacidade são indicadores que estabelecem a relação entre a capacidade em operação e a nominal ou operacional máxima. Assim como, as relações entre as participações percentuais de cada unidade consumidora pelo consumo elétrico total. Por fim, os indicadores de consumo específico aplicados aos volumes de água produzida, bombeada, esgoto coletado e/ou bombeado:

- Fator de capacidade na captação no CPPI, CPAS e Mauazinho;
- Fator de capacidade nas ETAS;
- Fator de capacidade nos CPAS;
- Relação percentual entre consumo de cada unidade consumidora pelo consumo total de energia elétrica;
- Consumo específico de energia de elétrica por volumes produzidos.

O questionário disponibilizado pelo projeto EFICIND, constitui um pré-diagnóstico dos indicadores do SAA em Manaus – AM. As informações retornadas pelas demandas do

questionário serviram de fonte base para o levantamento de possíveis potenciais de eficiência energética.

6.2.3.2 Relação entre consumo de energia elétrica e volume de água produzido: Fator de Carga – FC

O fator de carga é um indicador elétrico que caracteriza como as unidades consumidoras, ou conjunto de motores-bombas, aplicam ao uso final a energia elétrica contratada junto à distribuidora de energia. Este indicador tem magnitude oscilando entre 0 e 1, relacionando o consumo e a demanda máxima de energia entre um intervalo de tempo, convencionado à 730 h, o equivalente a um mês típico de um ano de 365 dias. Ao final de um ano comercial de prestação de serviços pela distribuidora de energia elétrica, são geradas doze faturas de energia para cada unidade consumidora do SAA. Podendo, cada unidade consumidora, em decorrência de sua demanda requisitada, ter enquadramento tarifário diferenciado: convencional e horo-sazonal verde ou azul. Assim, pode-se definir o fator de carga médio, sobre a média dos elementos consumo e demanda nas faturas de energia, pela Equação 1 tem-se:

$$FC_M = \frac{\text{consumo mensal médio (KWh)}}{\text{demanda mensal (KW)} \cdot 730(h)} \quad (1)$$

Para unidades consumidoras com enquadramento tarifário horo-sazonal verde, tem-se as Equações 2 e 3. Faz-se necessário identificar as frações correspondentes aos horários de ponta (66 h) e fora de ponta (664 h):

$$FC_{MP_{verde}} = \frac{\text{consumo mensal médio na ponta (KWh)}}{\text{demanda mensal (KW)} \cdot 66(h)} \quad (2)$$

$$FC_{MFP_{verde}} = \frac{\text{consumo mensal médio fora de ponta (KWh)}}{\text{demanda mensal (KW)} \cdot 664(h)} \quad (3)$$

Para unidades consumidoras com enquadramento tarifário horo-sazonal azul, tem-se as Equações 4 e 5:

$$FC_{MP_{azul}} = \frac{\text{consumo mensal médio na ponta (KWh)}}{\text{demanda mensal média na ponta (KW)} \cdot 66(h)} \quad (4)$$

$$FC_{MFP_{azul}} = \frac{\text{consumo mensal médio fora de ponta (KWh)}}{\text{demanda mensal média fora de ponta (KW)} \cdot 664(h)} \quad (5)$$

6.2.3.3 Relação entre consumo de energia elétrica e volume de água produzido: Consumo Específico – CE

Esta relação é determinada pela razão entre o consumo de energia elétrica e o volume da produção de água, conforme indicação da Equação 6. Os dados de base deste indicador foram extraídos das planilhas de controle operacional e consumo de energia elétrica da concessionária Manaus Ambiental S/A.

$$CE = \frac{\text{consumo energia elétrica (KWh)}}{\text{volume da produção de água (m}^3\text{)}} \quad (6)$$

6.2.3.4 Relação entre o custo monetário e o consumo de energia elétrica: Preço Médio de Energia Elétrica – PM_{EE}

Esta relação é determinada pela razão entre o custo mensal com energia elétrica e o consumo mensal de energia elétrica, conforme mostra a Equação 7. Os dados de base deste indicador foram extraídos das planilhas de controle operacional da concessionária Manaus Ambiental S/A.

$$PM_{EE} = \frac{\text{custo mensal com energia elétrica (R\$)}}{\text{consumo mensal de energia elétrica (KWh)}} \quad (7)$$

7 Resultados e discussões

As informações das rotinas operacionais, características físicas das instalações e níveis de consumo dos insumos energéticos, foram coletadas junto à concessionária do SAA em Manaus – AM, por meio do projeto EFICIND. Que por sua vez, mostraram a participação dos insumos energéticos na constituição da matriz energética do SAA.

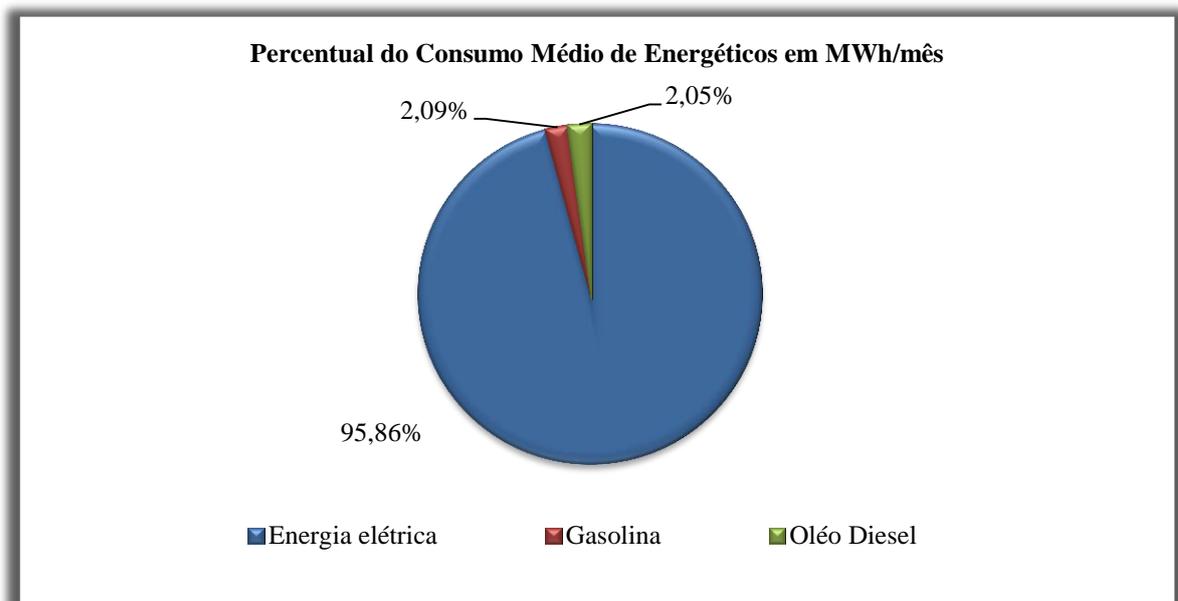
Assim, uma análise sobre seus usos finais, caracterizam os indicativos dos possíveis potenciais de eficiência energética. Dentro desta perspectiva, são apresentados os levantamentos dos indicadores de desempenho das unidades consumidoras do SAA, a seguir descritos:

7.1 Características da matriz energética do SAA em Manaus

As atividades operacionais da concessionária são alimentadas por três insumos energéticos básicos: eletricidade, gasolina e óleo Diesel. A energia elétrica representa 100% do insumo utilizado nos processos de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição de água. Ao passo que, gasolina e óleo Diesel são utilizados no transporte das equipes de manutenção, operações de controle e comercial, além de movimentar o maquinário auxiliador pesado (caminhões guincho e retroscavadeiras) nos serviços de intervenção no SAA.

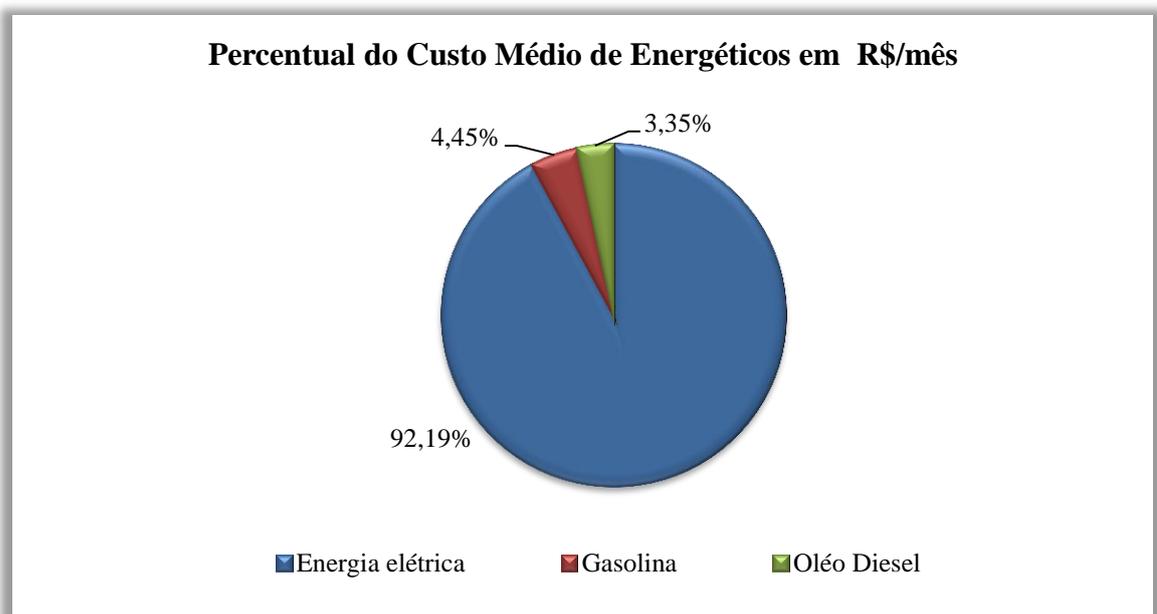
O Gráfico 10 mostra o consumo percentual por insumos energéticos que compõem a matriz energética, observa-se a predominância da energia elétrica sobre os demais ativos.

Gráfico 10 – Distribuição percentual do consumo médio de insumos energéticos em MWh/mês - Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015).



Em termos de custos monetários mensais, pode-se estimar a participação de cada energético, observando algumas considerações: o valor médio do custo da energia elétrica no ano de 2014 para a unidade consumidora CPPI; as relações de equivalência energética entre os insumos; os valores médios de R\$3,18/L para a gasolina e R\$2,69/L para o óleo Diesel, ambos praticados em junho de 2014. Desta feita, o Gráfico 11 mostra a distribuição da participação dos custos financeiros médios para os insumos energéticos consumidos pela concessionária.

Gráfico 11 – Distribuição dos percentuais de participação dos custos médios de energéticos em R\$/mês - Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



7.2 Características dos indicadores de desempenho do SAA em Manaus

Os dados de operação do SAA, na sede do município, indicaram a representatividade absoluta da unidade CPPI, frente à totalidade do sistema. No que concerne, a termos de amplitude na produção de água potável, demanda por energia elétrica e rotina operacional, contribui com significância no contraste entre os indicadores relacionados a seguir: população atendida; produção de água potável; coleta e tratamento de esgoto e consumo de energia elétrica, conforme resumo na Tabela 4.

Sobre a perspectiva das informações relacionadas à distribuição e faturamento dos volumes de água tratada, tem-se uma indicação clara do potencial para eficiência hidroenergética. Haja vista, o percentual de 24,56 % de água fatura em relação ao volume de água tratada distribuída pelo SAA de Manaus.

Tabela 4 – Relação de indicadores associados à população atendida pela concessionária do SAA – Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)

| Indicador | Desempenho |
|-------------------------------------|---------------------------|
| População atendida com água potável | 1.982.179 habitantes |
| Coleta e tratamento de esgoto | 92.505 habitantes |
| Esgoto coletado | 18.501 $\frac{m^3}{dia}$ |
| Cobertura esgoto coletado | 18 % |
| Água distribuída | 728.149 $\frac{m^3}{dia}$ |
| Água faturada | 178.814 $\frac{m^3}{dia}$ |
| Percentual de água faturada | 24,56 % |

Nota 1 – Os valores expressos sobrepostos, aos tons de azul nas Tabelas, foram obtidos por meio das análises das planilhas eletrônicas de controle;

Nota 2 – Os valores expressos sobrepostos, aos tons de vermelho nas Tabelas, foram obtidos por meio das análises dos dados do questionário EFICIND.

Por meio das observações de campo, ressalta-se que as instalações de escritório identificadas no questionário EFICIND, não possuem medição própria do consumo de energia elétrica, o que inviabiliza a determinação precisa de indicadores elétricos específicos para os setores: escritórios administrativos, centro de controle operacional, almoxarifado, manutenção e comerciais.

Entretanto, pôde ser estimada a relação entre área destinada aos escritórios pelo número médio de ocupantes (funcionários e clientes), registrou-se o valor de 5,36 m²/pessoa para as unidades abrigadas no CPPI.

Enquanto, o atendimento na coleta e tratamento de esgoto atingiu uma cobertura de 18%, equivalendo ao percentual de 4,67% de cobertura em relação à população atendida pelo serviço de água potável. Por sua vez, baixos percentuais de cobertura refletem em baixos índices nos indicadores do consumo de energia elétrica, relacionados ao esgotamento sanitário realizado pela concessionária. Em consequência, conforme sugere a Tabela 4, tem-se a possibilidade de reduzidos ganhos em potenciais de eficiência energética.

A Tabela 5 mostra em sua primeira metade, os indicadores de desempenhos associados aos fatores de capacidade nas etapas primordiais de captação e tratamento. Sob a perspectiva destes percentuais, tem-se um vislumbre estimado da disposição operacional nas unidades de captação e tratamento. Entretanto, no seguimento de saneamento, fatores de capacidade operando próximos ao limite de 100%, podem indicar eficiência na rotina

operacional e/ou indicar os limites operacionais da planta de produção no atendimento da demanda do SAA.

