



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

OSWALDO BUZOLIN JÚNIOR

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE DESEMPENHO
ENERGÉTICO EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE
ÁGUA**

CAMPINAS
2017

OSWALDO BUZOLIN JÚNIOR

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE DESEMPENHO
ENERGÉTICO EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE
ÁGUA**

Tese de Doutorado apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na área de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Franco Barbosa

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO OSWALDO BUZOLIN JÚNIOR E ORIENTADO PELO PROF. DR. PAULO SÉRGIO FRANCO BARBOSA.

ASSINATURA DO ORIENTADOR

CAMPINAS

2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

ORCID: <http://orcid.org/http://orcid.org/00>

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Luciana Pietrosanto Milla - CRB 8/8129

B989d Buzolin Júnior, Oswaldo, 1970-
Determinação de índices de desempenho energético em estações
elevatórias de água / Oswaldo Buzolin Júnior. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Paulo Sérgio Franco Barbosa.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Eficiência energética. 2. Abastecimento de água. 3. Bombeamento de
água. 4. Eficiência energética - Indicadores. I. Barbosa, Paulo Sérgio Franco,
1957-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Energy performance indices determination in water pumping
stations

Palavras-chave em inglês:

Energy efficiency

Water supply

Pumping of water

Energy efficiency - Indicators

Área de concentração: Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora:

Paulo Sérgio Franco Barbosa [Orientador]

Sérgio Valdir Bajay

Jamil Haddad

José Geraldo Pena de Andrade

Marco Aurélio Holanda de Castro

Data de defesa: 07-08-2017

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE DESEMPENHO
ENERGÉTICO EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA**

Oswaldo Buzolin Júnior

Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

**Prof. Dr. Paulo Sérgio Franco Barbosa
Presidente e Orientador / FEC - UNICAMP**

**Prof. Dr. Sérgio Valdir Bajay
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEM - UNICAMP**

**Prof. Dr. Jamil Haddad
Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI**

**Prof. Dr. José Geraldo Pena de Andrade
Faculdade de Tecnologia – FT - UNICAMP**

**Prof. Dr. Marco Aurélio Holanda de Castro
Universidade Federal do Ceará - UFC**

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 07 de agosto de 2017

Dedicatória

Dedico esse trabalho aos meus queridos filhos, Enzo e Sofia, e à minha amada esposa Mônica, razão da minha vida e motivação, para a busca do meu aprimoramento pessoal, profissional e acadêmico.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus, por ter condições física, emocional e financeira de concluir esse trabalho.

À Mônica, minha querida esposa, pelo amor, apoio, compreensão e suporte durante todo o doutorado, em todas as suas etapas. Todo o tempo em que não pude estar presente, soube suprir a minha falta com muito amor e dedicação.

Ao meus pais, Oswaldo e Aparecida, *in memoriam*, pela educação e formação que me deram, uma sólida base para que eu avançasse nos estudos.

A minha família e da minha esposa, que de forma indireta, me deram suporte para que pudesse me dedicar ao desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio Franco Barbosa, orientador e amigo, pela sua sabedoria acadêmica, técnica e pessoal, que me conduziu na elaboração do presente trabalho.

Aos professores da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, pelas aulas ministradas e ensinamentos transmitidos.

A todos os funcionários do Serviço de Água e Esgoto do Município de Araras-SP – SAEMA, pelo apoio total e irrestrito, disponibilizando materiais, pessoal, equipamentos e instalações para o desenvolvimento do estudo de caso.

A todos os funcionários do SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgotos do Município de Itapira-SP, com destaque para o Engenheiro Ambiental Denis Augusto Mathias, que abriu as portas da Autarquia, possibilitando a realização de minha pesquisa na principal estação elevatória de água bruta da cidade.

Aos amigos e colegas de trabalho que tenham participado, de alguma forma, da concretização desse sonho que agora vira realidade.

“Não há conquistas sem renúncias”

RESUMO

A gestão de uma empresa de saneamento, que tem dentro de suas principais atribuições a responsabilidade pelo abastecimento de água de uma cidade, não é uma tarefa simples, pois exige decisões complexas como a captação de água bruta nos mananciais, a adução de água, os processos de tratamento e, por fim, a distribuição de água tratada para as residências, comércio e indústria. Administrar uma empresa de saneamento requer, além do conhecimento técnico relativo ao assunto, uma boa estrutura administrativa, acompanhada de equipe técnica proativa e qualificada e, ainda, procedimentos de manutenção preventiva efetiva e atuante, para evitar que as emergências cotidianas prejudiquem a dinâmica da empresa. Estudos sobre eficiência energética, em muitos casos, são deixados de lado, pois as perdas financeiras, devido à falta de eficiência energética das estações elevatórias de água, são perdas discretas e silenciosas, o que requer uma análise aprofundada para serem identificadas. Considerando as emergências do cotidiano de uma empresa de saneamento, que acarretam despesas e perdas financeiras, ao contrário das perdas energéticas são facilmente visíveis e, dependendo da situação, acabam virando alvo de críticas da população e da mídia. Diante deste cenário, as perdas energéticas têm ficado em segundo plano e as vezes até esquecidas. Isto porque, como a estação elevatória está funcionando, não há aparentemente perdas. Para gerenciar uma empresa de saneamento, com o foco no consumo racional de energia elétrica, torna-se necessário o estabelecimento de índices de desempenho energético que considerem variáveis intrínsecas às instalações, além de equipamentos e operações das unidades de recalque de água, que apontem a eficiência de pontos importantes das estações elevatórias de água. De forma resumida, esse trabalho buscou pesquisar, propor e avaliar índices de desempenho energético aplicáveis às empresas de saneamento, que deem subsídios ao gestor por meio de informações relevantes, para que seja possível avaliar as perdas existentes e dar alicerce para proposição de melhorias em busca da eficiência energética. De forma específica, avaliar as condições da empresa com relação à eficiência e à eficácia no uso da energia elétrica nas estações elevatórias de água.