Tabela 5 – Relação de indicadores associados aos fatores de capacidade e consumos específicos da concessionária do SAA – Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)

| Indicadores | Unidades | Desempenho |
|--|-------------|--|
| Fator de capacidade na captação de água bruta | CPPI | 87,09 % |
| | CPAS | 54,57 % |
| | Mauazinho | 62,76 % |
| Fator de capacidade nas ETAs | ETA 1 | 83,33 % |
| | ETA 2 | 75,01 % |
| | Mauazinho | 56,25 % |
| Fator de capacidade nos CPAS | Japiim | 94,35 % |
| | Ponta Negra | 73,61 % |
| | Castelhana | 22,19 % |
| Volume de água tratada (CPPI + CPAS + Mauazinho) por dia por habitante | | $0,2696 \frac{m^3}{\frac{dia}{habitante}}$ |
| Consumo específico de energia elétrica por volume de água tratada (CPPI + CPAS + Mauazinho) | | $0,5476 \frac{KWh}{m^3}$ |
| Consumo específico energia de elétrica por volume de água tratada em seis EEA ²² | | $0,0661 \frac{KWh}{m^3}$ |
| Consumo específico energia de elétrica total do serviço de água e esgoto pela população atendida | | $5,1797 \frac{KWh}{habitante}$ |

Todavia, em igual importância, são apresentadas na segunda metade da Tabela 5, as relações específicas entre volumes e consumos. Dessa forma, os consumos específicos das unidades CPPI, CPAS e Mauzinho, representam o desempenho médio do SAA, operado pela concessionária Manaus Ambiental.

A Tabela 6 mostra em sua estrutura, as relações percentuais de participação entre os consumos de energia elétrica (KWh) das principais unidades do SAA e o somatório do consumo de energia elétrica destas unidades, identificados no questionário EFICIND. A representatividade percentual de 85,52% das ETAs e CPAS, indica a possibilidade de oportunidades significativas de potenciais de eficiência energética estarem alocados nestas unidades. Por sua vez, os 13,33% das EEA, são expressivos na participação do consumo de

²² Estação elevatória de água - EEA

energia elétrica. Por certo, há de exprimir percentuais relevantes para os potenciais de eficiência energética.

Tabela 6 – Indicadores globais de consumo médio mensal de energia elétrica identificados no questionário – Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)

| Indicadores | Desempenho |
|---|------------|
| Relação entre consumo nas ETAs e CPAS pelo consumo total | 85,52 % |
| Relação entre consumo nas ETAs pelo consumo total | 82,56 % |
| Relação entre consumo nas CPAS pelo consumo total | 2,97 % |
| Relação entre consumo nas EEA pelo consumo total | 13,33 % |
| Relação entre consumo nas ETE pelo consumo total | 1,05 % |
| Relação entre consumo nas EBE ²³ ou EEE ²⁴ pelo consumo total | 0,10 % |

A propósito, é demasiadamente pequena a participação no consumo de energia elétrica das unidades EBE, EEE e ETE, responsáveis pelo esgotamento sanitário. Assim, em consequência das indicações apresentadas pelas Tabelas 5 e 6, estas unidades não foram incluídas na identificação dos potenciais de eficiência energética.

Tabela 7 – Relação de indicadores associados ao esgotamento sanitário identificados no questionário EFICIND – Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)

| Indicadores | Desempenho |
|---|---------------------------|
| Volume esgoto captado (m ³ /dia) por volume de água tratada (m ³ /dia) | 3,46 % |
| Volume esgoto tratado (m ³ /dia) por volume de água faturada (m ³ /dia) | 2,66 % |
| Fator de capacidade e total nas ETEs | 78,56 % |
| Consumo energia elétrica nas ETEs por volume total tratado | 0,1853 KWh/m ³ |
| Consumo energia elétrica nas EBE por volume total tratado | 0,0179 KWh/m ³ |

No entanto, é inerente ao contexto do seguimento de saneamento, relacionar os indicadores anotados para os equipamentos destinados à captação e tratamento de esgoto. Por fim, os baixos percentuais e consumos específicos apresentados na Tabela 7, evidenciam o baixo nível de investimentos em esgotamento sanitário na sede do município de Manaus.

A propósito, caso ocorresse à situação ideal, donde 100% da água potável distribuída fosse captada e tratada após o uso, poder-se-ia supor que, os dois complementos (96,54% e

²³ Estação de bombeamento de esgoto - EBE

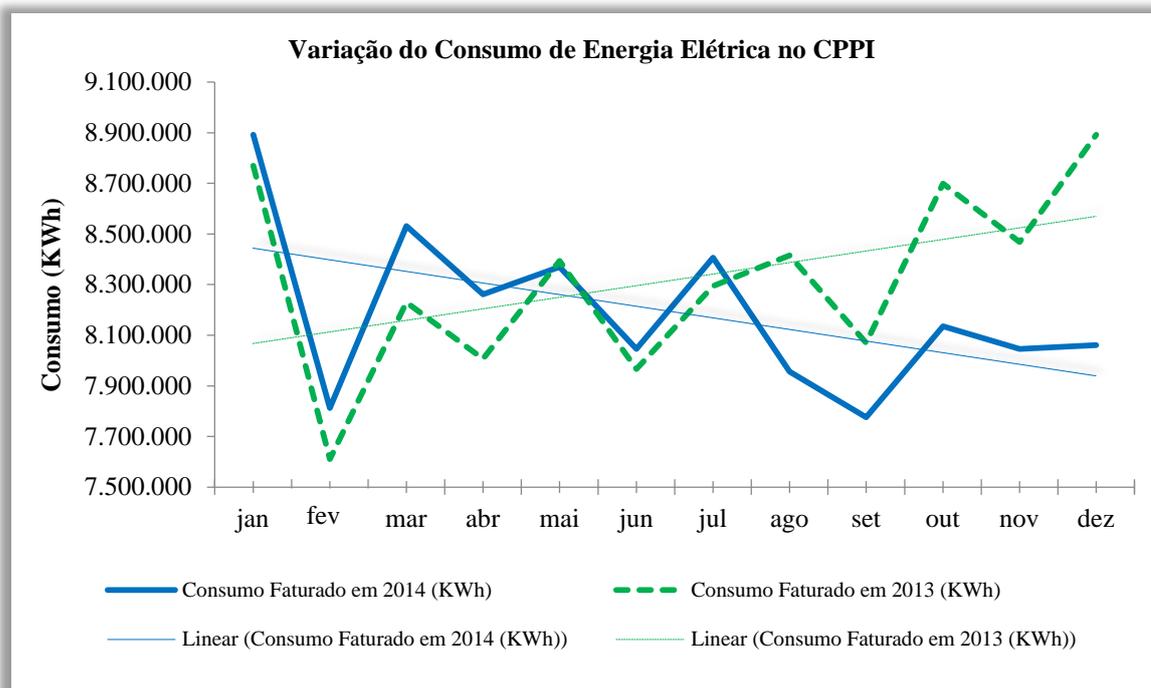
²⁴ Estação elevatória de esgoto - EEE

97,34%) às taxas apresentadas pela Tabela 7, poderiam indicar uma oportunidade de aplicar as soluções energéticas mais eficientes ao planejamento de projetos voltados à coleta e tratamento de esgoto.

7.3 Características da volumetria de água captada, consumo e custo da energia elétrica no Complexo de Produção Ponta do Ismael – CPPI

A concessionária Manaus Ambiental disponibilizou acesso aos dados de suas faturas de energia elétrica no biênio 2013 e 2014, referentes ao consumo de energia elétrica da unidade CPPI. Pôde ser observado pelo Gráfico 12, o comportamento deste fator do custo de produção. A série de 24 meses permitiu determinar o consumo médio mensal de (8.246.497,88 KWh), verificar os valores de máximo (8.892.000,00 KWh), mínimo (7.611.102,00 KWh) e o somatório do período (197.915.949,00 KWh).

Gráfico 12 - Variação do consumo de energia elétrica faturado no período 2013 e 2014 no CPPI - Fonte: Elaboração adaptada (Manaus Ambiental, 2015)

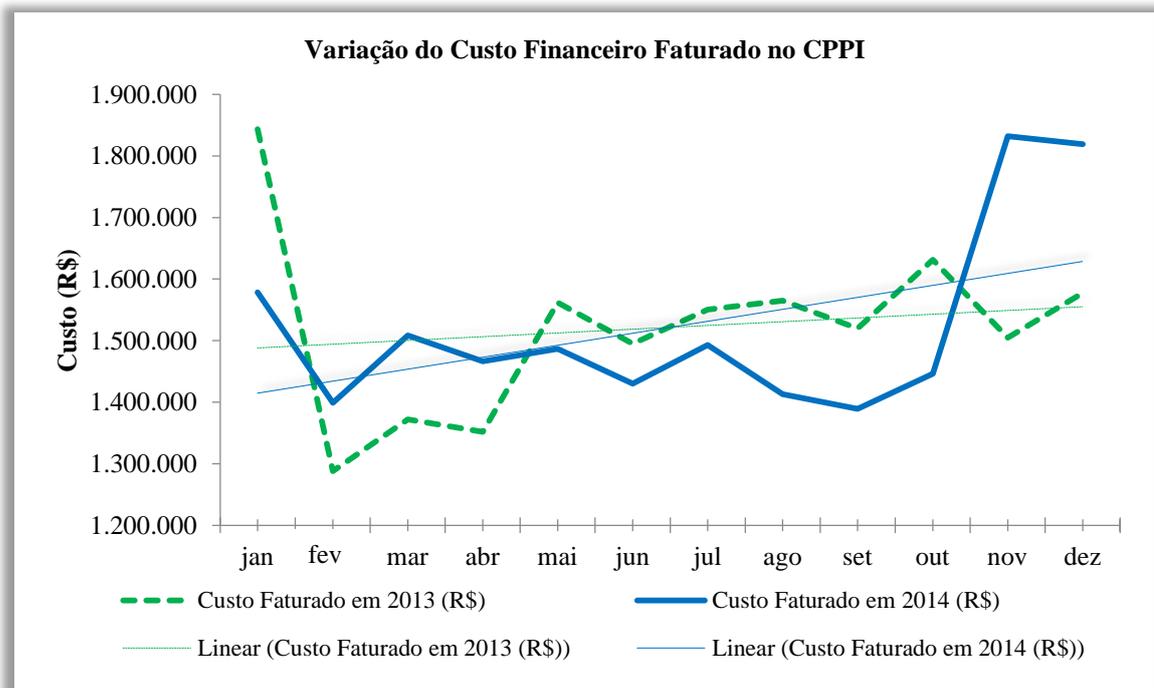


Observado, em segundo plano no Gráfico 12, a oposição na tendência linear entre os dois períodos. Sendo, crescente em 2013, indicando o aumento no consumo elétrico ao longo da série anual, ao passo que, decresce em 2014, indicando a diminuição do consumo de energia elétrica.

Por meio do Gráfico 13, verificam-se os custos financeiros mensais expressos nas faturas de energia elétrica para os anos 2013 e 2014 do CPPI. A série de 24 meses possibilitou avaliar o custo médio financeiro (R\$1.523.938,88), conferir os máximos (R\$1.896.864,00), mínimos (R\$1.288.094,32) e o custo total do período (R\$36.574.533,16).

Decerto, vale ressaltar que, a tendência decrescente no consumo registrado em 2014, dar-se pela entrada operacional do PROAMA²⁵. O complexo de produção de água – PROAMA – consiste em uma nova unidade de captação, tratamento e distribuição de água, proposta para reforçar o atendimento da demanda pelo abastecimento de água nas zonas Norte e Leste da sede do município de Manaus. Por fim, ainda que, a gestão e operação do PROAMA, estejam sob o controle da COSAMA²⁶, foi realizada a interligação ao sistema operado pela concessionária Manaus Ambiental.

Gráfico 13 – Variação do custo da energia elétrica faturado no período 2013 e 2014 no CPPI - Fonte: Elaboração adaptada (Manaus Ambiental, 2015)

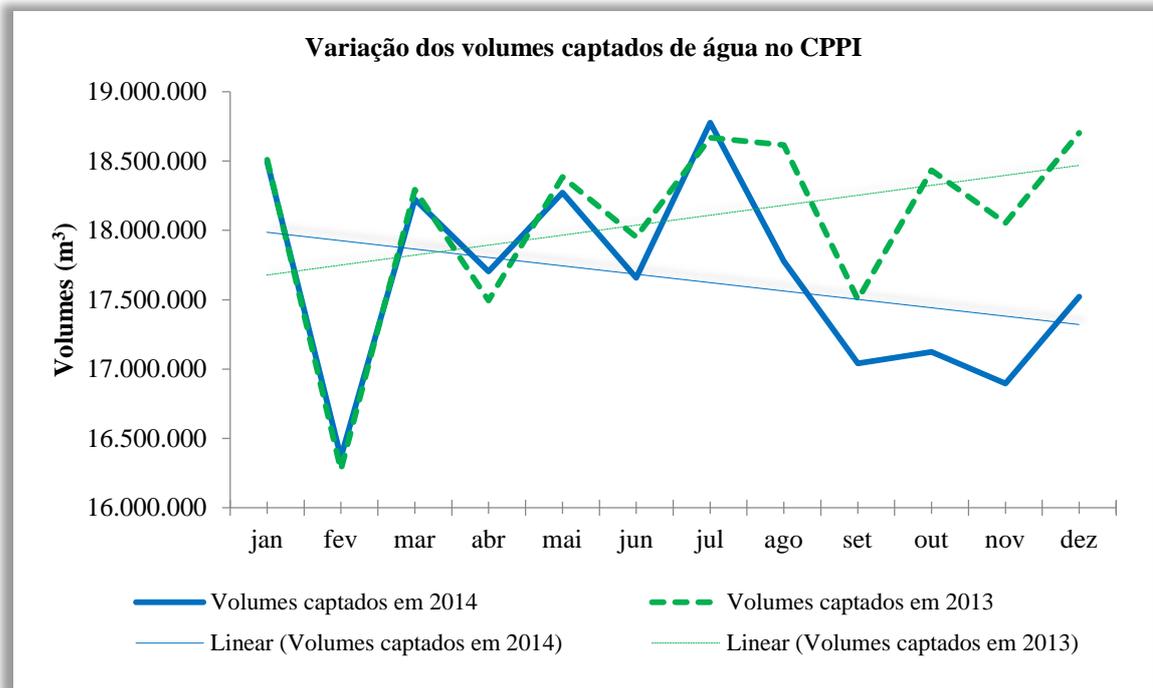


O Gráfico 14 relaciona os volumes médios mensais de água captada no CPPI. Os dados bienais permitiram avaliar o valor médio captado (17.864.190,58 m³), observar os valores de máximo (18.776.394,00 m³), mínimo (16.273.594,32 m³) e o volume total do período (428.740.573,91 m³).

²⁵ Programa Águas para Manaus - PROAMA

²⁶ Companhia de Saneamento do Amazonas - COSAMA

Gráfico 14 – Variação dos volumes captados no período de 2013 e 2014 no CPPI – Fonte: Elaboração adaptada (Manaus Ambiental, 2015)



7.4 Características do enquadramento tarifário e demandas contratadas no Complexo de Produção Ponta do Ismael – CPPI

A unidade consumidora CPPI possui significativa representação nos indicadores de captação, produção, distribuição e demanda por energia elétrica, quando relacionada à estrutura da concessionária do SAA em Manaus. A representatividade das demandas e consumos do insumo energia elétrica na rotina operacional do CPPI, exigiu a observância dos aspectos relacionados ao enquadramento do perfil tarifário e a identificação das demandas mensais, ao longo das séries anuais 2013 e 2014 das faturas de energia elétrica.

A concessionária disponibilizou um total de 24 faturas de energia elétrica do CPPI, estas leituras mensais forneceram os dados e informações sistematizadas em observância ao disposto pela legislação da ANEEL, em suas resoluções normativas 414 e 418 de 2010 e resoluções homologatórias 1.454 e 1649 de 2013 e 1.815 de 2014.

As informações extraídas foram preparadas a termo, por meio de uma Tabela e Gráficos, os quais identificam o enquadramento tarifário, os valores monetários totais, médios das faturas e a variação na demanda de potência do CPPI.

A concessionária dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, possui uma equipe vinculada à gerência de manutenção eletromecânica, encarregada

de ações de conservação de energia elétrica e análise de oportunidades de eficiência energética. Conforme a regulação dada pela legislação do setor elétrico, não se identificou oportuna alteração no enquadramento tarifário das instalações do CPPI.

A Tabela 8 expõe as informações levantadas junto à série de faturas, que foram submetidas à análise e diagnóstico energético pelos módulos de faturas e contrato de fornecimento de energia elétrica – software Mark IV Plus 2 – disponibilizado pelo PROCEL. Pode-se notar, a totalização e o valor monetário médio das faturas do período em estudo. Assim como, a situação proposta para redução sobre as demandas contratadas. Os percentuais de descimento, sugeridos pelo módulo de análise, geram uma economia anual de 13,91% sobre o montante totalizado das faturas. Faz-se necessário notar, que a construção deste cenário, teve por base a aplicação das tarifas indicadas na resolução homologatória 1.454 de 2013 da ANEEL.

Tabela 8 – Características elétricas do enquadramento tarifário no período 2013 e 2014 do CPPI – Fonte: Elaboração própria, 2015

| Indicadores | Situação Atual – Faturas | Situação Proposta – Mark IV Plus 2 | |
|--|--------------------------|------------------------------------|-----------|
| Subgrupo de tensão | A3 | A3 | |
| Tipo de tarifação | Horo sazonal azul | Horo sazonal azul | |
| Alíquota ICMS (%) | 25 | 25 | |
| Demanda contratada Ponta (KW) | 12.240,00 | -1,68 % | 12.034,30 |
| Demanda contratada Fora Ponta (KW) | 12.440,00 | -1,88 % | 12.205,70 |
| Valor total das faturas (R\$) | 36.521.201,19 | - | |
| Valor médio mensal das faturas (R\$) | 1.521.716,72 | - | |
| Estimativa da economia anual pela revisão do contrato de demanda (R\$) | - | 5.081.111,00 | |

Porém, caso fosse aplicada a proposta de revisão dos potenciais de demandas, observar a Tabela 8, a concessionária ficaria com reduzida margem de operação, o que poderia ocasionar ultrapassagem de demanda e consequente penalização pela concessionária de energia elétrica, pois há ocorrência de variação sazonal do nível de água no principal manancial – Rio Negro – de captação de água bruta.

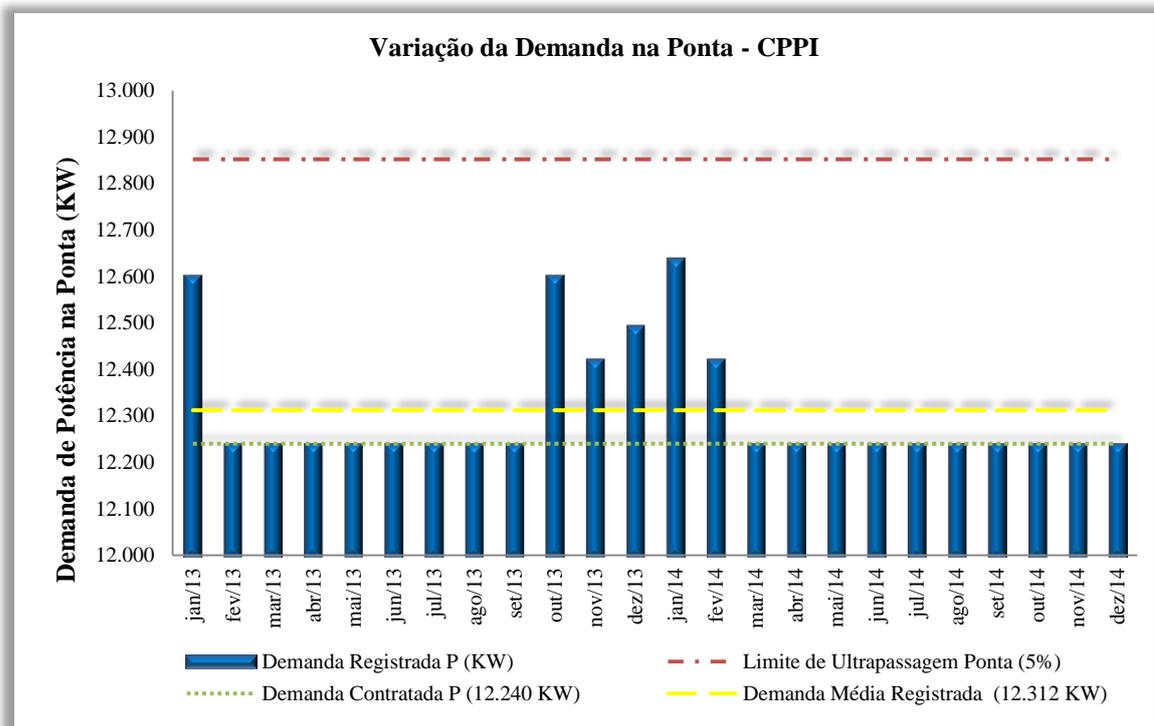
Desta forma, pode ser notada, em alusão aos Gráficos 13 e 14, uma indicação de maior demanda e consequente aumento no consumo de energia elétrica, face aos meses com níveis mais baixos do manancial de água.

A análise dos parâmetros de demanda e consumo de energia elétrica é indispensável para seu uso final eficiente.

O Gráfico 15 delinea a variação temporal da demanda de potencial, em horário de ponta, indicando o nível constante dessa demanda contratada em 12.240 KW, havendo um limite de 5% de tolerância sobre a demanda contratada, não foi observada a ultrapassagem deste limite ao longo da série de faturas.

Gráfico 15 – Variação mensal da demanda de energia elétrica na ponta no período 2013 e 2014 do CPPI –

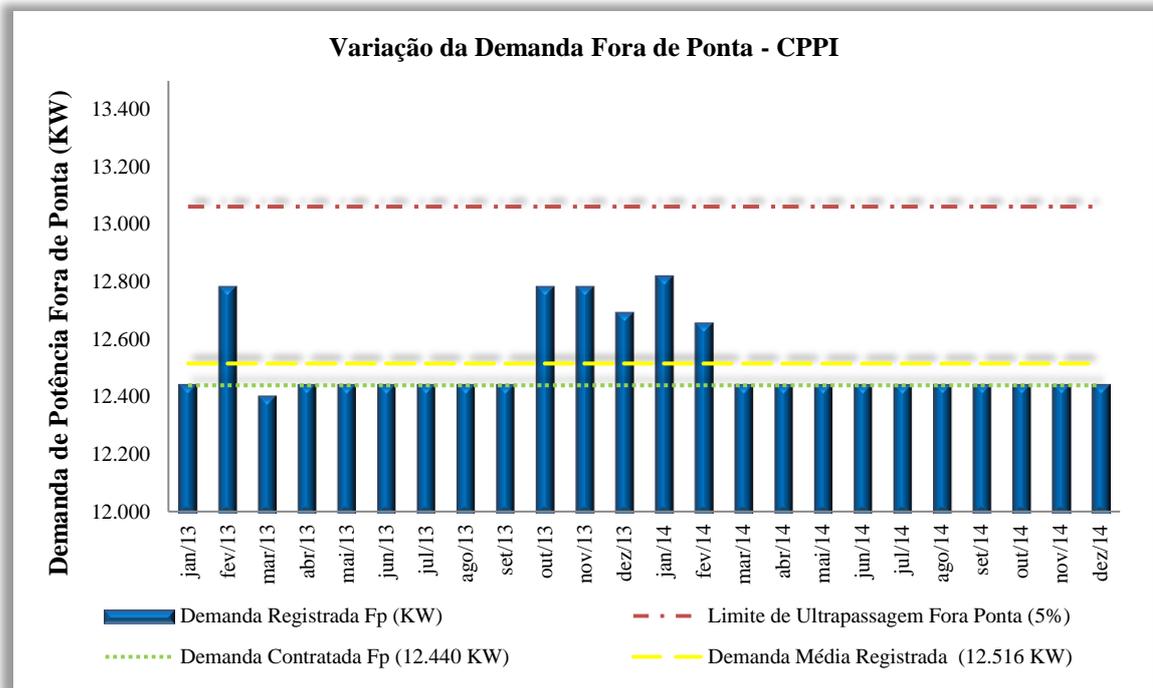
Fonte: Elaboração própria, 2015



As faturas de energia elétrica são uma síntese dos parâmetros de consumo, podendo por meio de uma análise histórica destas faturas, apresentar uma significativa diversidade de informações, que permitem estabelecer relações importantes entre rotinas operacionais e consumo.

O Gráfico 16 traça o comportamento temporal da demanda de potencial, em horário de fora de ponta, há um aumento de 200 KW sobre a demanda contratada na ponta, o que totaliza 12.440 KW, o limite de 5% de tolerância sobre a demanda contratada no horário de fora de ponta, também é posto pela legislação do setor elétrico. Tal qual em horário de ponta, não foi observado excedente do limite de 5% ao longo da série de faturas.

Gráfico 16 – Variação mensal da demanda de energia elétrica fora de ponta no período 2013 e 2014 do CPPI – Fonte: Elaboração própria, 2015



As ações com potencial de melhoria das rotinas operacionais, visando medidas de eficiência energética e conservação de energia elétrica, ficam a cargo da coordenação de manutenção elétrica, além das atividades próprias de manutenção eletromecânicas.

A concessionária tem optado pela redução de custos operacionais e implantado ações com intuito em reduzir a demanda pelo insumo energia elétrica. Conforme se constata ao examinar: o comportamento na variação no potencial de demanda; o não registro de excedente ao limite de 5% para o subgrupo de tensão A3, ao qual está enquadrada a unidade do CPPI; os percentuais mínimos de redução de demanda contratada sugeridos pela análise das faturas. Pois, estas características, indicam o reflexo de ações recentes, implantadas no âmbito da eficiência energética e conservação de energia.

7.5 Características da unidade consumidora CPPI: Fator de Carga FC

Os valores médios estimados para o indicador FC foram calculados por meio dos dados coletados nas visitas de campo. Para tanto, identificou-se os elementos de demanda e consumo nas faturas de energia elétrica do CPPI, no período bienal 2013 a 2014. Vale salientar que, as demais unidades consumidoras identificadas neste estudo, não puderam ser caracterizadas pelo fator de carga, pois não foram disponibilizadas faturas de energia elétrica para análise. Em todo caso, a Tabela 9 descreve os valores calculados para os percentuais

médios do fator de carga na unidade CPPI. Lembrando que, as análises deste indicador consideraram: o aspecto do subgrupo A3, enquadramento tarifário horo sazonal azul e o histórico de 24 meses registrado nas faturas de energia elétrica dos anos 2013 e 2014.

Tabela 9 – Fator de carga médio do CPPI – Fonte: Elaboração própria (Manaus Ambiental, 2015)

| Unidade | Período | Demanda média ponta (KW/mês) | Demanda média fora ponta (KW/mês) | Consumo médio ponta (KWh/mês) | Consumo médio fora ponta (KWh/mês) | $FC_{MP\ azul}$ | $FC_{MFP\ azul}$ |
|---------|---------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------|------------------|
| CPPI | 2013 | 12.336,00 | 12.542,50 | 689.635,17 | 7.628.360,67 | 84,70% | 91,60% |
| | 2014 | 12.288,00 | 12.489,17 | 671.235,83 | 7.520.014,08 | 82,77% | 90,68% |

O fator de carga médio expresso em percentuais para os anos 2013 e 2014, mostrados na Tabela 9, tem valores expressivos para os horários de ponta e fora de ponta, nota-se uma variação de decréscimo entre 1,93% e 0,92% no período em consequência da redução no consumo da unidade CPPI.

Por fim, outro aspecto a ser interpretado por meio do fator de carga, consiste em como a unidade consumidora aplica a energia elétrica em sua rotina operacional. Como ressalta Panesi (2006), baixos fatores de carga podem indicar uma concentração no consumo de energia elétrica em um curto intervalo de tempo, ou seja, a empresa poderia ter acionado os conjuntos de equipamentos elétricos (ex. conjuntos motores-bombas dos diversos setores da planta do CPPI) numa sequência curta de intervalo de temp. Por sua vez, não parece ser o caso da unidade CPPI, pois, sua rotina operacional incorpora acionamentos dos equipamentos elétricos, considerando as implicações da significância do fator de carga.

7.6 Características das unidades consumidoras de energia elétrica do SAA:

Consumo Específico – CE

Os valores médios estimados para o indicador CE são oriundos das coletas de dados das visitas de campo e análises do questionário (via web), aplicado pelo projeto EFICIND para o seguimento de saneamento.

Foi possível identificar elementos operacionais do CPPI, associados ao CE, no período do biênio 2013 a 2014, por meio de suas faturas de energia elétrica e planilhas de controle. Vale salientar, que as demais unidades consumidoras da Tabela 10, examinadas por este indicador de desempenho, tiveram seus meios coletados junto ao banco de dados do projeto EFICIND.

A Tabela 10 mostra o levantamento obtido para os volumes e consumos médios e a relação de consumo específico nas unidades do SAA, selecionadas pela sua significância na relação entre volumes e consumo.

Tabela 10 – Consumo específico das unidades do SAA – Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015).

| Unidade | | Consumo médio (KWh/mês) | Volume médio (m ³ /mês) | CE (KWh/m ³) | |
|------------------|------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------|-------|
| CPPI | 2013 | 8.317.995,83 | 16.607.855,41 | 0,501 | 0,512 |
| | 2014 | 8.191.249,92 | 15.664.468,67 | 0,523 | |
| CPAS Castelhana | | 34.930,00 | 23.169,00 | 1,508 | |
| CPAS Ponta Negra | | 140.700,00 | 95.400,00 | 1,475 | |
| CPAS Japiim | | 128.960,00 | 156.240,00 | 0,825 | |
| Mauzinho | | 250.000,00 | 466.560,00 | 0,536 | |
| EEA Alvorada | | 463.200,00 | 4.406.400,00 | 0,105 | |
| EEA Mocó | | 396.480,00 | 5.702.400,00 | 0,070 | |
| EEA Cidade Nova | | 146.880,00 | 3.628.800,00 | 0,040 | |

Os valores verificados no CE das estações de tratamento de água, abrigadas no CPPI e Mauzinho, estão relativamente próximos, indicando que ambas utilizam o insumo energia elétrica com equivalente eficiência. Dentre os CPAS, a unidade Japiim teve o indicador CE mais baixo, o que a diferencia em eficiência em relação às unidades de mesma categoria. Entre as EEA, a unidade Cidade Nova foi a de uso mais eficiente da eletricidade.

7.7 Características das unidades consumidoras de energia elétrica do SAA: Preço Médio de Energia Elétrica – PM_{EE}

De maneira análoga foram estimados valores médios para o indicador PM_{EE} . Tendo como base as informações coletadas nas visitas de campo e análises do questionário (via web), aplicado pelo projeto EFICIND para o seguimento de saneamento.

Foi possível identificar elementos operacionais do CPPI, associados ao PM_{EE} , no período do biênio 2013 a 2014, por meio de suas faturas de energia elétrica e planilhas de controle de custos. Salienta-se, que as outras unidades consumidoras da Tabela 11, examinadas por este indicador de desempenho, tiveram seus mediais coletados por meio de uma planilha eletrônica de controle semestral de custo.

A Tabela 11 mostra o levantamento obtido para os custos monetários e consumos médios e a relação de preço médio da energia elétrica nas unidades do SAA, selecionadas pela sua representatividade na relação entre produção e custo.

Tabela 11 – Preço médio de energia elétrica nas unidades do SAA – Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015).

| Unidade | | Custo médio faturado (R\$/mês) | Consumo médio faturado (KWh/mês) | PM _{EE} (R\$/KWh) | |
|------------------|------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------|
| CPPI | 2013 | 1.521.707,77 | 8.317.995,83 | 0,183 | 0,185 |
| | 2014 | 1.521.725,67 | 8.191.249,92 | 0,186 | |
| EEA Cidade Nova | | 37.276,53 | 147.840,00 | 0,252 | |
| Mauazinho | | 47.744,81 | 190.960,00 | 0,250 | |
| CPAS Ponta Negra | | 32.648,51 | 142.800,00 | 0,229 | |
| EEA Alvorada | | 107.452,69 | 477.600,00 | 0,225 | |
| CPAS Japiim | | 28.987,91 | 129.360,00 | 0,224 | |
| EEA Mocê | | 77.286,32 | 404.880,00 | 0,191 | |

A literatura relacionada à eficiência energética indica que, unidades consumidoras de mesmo enquadramento tarifário, sujeitos a uma mesma tarifa de energia elétrica, podem apresentar valores diferentes para o indicador PM_{EE}, devido à variação do fator de carga.

Os valores verificados para o indicador PM_{EE} nas estações de tratamento de água, abrigadas no CPPI e Mauazinho, enquadradas nos grupos tarifários A3 e A4, operando em média e baixa tensão, indicam os valores do custo médio do insumo energia elétrica. Dentre os CPAS, a unidade Japiim teve o indicador PM_{EE} mais baixo. Entre as EEA, a unidade Cidade Nova foi a que expressou o preço médio mais elevado para o insumo.

7.8 Características da potência ativa trifásica nos conjuntos motores-bombas das unidades consumidoras de energia elétrica no SAA.

Os dados acerca dos indicadores de eficiência energética associados ao uso final da eletricidade foram obtidos, por meio das atividades de campo, realizadas nas unidades consumidoras de energia elétrica do SAA de Manaus. O critério de seleção das unidades teve como origem as informações do questionário (web) do seguimento de saneamento do projeto EFICIND, cujos critérios eram a identificação e descrição das unidades mais representativas no uso final do insumo eletricidade.

As medições elétricas foram aplicadas e limitadas às unidades que operam em tensões nominais de até 440 V. Observado um período de 24 h na rotina operacional regular em cada unidade em estudo do SAA.

Os analisadores de energia foram instalados no QGBT²⁷ dos equipamentos e circuitos elétricos identificados como de maior demanda de energia elétrica, enquadrados nas limitações de tensão e período anteriormente observadas.

Por limitações técnicas dos analisadores de energia elétrica utilizados na captação dos dados nas medições de campo, previstas na metodologia deste estudo, que se originou sob a inspiração da metodologia utilizada no projeto EFICIND, não se previu, tensões superiores a 440 V, à época da contratação dos serviços de medições elétricas, a serem realizadas por empresa especializada. Assim, foram excluídas as unidades do SAA, operadas pela concessionária Manaus Ambiental S.A, cujas tensões operacionais são de 6,6 KV. Em decorrência deste fator, as unidades de captação de água bruta (Baixo 1 e Baixo 2), bombeamento de água potável do CPPI e parte das EEA Alvorada, Cidade nova e Mocó, não tiveram a totalidade dos potenciais elétricos aferidos pelas medições de campo.

Os indicadores associados à *potência ativa trifásica*, *fator de potência* e as características nominais dos conjuntos motores-bombas nas unidades de estudo, foram sistematizados por meio de Tabelas e Gráficos, com a finalidade de apresentar os aspectos intrínsecos dos níveis de carregamento e eficiência energética das instalações elétrica estudadas.

Dentre os dois indicadores de eficiência mencionados Panesi (2006, p.58) observa:

O fator de potencia é o índice que indica o quanto de energia aparente... é transformada em energia que realiza trabalho. Quanto maior for este índice, que pode variar de 0 a 100%, maior será o aproveitamento de energia pelo consumidor. Um baixo fator de potência provoca vários problemas, como variação de tensão, redução do aproveitamento da capacidade dos transformadores e dos circuitos elétricos, aquecimento irregular dos condutores etc.

As resoluções normativas 414/2010, assim como a 418/2010, ambas da ANEEL, salientam que, o valor mínimo para o fator de potência, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras dos grupos A e B, o valor de 0,92. Observam que, o fator de potência da unidade consumidora, para fins de cobrança, deve ser

²⁷ Quadro geral de baixa tensão - QGBT

verificado pela distribuidora por meio de medição permanente, de forma obrigatória para o grupo A e facultativa para o grupo B.

Quando uma unidade consumidora de energia elétrica opera com fator de potência abaixo do valor mínimo estabelecido pela legislação, a concessionária de energia elétrica estará autorizada a cobrar os valores de energia reativa nas faturas mensais.

Panesi (2006) ressalta que a energia reativa indutiva ou capacitiva, induz carga excessiva sobre os circuitos elétricos da rede de distribuição da concessionária de energia. Destaca ainda, que a energia elétrica desperdiçada pelos consumidores devido ao baixo fator de potência impõe à concessionária um maior potencial de fornecimento para compensar as perdas de energia elétrica na rede de distribuição.

Por fim, observou-se que todos os conjuntos elétricos motores-bombas analisados neste estudo, foram do modelo de indução trifásico, amplamente utilizados em aplicações nos setores industriais e de serviços, com especificações técnicas equivalentes para o seguimento específico de saneamento. Os motores elétricos de indução trifásicos apresentam uma excelente relação entre custo e benefício, tendo uma extensa aplicação em deslocamentos de cargas. Porém, quando operados em regime de carga parcial, seus fatores de potência e rendimentos possuem níveis baixos, especialmente na relação de deslocamento de carga inferiores a 50% da potência nominal especificada pelo fabricante (PANESI, 2006). Apresenta-se a seguir as características operacionais identificadas nos conjuntos de motores elétricos selecionados para estudo.

7.8.1 Unidade consumidora de energia elétrica: CPPI

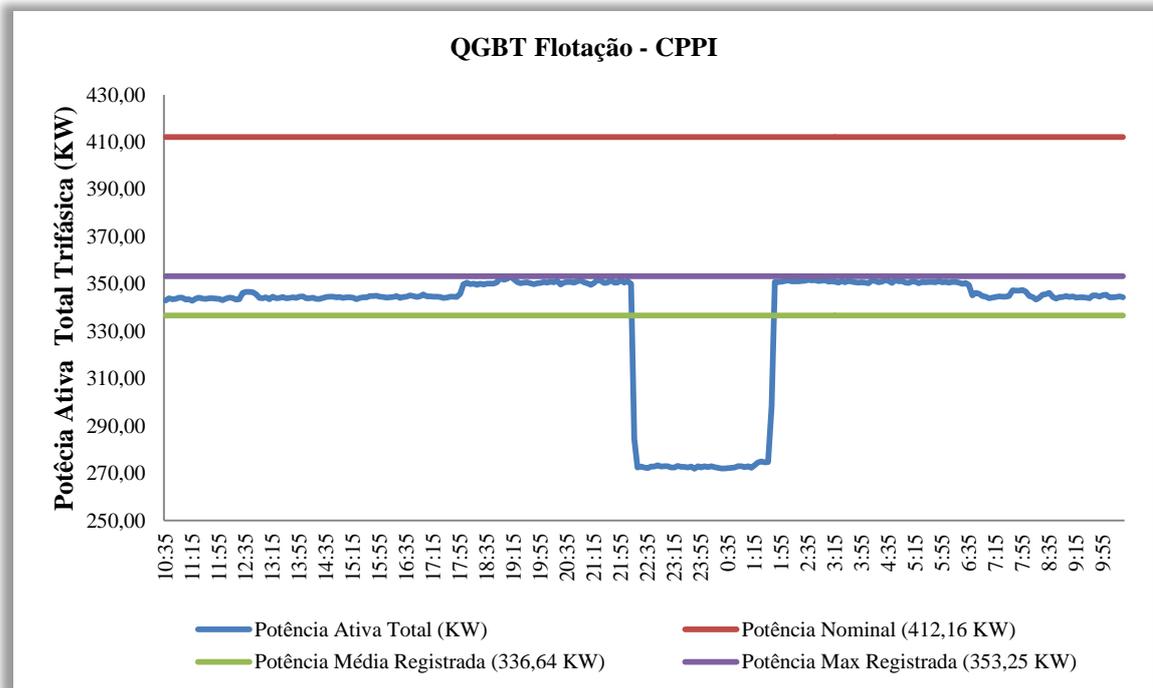
O setor de flotação do CPPI tem suas características apresentadas pela Tabela 12, por meio da qual, identifica-se a potência nominal deste setor, caracterizada pela diferenciação entre a potência nominal, em efetiva operação e a potência nominal de reserva. Foi observado um fator de potência abaixo do mínimo previsto pela legislação do setor elétrico. Desta forma, é oportuna a aplicação de um banco de capacitores para correção deste indicador.

Tabela 12 - Características físico-mecânicas e elétricas do setor de flotação do CPPI – Fonte: Elaboração própria, 2015.

| Setor | Flotação | | |
|------------------------------|--|----------|----------------------------|
| Ponto de medição | QGBT dos conjuntos motores-bombas / 440 V / Soft – Starter e inversor / 24 h | | |
| Características equipamentos | 5 conjuntos de motores elétricos WEG de 125 CV/unidade (4 operando e 1 reserva); 2 conjuntos compressores de ar SCHUZ de 30 CV/unidade (1 operando e 1 reserva); 2 conjuntos compressores de ar INGERSOLL RAND de 30 CV/unidade (1 operando e 1 reserva) ; | | |
| Potência nominal | 745 CV \approx 548,32 KW | Operando | 560 CV \approx 412,16 KW |
| | | Reserva | 185 CV \approx 136,16 KW |
| Fator de potência médio | 0,82 | | |

Dispondo das medições de campo foi elaborado o Gráfico 17, pelo qual é observada, a variação temporal da potência ativa total trifásica, sendo esta um indicador do nível de carregamento operacional dos conjuntos motores-bombas do setor de flotação. Os limites entre os indicadores de potência máxima e potência nominal indicam a possibilidade de uma redução técnica na potência instalada. Esta redução é quantificada por meio da diferença entre seus valores, o que resulta numa possível redução de 58,91 KW.

Gráfico 17 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor de flotação do CPPI - Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



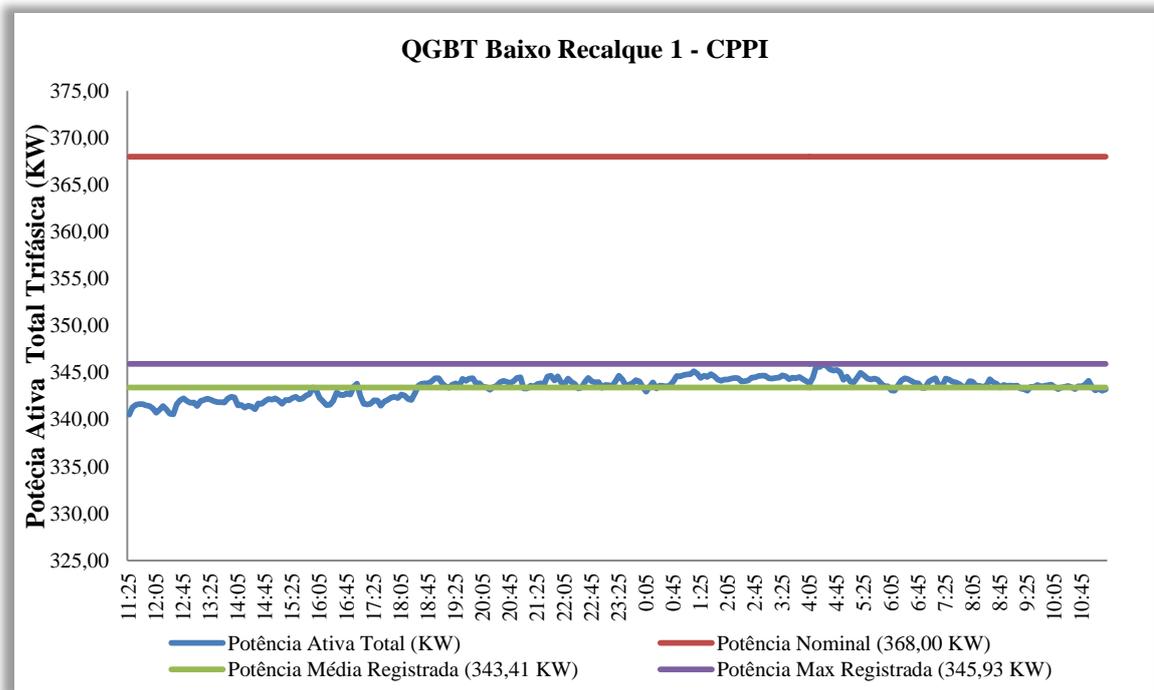
No âmbito da captação de água bruta, o setor baixo recalque 1 do CPPI, teve uma parte de suas características expostas pela Tabela 13, na qual verifica-se a potência nominal de um único conjunto motor-bomba, por operar em baixa tensão, sua potência nominal é de efetiva participação na rotina operacional do setor, as outras 5 unidades de motores-bombas de 700 CV/unidade operam com tensão de 6,6 KV, não sendo objeto direto deste exame. O fator de potência abaixo do mínimo, previsto pela legislação do setor elétrico, oportuniza uma aplicação de banco de capacitores para melhoria deste indicador.

Tabela 13 - Características físico-mecânicas e elétricas do setor baixo recalque 1 do CPPI – Fonte: Elaboração própria, 2015

| Setor | Baixo recalque 1 | | |
|------------------------------|--|----------|--------|
| Ponto de medição | QGBT do conjunto motor-bomba / 440 V / Soft – Starter / 24 h | | |
| Características equipamentos | 1 conjunto de motor elétrico GE de 500 CV (Operação auxiliar); | | |
| Potência nominal | 500 CV \approx 368 KW | Operando | 368 KW |
| | | Reserva | - |
| Fator de potência médio | 0,84 | | |

As observações de campo e os dados obtidos por meio das medições elétricas compõem o Gráfico 18, que indica o nível de carregamento operacional do conjunto motor-bomba examinado. Os limites entre os indicadores de potência máxima e potência nominal, indicam uma possível redução técnica na potência instalada. Esta redução é quantificada por meio da diferença entre seus valores, o que resulta numa possível redução de 22,07 KW. Todavia, foi identificado nas visitas de campo, que o referido conjunto também desempenha um papel auxiliar ou de reserva ao longo da rotina operacional anual do setor.

Gráfico 18 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor baixo recalque 1 do CPPI - Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



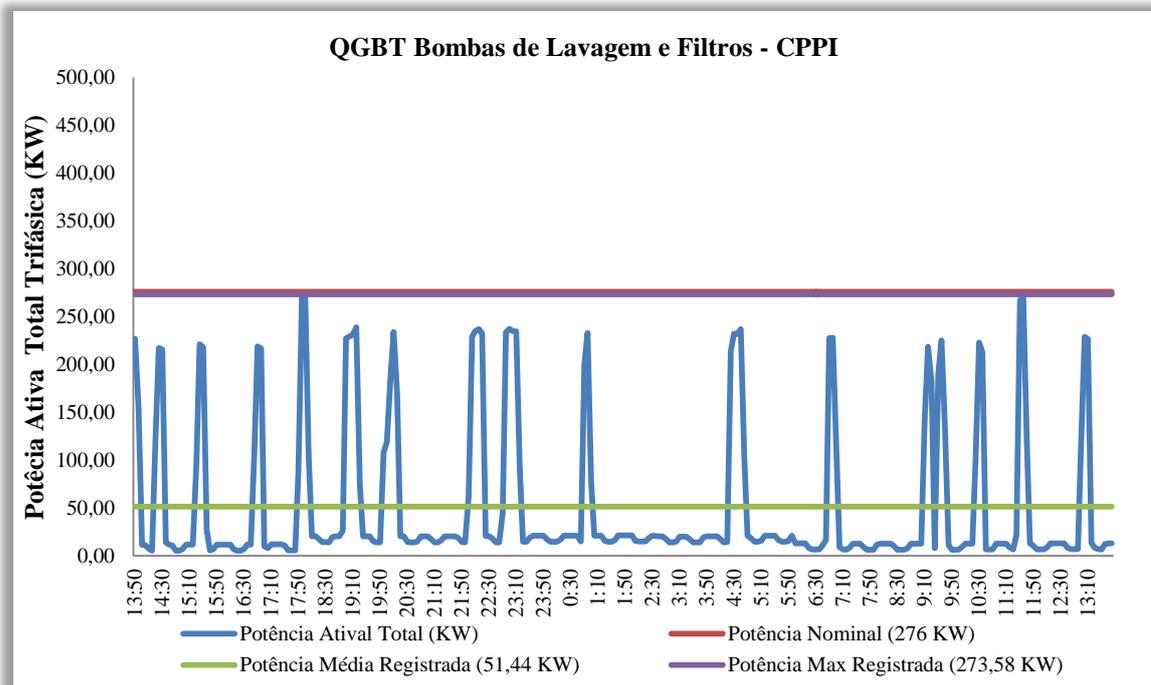
As características das bombas de lavagem dos filtros da ETA 2 do CPPI são apresentadas pela Tabela 14, é identificada a potência nominal destes conjuntos elétricos, sua potência nominal de efetiva operação, não dispondo de potência nominal de reserva. O fator de potência abaixo do mínimo, previsto pela legislação do setor elétrico, oportuniza uma aplicação de um banco de capacitores para perfazer a correção necessária do indicador.

Tabela 14 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor bombas de lavagem dos filtros do CPPI – Fonte: Elaboração própria, 2015

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|--------|
| Setor | Bombas de lavagem dos filtros | | |
| Ponto de medição | QGBT dos conjuntos motores-bombas | | |
| Características equipamentos | 3 conjuntos de motores elétricos WEG de 125 CV/unidade / 220 V / 24 h (3 operando) | | |
| Potência nominal | 375 CV \approx 276 KW | Operando | 276 KW |
| | | Reserva | - |
| Fator de potência médio | 0,76 | | |

O nível de carregamento operacional das bombas de lavagem e filtros é apresentado pelo Gráfico 19. Os limites próximos entre os indicadores de potência máxima e potência nominal, mostram um dimensionamento adequado da relação técnica entre potência versus carga.

Gráfico 19 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor bombas de lavagem dos filtros do CPPI - Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



O setor de químicos opera com dosadores e agitadores das massas de produtos químicos adicionados para o tratamento da água. As características instaladas estão expressas na Tabela 15. Sua potência nominal é de efetiva participação na rotina operacional do setor, não dispondo de potência nominal de reserva. Uma rotina de operação, com 27 conjuntos de

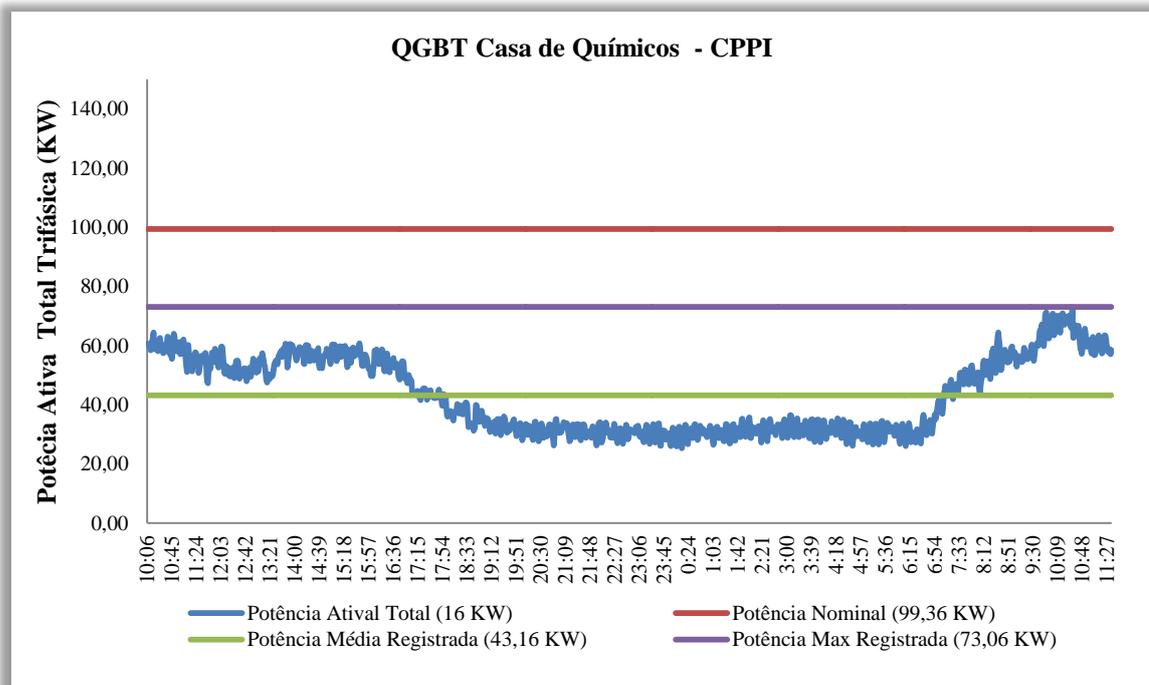
motores elétricos de baixa potência, contribui para o fator de potência abaixo do mínimo, previsto pela legislação do setor elétrico, oportunizando uma aplicação do banco de capacitores para atingir o índice de eficiência energética.

Tabela 15 - Características físico-mecânicas e elétricas no setor casa de químicos do CPPI – Fonte: Elaboração própria, 2015

| Sector | Casa de químicos | | |
|------------------------------|---|----------|----------|
| Ponto de medição | QGBT do conjunto motor-bomba dos agitadores e dosadores | | |
| Características equipamentos | 27 conjuntos de motores elétricos WEG de 5 CV/unidade / Soft – Starter e inversor / 220 V / 24 h (27 operando); | | |
| Potência nominal | 99,36 KW \approx 73,13 CV | Operando | 99,36 KW |
| | | Reserva | - |
| Fator de potência médio | 0,81 | | |

O nível de carregamento operacional dos motores elétricos instalados no setor de químicos, a diferença entre os níveis dos indicadores de potência nominal e potência máxima, sugerem uma possível redução técnica na potência instalada, quantificada em 26,30 KW, conforme o Gráfico 20.

Gráfico 20 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor casa de químicos do CPPI - Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



7.8.2 Unidade consumidora de energia elétrica: Mauazinho.

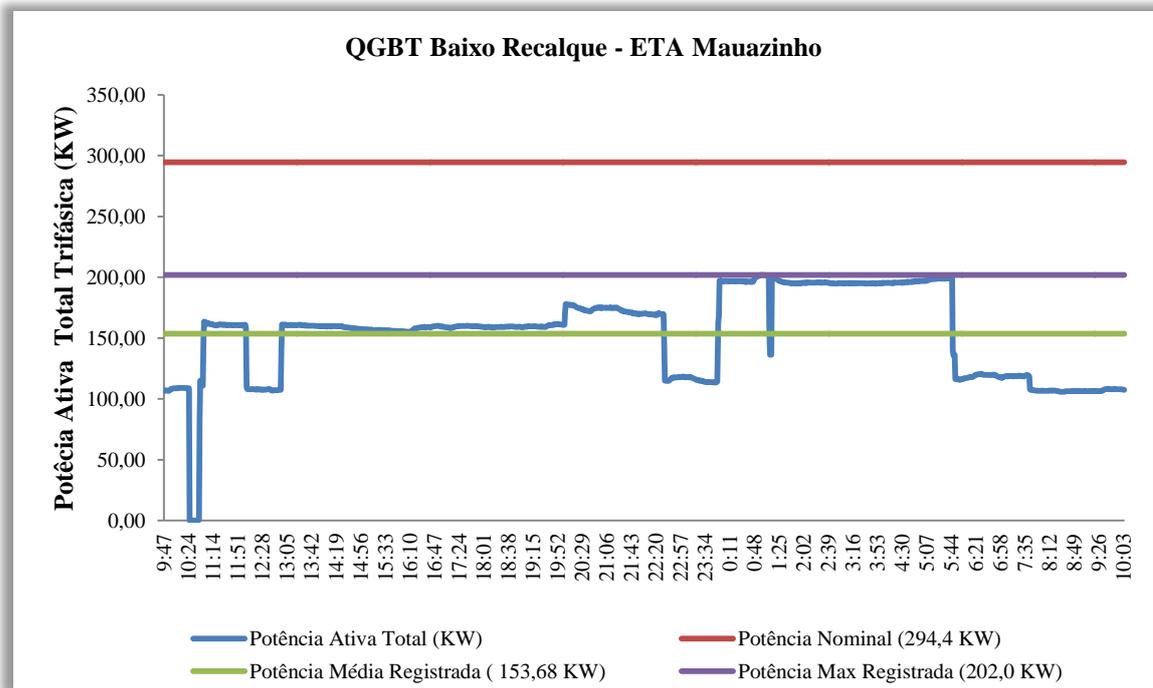
A captação de água bruta pelo setor baixo recalque do Mauazinho, tem suas características mostradas pela Tabela 16. Verifica-se a potência nominal dos três conjuntos motores-bombas de alto rendimento e a tensão de operação. A potência nominal é de efetiva operação em dois conjuntos, ficando o terceiro conjunto na reserva operacional do setor. O fator de potência acima do mínimo, previsto pela legislação do setor elétrico, indica um uso final eficiente da energia elétrica.

Tabela 16 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor baixo recalque do Mauazinho – Fonte: Elaboração própria, 2015

| Setor | Baixo recalque | | |
|------------------------------|--|----------|----------------------------|
| Ponto de medição | QGBT dos conjuntos motores-bombas / 440 V / Soft – Starter e inversor / 24 h | | |
| Características equipamentos | 3 conjuntos de motores elétricos WEG de 200 CV/unidade (2 operando e 1 reserva); | | |
| Potência nominal | 600 CV \approx 441,60 KW | Operando | 400 CV \approx 294,40 KW |
| | | Reserva | 200 CV \approx 147,20 KW |
| Fator de potência médio | 0,97 | | |

Os dados das medições realizadas em campo compõem o Gráfico 21. O nível de carregamento operacional dos conjuntos motores-bombas do setor de captação de água bruta, apresenta os indicadores de potência máxima e potência nominal com possibilidade de uma redução técnica na potência instalada. Esta redução é quantificada por meio da diferença entre seus valores, o que resulta numa possível redução de 92,4 KW, o que equivale a um motor de 125 CV.

Gráfico 21 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor baixo recalque do Mauazinho - Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



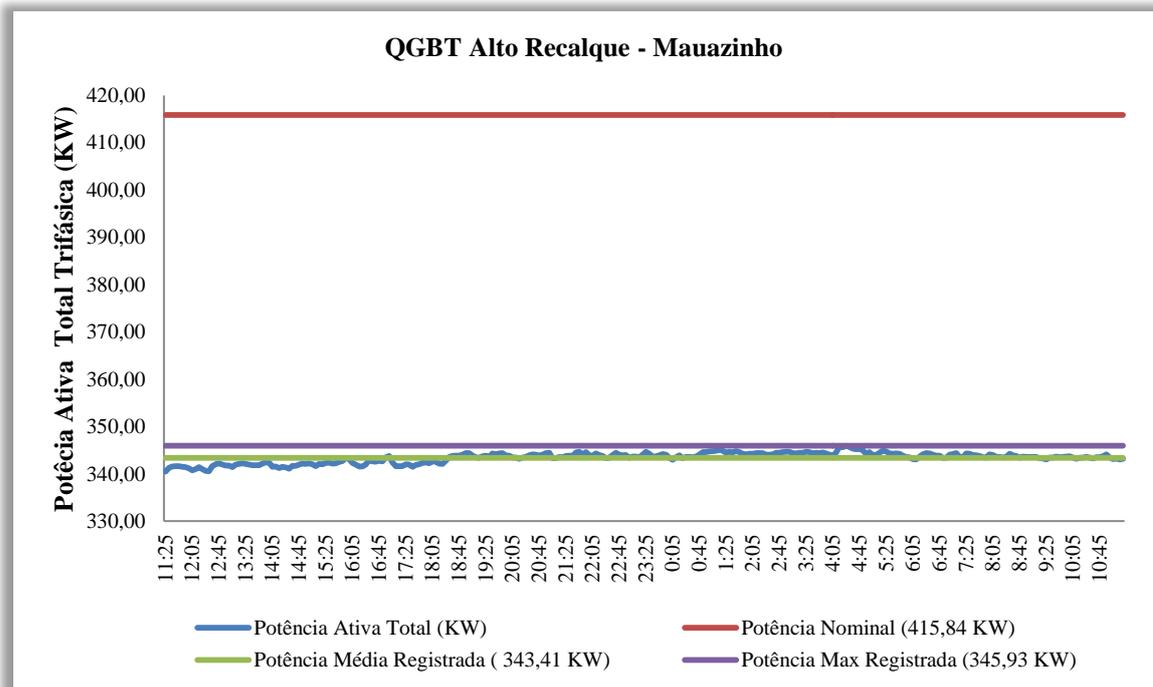
O bombeamento no setor alto recalque da estação Mauazinho possui um conjunto de motores padrão e alto rendimento, suas características gerais são dadas pela Tabela 17. Verifica-se a potência nominal utilizada na rotina de operação e a reserva. O fator de potência está um centésimo abaixo do mínimo, previsto pela legislação do setor elétrico, oportunizando a aplicação de um banco de capacitores, ou adequação, por *retrofit* nos três motores mais antigos, com idade de fabricação entre 31 anos e 28 anos.

Tabela 17 - Características físico-mecânicas e elétricas no setor alto recalque do Mauazinho – Fonte: Elaboração própria, 2015

| Setor | Alto recalque | | |
|------------------------------|---|----------|----------------------------|
| Ponto de medição | QGBT dos conjuntos motores-bombas / 220 V / Soft – Starter e inversor / 24 h | | |
| Características equipamentos | 3 conjuntos de motores elétricos WEG de 150 CV/unidade (2 operando e 1 reserva); 3 conjuntos de motores elétricos WEG de 125 CV/unidade (2 operando e 1 reserva); 2 conjuntos de motores elétricos WEG de 15 CV/unidade (1 operando e 1 reserva). | | |
| Potência nominal | 855 CV \approx 629,28 KW | Operando | 565 CV \approx 415,84 KW |
| | | Reserva | 290 CV \approx 213,44 KW |
| Fator de potência médio | 0,91 | | |

As medições realizadas em campo formam o Gráfico 22. O nível de carregamento operacional dos conjuntos motores-bombas do setor de bombeamento do setor alto recalque, sugerem a possibilidade de uma redução técnica na potência instalada, por meio da diferença entre a potência nominal e potência máxima registrada, alcançaria um valor de até 69,91 KW, estando próximo de um motor de alto rendimento da ordem 100 CV.

Gráfico 22 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor alto recalque do Mauzinho - Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



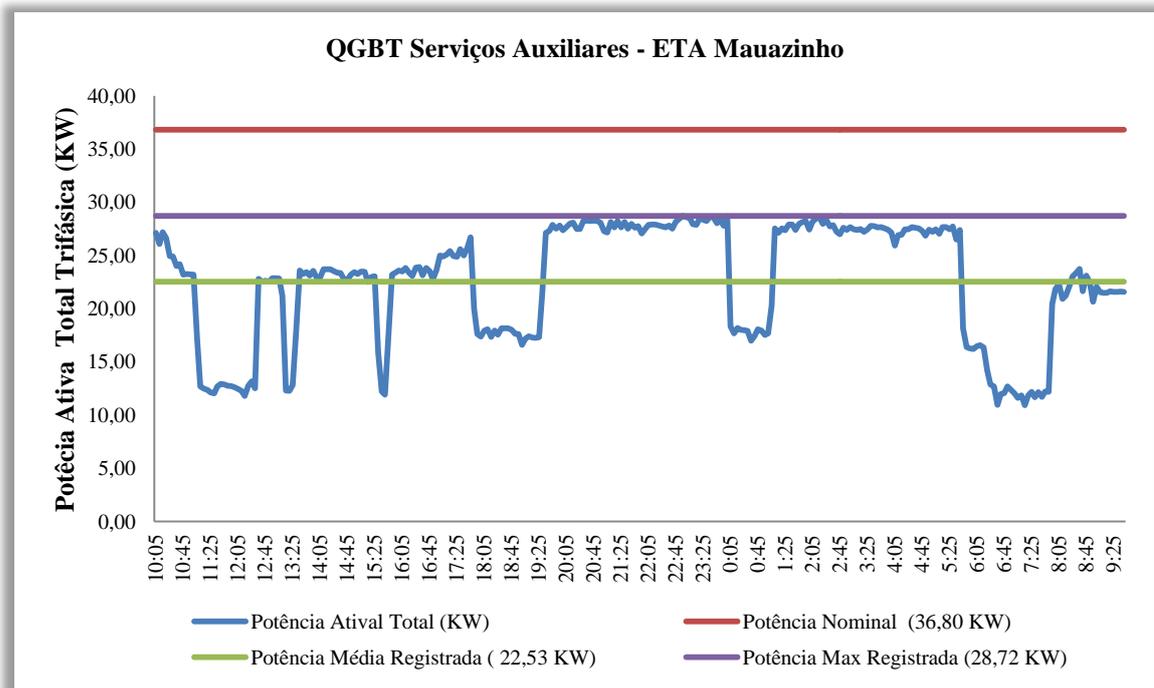
O setor de serviços auxiliares opera com dosadores, agitadores e medidores das massas e concentrações dos produtos químicos adicionados para o tratamento da água. As características instaladas estão expressas na Tabela 18. Sua potência nominal é de efetiva participação na rotina operacional do setor. Essa rotina de operação, com quatorze conjuntos de motores elétricos de baixa potência, contribui para o fator de potência abaixo do mínimo, previsto pela legislação do setor elétrico, oportunizando uma aplicação do banco de capacitores para atingir os níveis de eficiência energética recomendados.

Tabela 18 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor de serviços auxiliares do Mauzinho – Fonte: Elaboração própria, 2015.

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|--------------------------|
| Setor | Serviços auxiliares | | |
| Ponto de medição | QGBT Serviços auxiliares / 220 V / Soft – Starter e Inversor /24 h | | |
| Características equipamentos | 6 conjuntos de motores elétricos WEG de 5 CV/unidade; 8 conjuntos de motores elétricos WEG de 2,5 CV/unidade; | | |
| Potência nominal | 50 CV \approx 36,80 KW | Operando | 50 CV \approx 36,80 KW |
| | | Reserva | - |
| Fator de potência médio | 0,87 | | |

Conforme o Gráfico 23, o nível de carregamento operacional dos motores elétricos instalados no setor de serviços, figura uma possível redução técnica na potência instalada, resultando na retirada de 8,08 KW, o equivalente a dois motores de 5 CV.

Gráfico 23 – Variação temporal da potência ativa trifásica no setor de serviços auxiliares do Mauzinho - Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



7.8.3 Unidades consumidoras de energia elétrica: EEA

O bombeamento é o setor de maior demanda por energia elétrica nas elevatórias de água, a unidade em estudo tem suas características expressas na Tabela 19. Os sete conjuntos de motores elétricos de alto rendimento, cuja potência nominal distingue-se entre: efetiva participação na rotina operacional do setor e a potência instalada de reserva. Considerando a

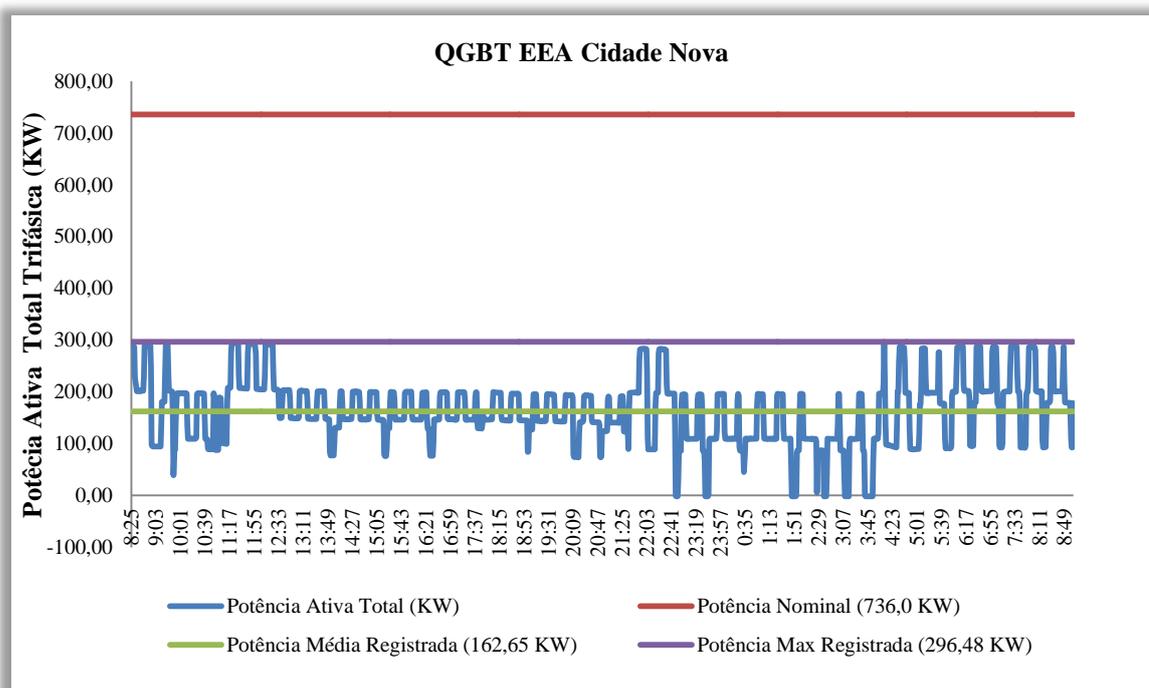
hipótese entre a relação carga versus rendimento, o fator de potência abaixo do mínimo, previsto pela legislação, oportuniza uma aplicação do banco de capacitores para atingir os níveis de eficiência energética indicados.

Tabela 19 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor bombeamento da EEA Cidade Nova – Fonte: Elaboração própria, 2015

| Setor | Bombeamento | | |
|------------------------------|--|----------|----------------------------|
| Ponto de medição | QGBT dos conjuntos motores-bombas / 440 V / Soft – Starter e Inversor / 24 h | | |
| Características equipamentos | 4 conjuntos de motores elétricos WEG de 125 CV/unidade (2 operando e 2 reserva); 1 conjunto motor-bomba elétrico WEG de 150 CV (operando) 2 conjuntos de motores elétricos WEG de 600 CV/unidade (1 operando e 1 reserva); | | |
| Potência nominal | 1.850 CV \approx 1361,6 KW | Operando | 1000 CV \approx 736,0 KW |
| | | Reserva | 850 CV \approx 625,6 KW |
| Fator de potência médio | 0,75 | | |

Segundo o Gráfico 24, o nível de carregamento operacional dos motores elétricos instalados no setor de bombeamento desta elevatória de água, sugere uma possível redução técnica na potência instalada, resultando na retirada de 439,52 KW, o que é o equivalente muito próximo a um motor de 600 CV.

Gráfico 24 – Variação temporal da potência ativa trifásica na EEA Cidade Nova – Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



As características da unidade consumidora em exame estão descritas na Tabela 20. Observa-se que, dentre os cinco conjuntos de motores elétricos, dois são de alto rendimento com 1400 CV/unidade e operam com tensão de 6,6 KV. Os outros motores que completam o setor de bombeamento tem idade de fabricação de 28 anos. O fator de potência está acima do mínimo previsto pela legislação do setor elétrico. Não foi possível confirmar, mediante a inexistência dos dados de placas, se os três conjuntos de motores passaram por alguma adequação (*retrofit*) visando a melhoria do desempenho elétrico.

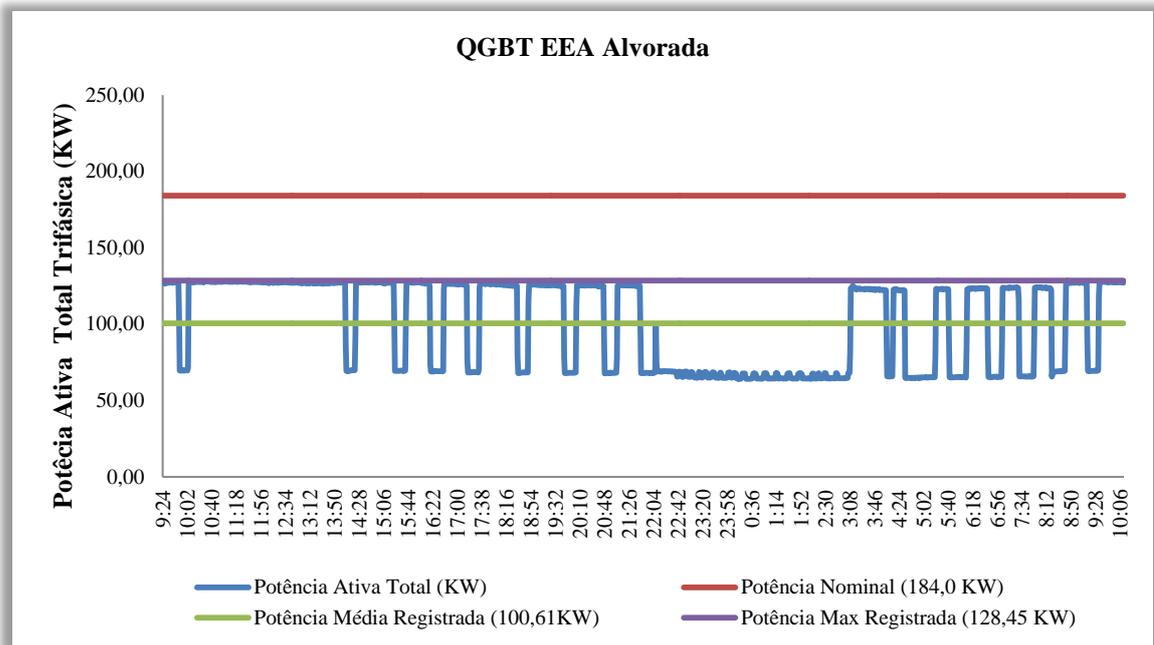
Tabela 20 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor bombeamento da EEA Alvorada – Fonte: Elaboração própria, 2015

| Setor | Bombeamento | | |
|------------------------------|---|----------|---------------------------|
| Ponto de medição | QGBT dos conjuntos motores-bombas / 440 V / Soft – Starter e Inversor / 24 h | | |
| Características equipamentos | 3 conjuntos de motores elétricos TOSHIBA de 125 CV/unidade (2 operando e 1 reserva); 2 conjuntos de motores elétricos GE de 1400 CV/unidade / 6600 V / inversor / 24 h (1 operando e 1 reserva); | | |
| Potência nominal | 375 CV \approx 276 KW | Operando | 250 CV \approx 184,0 KW |
| | | Reserva | 125 CV \approx 92,0 KW |
| Fator de potência médio | 0,93 | | |

Nota: O conjunto operado em 6,6 KV não foi objeto de medição por limitação do equipamento aferidor.

O Gráfico 25 mostra o nível de carregamento operacional dos motores elétricos instalados no setor de bombeamento da estação elevatória e sugere uma possível redução técnica na potência instalada, o que resultaria na retirada de 55,55 KW equivalendo a um motor de 75 CV.

Gráfico 25 – Variação temporal da potência ativa trifásica na EEA Alvorada – Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



A Tabela 21 apresenta as características do bombeamento da estação elevatória. Os seis motores elétricos são de alto rendimento, com idade de fabricação inferior a 10 anos. Os conjuntos de 750 CV/unidade que operam em tensão de 6,6 KV não foram objeto de medição. O fator de potência está um centésimo abaixo do mínimo previsto pela legislação do setor elétrico. Uma avaliação detalhada da rotina operacional hidroenergética poderá indicar a oportuna aplicação de um banco de capacitores ou adequação do sistema para atingir o limite permitido.

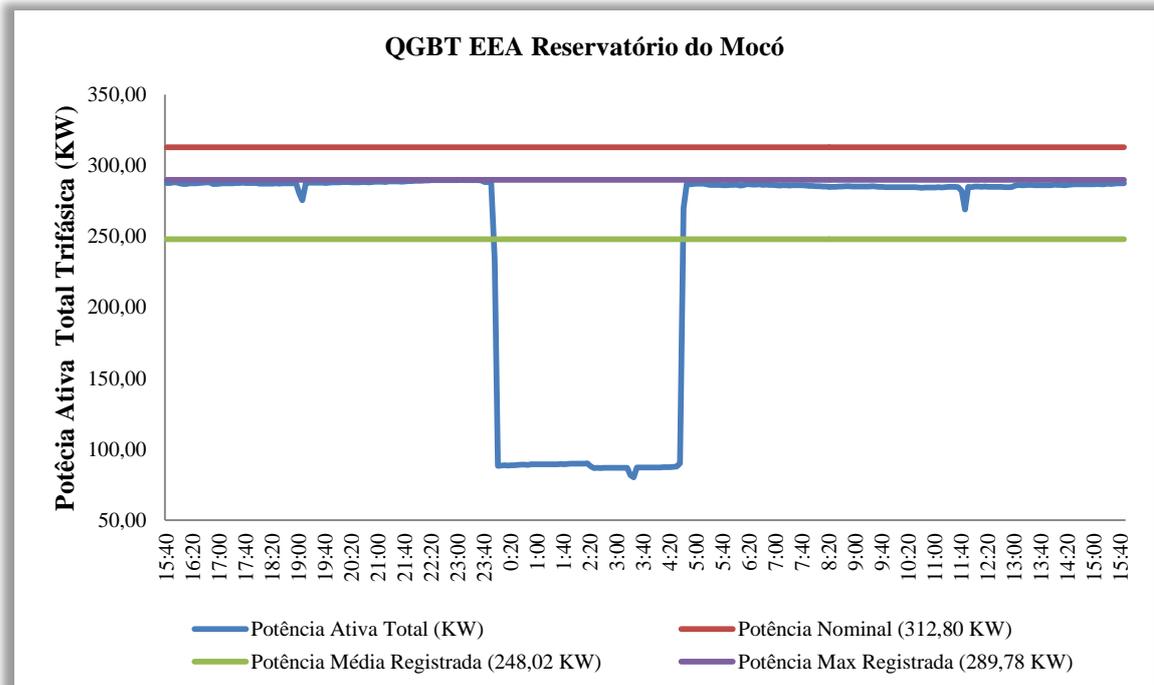
Tabela 21 – Características físico-mecânicas e elétricas no setor bombeamento da EEA Mocó – Fonte: Elaboração própria, 2015

| Unidade consumidora de energia elétrica: EEA Mocó | | | |
|---|--|----------|---------------------------|
| Setor | Bombeamento | | |
| Ponto de medição | QGBT dos conjuntos motores-bombas / 440 V / inversor / 24 h | | |
| Características equipamentos | 2 conjuntos de motores elétricos WEG de 125 CV/unidade (1 operando e 1 reserva); 2 conjuntos de motores elétricos WEG de 300 CV/unidade (1 operando e 1 reserva); 2 conjuntos de motores elétricos GE de 750 CV/unidade / 6600 V / inversor / 24 h (1 operando e 1 reserva); | | |
| Potência nominal | 850 CV \approx 625,6 KW | Operando | 425 CV \approx 312,8 KW |
| | | Reserva | 425 CV \approx 312,8 KW |
| Fator de potência médio | 0,91 | | |

Nota: O conjunto operado em 6,6 KV não foi objeto de medição por limitação do equipamento aferidor.

O Gráfico 26 mostra o nível de carregamento operacional dos motores elétricos instalados no setor de bombeamento da estação elevatória e sugere uma possível redução técnica na potência instalada, o que resultaria na retirada de 23,02 KW o equivalente a um motor de 30 CV.

Gráfico 26 – Variação temporal da potência ativa trifásica na EEA do Mocó – Fonte: Elaboração adaptada (EFICIND/NIPE, 2015)



7.9 Levantamento do potencial de redução na potência instalada em operação nas unidades consumidoras de energia elétrica: CPPI, Mauzinho e EEA.

O potencial de eficiência energética pôde ser identificado, por meio das características evidenciadas nas análises dos níveis de carregamentos elétricos para cada conjunto de motores-bombas. Em consequência disto, e explicitando a diferença entre os níveis de potência nominal (operando) e potência ativa máxima, foi possível quantificar o potencial de redução técnica, disponível sobre as rotinas operacionais nas unidades consumidoras em estudo, conforme resume a Tabela 22.

A potência nominal em operação nas cinco unidades relacionadas pela Tabela 22, confirma a representatividade do CPPI, em relação ao consumo de energia elétrica, dentre as demais unidades consumidoras do SAA de Manaus. Todavia, registra-se juntamente com a EEA Mocó, os menores potenciais de redução, indicando uma menor diferença entre a potência nominal em operação e o carregamento máximo registrado. Em contraste, ao

potencial expressivo de redução, apontado para a EEA Cidade Nova. Desta forma, em valores médios de redução, tem-se a indicação próxima a 26%, oportunizando ações de eficiência energética.

Tabela 22 – Totalização do potencial de redução na potência instalada em operação das unidades CPPI, Mauazinho e EEA – Fonte: Elaboração própria, (Manaus Ambiental, 2015)

| Unidade | Potência nominal operando (KW) | Potencial de redução (KW) | Percentual de redução (%) |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| EEA Cidade Nova | 736,00 | 439,52 | 59,72 |
| EEA Alvorada | 184,00 | 55,55 | 30,19 |
| Mauazinho | 747,04 | 170,39 | 22,81 |
| CPPI | 1.155,52 | 107,28 | 9,28 |
| EEA Mocó | 312,80 | 23,02 | 7,36 |
| Valor Médio | 627,07 | 159,15 | 25,87 |

Vale enfatizar que, as medições estenderam-se pelo período contínuo de 24 horas, representam um dia típico na rotina produtiva dos setores operados à baixa tensão, entre os meses de janeiro e abril de 2015. Por sua vez, a indicação dos percentuais de redução, são quantificações relativas aos sistemas de motores trifásicos, selecionados para medições dos indicadores elétricos. Por isso, não representam o percentual do potencial total de redução na planta da unidade consumidora.

Quando se fala em potencial de redução, está se indicando os possíveis potenciais técnicos para melhoria da eficiência energética em determinados setores do SAA. Assim, a concessionária deve avaliar a redução, não somente pelos aspectos técnicos isoladamente, mais analisá-los em concomitância aos potenciais econômicos e de mercado.

Uma tendência observada no seguimento de saneamento está relacionada ao crescimento da população atendida pelo SAA. Em consequência, demanda-se por mais serviços públicos, na forma de abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto. Dentro desta perspectiva, a tendência do planejamento nas unidades do SAA, é a prática de dimensionamento acima da capacidade necessária para o atendimento da demanda presente. Todavia, não é linear, a relação entre crescimento da população e sua distribuição nas zonas geográficas de Manaus – AM.

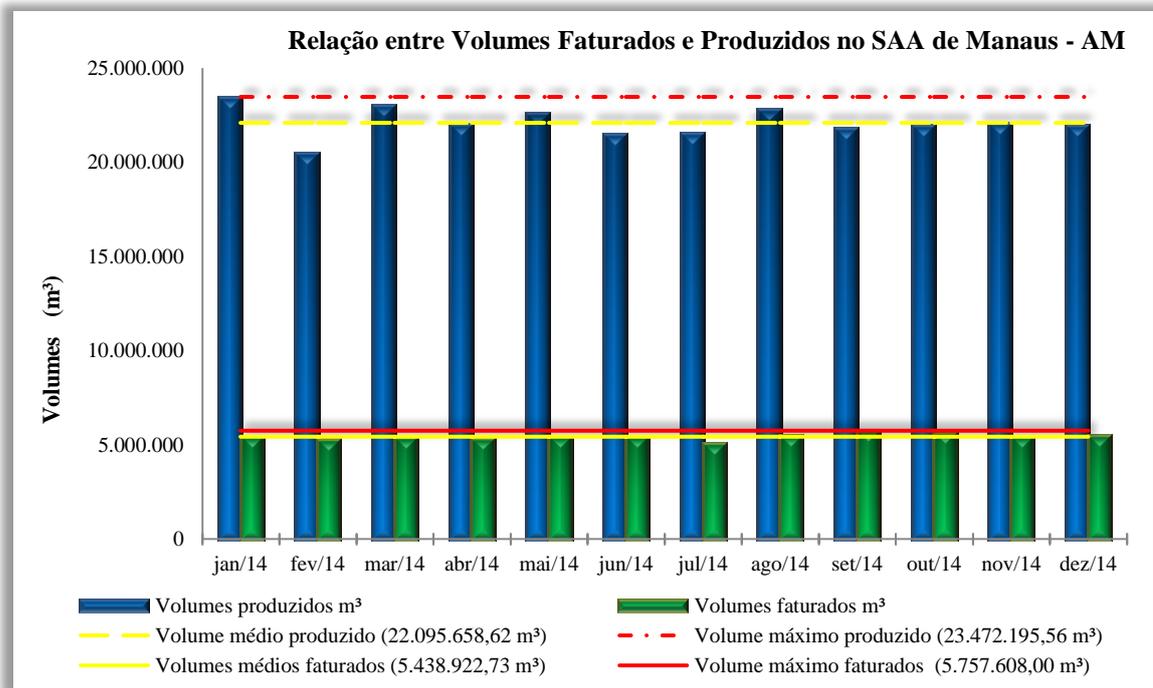
7.10 Levantamento dos aspectos gerais sobre potencial de perda de água na distribuição do SAA de Manaus.

A gestão das perdas de água tem papel fundamental nas ações estruturantes nos prestadores de serviços, sejam de natureza pública ou privada, operadores do SAA. Por certo, as ações em gerenciamento de perdas hidroenergéticas, tendem ao aprimorar dos sistemas de controle operacional, macro e micro medições. Dessa feita, constitui-se uma base de dados capaz de quantificar as perdas, que ocorrem entre as etapas: captação, tratamento, adução, reservação e distribuição. Por fim, a implantação de ações de reduções nos índices de perdas reais e aparentes, tem de estar inserida no âmbito dos processos operativos do SAA.

A simplicidade do segundo princípio da termodinâmica – Os sistemas de transformação de energia são indissociáveis de perdas – explica a ocorrência de perdas ao longo de processos de transformações. Assim, é natural haver perdas em SAA, a minimização das perdas de água e o gerenciamento dos custos dela decorrentes tornam o sistema mais eficiente.

O Gráfico 27 apresenta dados coletados em visitas de campo, associados às planilhas eletrônicas de controle dos volumes produzidos e faturados de água pelo SAA de Manaus. Todavia, observa-se o desnível entre aqueles volumes, que são indicativos dos excessivos níveis mensais de perdas registrados para os doze meses de 2014. Associados a estes, tem-se em referência os valores médios e máximos determinados pela análise dos dados. Do mesmo modo, é possível verificar as variações de pouca amplitude sobre a série dos volumes faturados.

Gráfico 27 – Características dos níveis de perdas relacionadas pelos volumes faturados e produzidos de água do SAA de Manaus – Fonte: Elaboração Adaptada (Manaus Ambiental, 2015)



As falhas em micro medição ocorridas nas malhas de distribuição, as ligações clandestinas e inconsistências no cadastro comercial de consumidores, estão associadas às perdas aparentes. Sendo estas, constituída pelo volume de água efetivamente consumida pelo usuário e que por alguma ocorrência não pôde ser aferida para efeito de faturamento, ocasionando o ônus de custo ao operador do SAA (BRASIL, 2014).

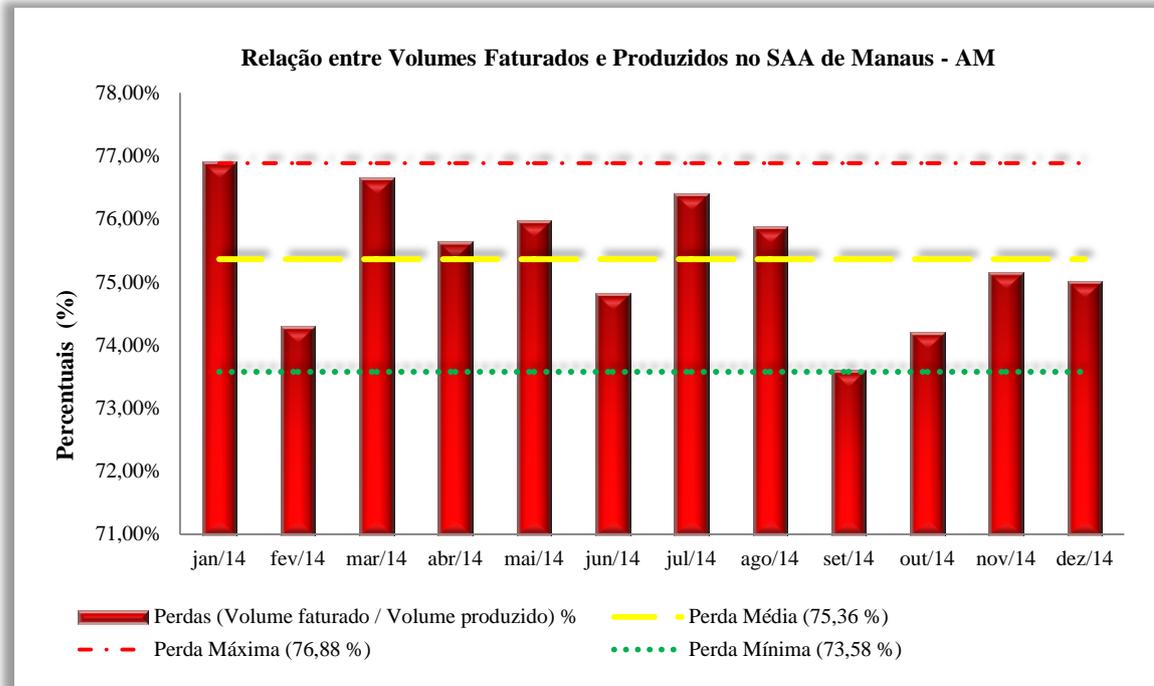
Os vazamentos ocorridos nas adutoras, bem como em redes e ramais de distribuição, igualmente em conexões e reservatórios das unidades operacionais que compõem o SAA, ficam circunscritos às perdas reais. Isto é, constitui-se pelo volume de água tratada disponibilizada para distribuição e que não chega aos domicílios consumidores (BRASIL, 2014).

O arranjo apresentado no Gráfico 28 dispõe sobre a participação mensal das perdas ao longo do período operacional de 2014. Em termos de percentuais, são apresentados os valores de médio e máximo para as perdas registradas em 2014. De toda, exposição dos dados pelo Gráfico 28, é possível constatar a ocorrência de perdas, acima do valor médio 75,36%, em seis meses distintos. Assim como, a verificação do percentual de perda máximo 76,88% registrado no mês de janeiro e o percentual mínimo 73,58% de perda no mês de setembro.

Os percentuais de água tratada associados às perdas são uma medida indireta das perdas com insumos químicos (usados para a potabilidade da água) e energia elétrica

(consumida na rotina operacional do SAA), ao passo que, podem expressar um potencial de oportunidades para eficiência energética.

Gráfico 28 – Características dos níveis de perdas relacionadas pelos volumes faturados e produzidos de água do SAA de Manaus – AM – Fonte: Elaboração Adaptada (Manaus Ambiental, 2015)



Por certo, correlacionados aos vazamentos na rede de distribuição, estão os fatores: qualidade dos materiais utilizados; idade das tubulações; especialização da mão-de-obra e ausência de programas para análises de perdas. Outro ponto a considerar em Brasil (2014, p. 28).

[...] índices de perdas muitas vezes elevados, demonstram a necessidade dos prestadores de serviços atuarem em ações para a melhoria da gestão, a sustentabilidade da prestação de serviços, a modernização de sistemas e a qualificação dos trabalhadores.

As ações voltadas ao gerenciamento das perdas de água contribuem para a gestão eficiente dos recursos e insumos demandados pelo SAA, possibilitando a conservação de energia elétrica a partir da conservação da água. Dessa forma, as ações de medições, controle e redução das perdas hidroenergéticas, quando tornadas perene podem assegurar retorno de investimentos e eficiência operacional da concessionária do SAA de Manaus.

Dentro desta perspectiva, faz-se necessário apresentar a Tabela 23, que dispõe sobre os percentuais de perdas do SAA em nível regional e nacional, disponibilizados por meio do Relatório de Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013.

Tabela 23 – Distribuição dos percentuais médios de perdas na distribuição de água dos prestadores de serviço, quanto à natureza jurídica e abrangência de atuação – Fonte: Elaboração adaptada (BRASIL, 2014)

| Região | Prestador de serviços (Natureza jurídica e abrangência) | | | Total |
|---------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------|
| | Regional | Local Direito Público | Local Empresa Privada | |
| Norte | 54,3% | 44,7% | 48,1% | 50,8% |
| Nordeste | 46,1% | 38,7% | - | 45,0% |
| Sul | 35,9% | 31,0% | 51,9% | 35,1% |
| Sudeste | 32,3% | 36,6% | 32,5% | 33,4% |
| Centro-Oeste | 29,4% | 32,1% | 49,1% | 33,4% |
| Brasil | 37,0% | 36,1% | 42,7% | 37,0% |

Apropósito, o valor médio nacional dos percentuais de perdas na distribuição para a totalidade da natureza jurídica dos prestadores de serviço é de 37%.

A distribuição evidencia, os níveis excedentes nos percentuais de perdas declarados pelos prestadores de serviço que atuam na Região Norte, em relação aos valores médios nacionais. É notável em comparativo entre as demais regiões geográficas os percentuais superiores de perdas. Por sua vez, os percentuais mais elevados são um indicativo de potenciais de efficientização hidroenergética.

Dessa feita, tem-se a caracterização dos percentuais de perdas nos prestadores de serviço, descritos por Brasil (2014, p. 33), que atuam nos estados da Região Norte: o maior nível de perda registrado está situado no Amapá 76,5% e o menor no Tocantins 34,3%. No que concerne às duas maiores unidades federativas da região, Amazonas e Pará, registraram percentuais próximos de 47% e 48,9% para as perdas de distribuição de água. Some-se a estes, os percentuais do Acre 55,9%, Rondônia 52,8% e Roraima 59,7%.

Por fim, vale observar que, a concessionária Manaus Ambiental é o único prestador de serviços com natureza jurídica de empresa privada, que atua no estado do Amazonas. As demais sedes dos municípios do estado do Amazonas, tem prestadores de natureza de direito públicas, em destaque numérico às autarquias municipais SAAE²⁸ e/ou com atuação da COSAMA.

²⁸ Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE

8 Considerações

As atuações focadas na redução dos níveis de perdas de água na distribuição contribuem para a coordenação operacional do SAA. Desta forma, podem resultar no aprimoramento do sistema de gestão da concessionária.

Os volumes de produção de água e os níveis de consumo de energia elétrica caracterizam a unidade CPPI como a de maior significância operacional em relação ao SAA em Manaus. Por certo, esta unidade registra percentuais 70,73% na participação do volume de água distribuída, isto considerando a atual configuração do SAA em Manaus. Ou seja, no período anterior à entrada operacional do PROAMA, gerido pela COSAMA, o CPPI respondia por 84,32% do volume total de água distribuída. Enfatiza-se, que os níveis de participação apresentados para a unidade CPPI, correspondem aos volumes médios registrados no período dos 12 meses de 2014.

Em relação ao consumo de energia elétrica, não foi possível a verificação da participação percentual, na formação do custo total com o insumo energia elétrica. Visto que, não foi possível, acessar à série anual das faturas de energia elétrica, relacionadas às demais unidades que compõem o SAA. Porém, ao se observar os percentuais participativos exibidos pelo CPPI para distribuição de água, pode-se vislumbrar algo de igual participação.

Os níveis de consumo de energia elétrica no setor de serviços podem indicar peculiaridades no desenvolvimento econômico, tecnológico e social, entre os países desenvolvidos e em via de desenvolvimento. Assim, é possível supor, a extensão dessa relação característica, ao seguimento de saneamento entre esses países.

A eficiência energética deve ser pensada e incorporada como uma ferramenta de desenvolvimento tecnológico, econômico e social para o país. De todo, há no seguimento saneamento, um potencial de atuação para a identificação e mitigação das perdas de água e consequente economia de energia elétrica. Por sua vez, estas reduções se reverterem em ganhos econômicos e eficiência nos sistemas.

Em relação à temática norteadora do levantamento de potenciais de eficiência energética desenvolvido nesta dissertação, fora possível identificar potencial para alterações no contrato de demanda da unidade CPPI, com sugestão de redução percentual próxima a 2% na demanda contratada.

No âmbito temático abordado, os levantamentos realizados nas unidades CPPI, Mauzinho e EEA. Com particular observância aos setores identificados pelo questionário disponibilizado pelo projeto EFICIND e caracterizados nas visitas de campo. Pode-se,

perfazer um percentual médio próximo a 26%, para o potencial de redução na potência instalada em operação das unidades do SAA.

Entretanto, quando se observa a ocorrência de perdas de água na distribuição, com valores percentuais de máximo 76,88%, mínimo 73,58% e valor médio em 75,36% ao longo dos 12 meses de 2014, pode se concluir sobre a urgência na abordagem do gerenciamento das perdas na distribuição.

O valor médio nacional de 37% relacionados aos percentuais de perdas na distribuição de água, identificado por meio das informações declaradas ao SNIS , ano base 2013, dão a indicação do quanto há de potencial para efficientização do SAA em Manaus.

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, S. D. T. M. & CHEUNG, P. B., 2013. **Perdas de água**: tecnologia de controle. 1a. ed. João Pessoa: UFPB.
- HINRICHES, R. A., KLEINBACH, M. & REIS, L. B. D., 2012. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Cengage Learning.
- MOURA, G. N. P. d., 2010. **A relação entre água e energia**: gestão energética nos sistemas de abastecimento de água das companhias de saneamento básico do Brasil, Rio de Janeiro: s.n.
- PANESI, A. R. Q., 2006. **Fundamentos de Eficiência Energética**. São Paulo: Ensino Profissional.
- PEREIRA, J. A. R. & CONDURÚ, M. T., 2014. **Abastecimento de Água**: informação para eficiência hidroenergética. João Pessoa: Editora Universitária UFPB.
- YOUNG, H. D. et al., 2008. **Física II**: Termodinâmica e Ondas. São Paulo: Person Education do Brasil.
- BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, Peter Batista. **Perdas de água**: tecnologias de controle. João Pessoa: UFPB, 2013.
- Agência Nacional de Água - ANA (Brasil). **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água. Brasília, 2010.
- JAMES, K. et. al. **Água e Energia** - Aproveitando as oportunidades de efficientização de água e energia não exploradas nos sistemas municipais. Aliança para Conservação de Energia. Washington , 2002.
- VILANOVA et al. Redução do consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento através da redução das perdas de água: estudo de caso no município de Lavras-MG. IN: GOMES, Heber Pimentel. **Sistemas de saneamento**: eficiência energética. João Pessoa: UFPB, 2010.
- WERDINE, D. **Perdas de água em sistemas de abastecimento**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia da Energia) - Programa de Pós Graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2002.
- GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
- TSUTIYA, M. T. **Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.
- TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
- ARAÚJO NETO, M. S. **Medidas de eficiência energética em serviços de distribuição de água e saneamento**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

GOMES H. P. **Sistema de Abastecimento de Água**. João Pessoa: UFPB, 2002.

BAHIA, S. R. (coord.) et al. **Eficiência Energética nos sistemas de saneamento**. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 2004.

FERNANDES, C. **Abastecimento de Água**. 2007. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento>. Acesso em 21 dez. 2014.

Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - ano base 2005 - classe comercial – Alta tensão – Relatório setorial: hotéis/motéis. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 15 set. 2014, 17:04:34.

Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2014**: Ano base 2013. Rio de Janeiro: EPE, 2013. Disponível < www.epe.gov.br >. Acesso em: 22 fev 2014, 09:25:23.

Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2014** – Ano base 2013: Relatório Síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2013. Disponível < www.epe.gov.br >. Acesso em: 06 set 2015.

Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2013** – Ano base 2012: Relatório Síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2013. Disponível < www.epe.gov.br >. Acesso em: 06 jan 2014.

Estimativa populacional para os municípios do estado do Amazonas 2011/2020. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Manaus: SEPLAN, 2010. Disponível < www.seplan.am.gov.br >. Acesso em: 14 maio 2014, 20:06:02.

International energy outlook 2013. U.S. Energy Information Administration (EIA). Disponível <[www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2013).pdf)>. Acesso em: 06 jan. 2014, 01:02:51.

MME. Ministério de Minas e Energia, **Balanco de Energia Útil**. Brasília, DF, 2005. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em fevereiro de 2014.

Perfil da região metropolitana de Manaus 2010. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Manaus: SEPLAN, 2011. Disponível < www.seplan.am.gov.br >. Acesso em: 14 março 2014, 22:25:02.

Perfil da região metropolitana de Manaus 2010. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Manaus: SEPLAN, 2013. Disponível < www.seplan.am.gov.br >. Acesso em: 14 maio 2014, 22:23:02.

Plano decenal de expansão de energia 2022 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2013.

Plano nacional de eficiência energética. Ministério de Minas e Energia. Brasília. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 30 ago. 2013, 16:40:11.

Produto interno bruto da região metropolitana de Manaus 2002/2011. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Manaus: SEPLAN, 2014. Disponível < www.seplan.am.gov.br >. Acesso em: 14 maio 2014, 23:52:45.

Produto interno bruto dos municípios do estado do Amazonas 2002/2011. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Manaus: SEPLAN, 2013. Disponível < www.seplan.am.gov.br >. Acesso em: 14 maio 2014, 21:13:36.

SEPLAN. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Produto Interno Bruto da Região Metropolitana de Manaus.** Governo de Estado do Amazonas. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Departamento de Estudos, Pesquisas e Informações – DEPI. Manaus, 2014.

SEPLAN. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Produto Interno Bruto Trimestral do Estado do Amazonas. 3º. Trimestre de 2013.** Governo de Estado do Amazonas. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Departamento de Estudos, Pesquisas e Informações – DEPI. Manaus, 2013.

SEPLAN. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Síntese Econômica do Estado do Amazonas 2011.** Governo de Estado do Amazonas. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Departamento de Estudos, Pesquisas e Informações – DEPI. Manaus, 2012.