Palavras-Chave: Eficiência Energética, Estação Elevatória de Água, Índices de Eficiência Energética e Sistemas de Abastecimento de Água.

ABSTRACT

The management of a sanitation company, which has as its main assignments the responsibility for urban water supply, isn't a simple task, since it requires complex decisions such as water catchment, water adduction, treatment processes and, finally, distribution of treated water to households, commerce and industry. Managing a sanitation company requires, in addition to the technical knowledge related to the subject, a good administrative structure, accompanied by a proactive and qualified technical team, as well as effective and active preventive maintenance procedures to prevent daily emergencies from damaging the company's process. Studies on energy efficiency are often neglected because the financial losses due to the lack of energy efficiency of the water lift stations are invisible losses, which require a detailed analysis to be recognized. Considering the daily emergencies of a sanitation company, which entail financial expenses and losses, in contrast to the energy losses are easily visible and, depending on the situation, end up being the target of criticism from the population and the media. Faced with this scenario, energy losses have been in the background and sometimes even forgotten. This is because, as the lift station is running, there are apparently no losses. To manage a sanitation company with a focus on the rational consumption of electric energy it is necessary to establish energy performance indices that consider variables intrinsic to the facilities, as well as equipment and operations of water retention units, which point to the efficiency of important points of water pumping stations. In summary, this work sought to research, propose and evaluate energy performance indices applicable to sanitation companies, which provide subsidies to the manager through relevant information, so that it is possible to evaluate the existing losses and provide a basis for proposing improvements in search of energy efficiency. Specifically, to evaluate the company's conditions regarding efficiency and effectiveness in the use of electric energy in water pumping stations.

Key Words: Energy Efficiency, Water Pump Station, Energy Efficiency Indices and Water Supply Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Esquema de um sistema de abastecimento de água.....	44
Figura 2.2 – Gráfico de desconto na tarifa de energia pelo tempo.....	56
Figura 2.3 – Gráfico com o perfil de água e energia para 17 cidades, mostrando suas trajetórias ao longo do tempo.....	61
Figura 2.4 – Gráfico com o perfil de consumo de água-energia para 30 cidades. ...	62
Figura 2.5 – Rendimentos mínimos de motores, de acordo com a NBR-7094.....	101
Figura 2.6 – Nível de utilização da energia elétrica em uma instalação.....	103
Figura 2.7 – Gráfico de avaliação do diâmetro econômico	107
Figura 2.8 – Gráfico da associação de duas bombas diferentes em paralelo	108
Figura 2.9 – Distribuição de energia em motores elétricos	116
Figura 2.10 – Pontos de funcionamento para 3 rotações diferentes	121
Figura 3.1 – Esquema das variáveis relativas ao desempenho energético da tubulação.....	126
Figura 3.2 – Gráfico da relação entre velocidade e perda de carga unitária, para o coeficiente de Hazen-Williams $C=80$	129
Figura 3.3 – Gráfico da relação entre velocidade e perda de carga unitária, para o coeficiente de Hazen-Williams $C=100$	129
Figura 3.4 – Gráfico da relação entre velocidade e perda de carga unitária, para o coeficiente de Hazen-Williams $C=120$	130
Figura 3.5 – Gráfico da relação entre o coeficiente C da equação de Hazen-Williams e a perda de carga unitária.. ..	132
Figura 3.6 – Esquema das variáveis relativas ao desempenho energético do motor	134
Figura 3.7 – Curva de desempenho do motor WEG W22 IR3 Premium.	137
Figura 3.8 – Esquema com as variáveis relativas ao desempenho energético da bomba	140
Figura 3.9 – Gráfico das curvas da bomba centrífuga bipartida FBBP 8LN21E utilizada na EEAB Rio Mogi Guaçu em Araras-SP.	141
Figura 3.10 – Esquema com as variáveis relativas ao desempenho energético do conjunto motor e bomba.....	144

Figura 4.1 – Foto EEAB – Rio Mogi Guaçu – Araras-SP	162
Figura 4.2 – Três linhas de tubulação de captação de água bruta diretamente do Rio Mogi Guaçu.....	163
Figura 4.3 – Foto das duas caixas de areia após a captação, vistas de fora	164
Figura 4.4 – Foto das duas caixas de areia após a captação, vista de dentro	164
Figura 4.5 – Foto poço de sucção e casa de máquinas, vistos de fora	165
Figura 4.6 – Foto dos conjuntos motobomba 1 e 2 e barriletes da EEAB Rio Mogi Guaçu em Araras-SP	166
Figura 4.7 – Figura com o esquema dos conjuntos motobomba e linha de recalque da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP	166
Figura 4.8 – Foto da placa de inauguração da EEAB do Rio Mogi Guaçu em Araras-SP	168
Figura 4.9 – Foto do manovacuômetro Zurich, efetuando a leitura da carga manométrica de sucção no conjunto 1 da EEAB Mogi Guaçu	169
Figura 4.10 – Foto do manômetro Zurich efetuando a leitura da carga manométrica de recalque no conjunto 1 da EEAB Mogi Guaçu	170
Figura 4.11 – Foto do despejo de água bruta do Rio Mogi Guaçu e da Represa Hermínio Ometto no canal de entrada da ETA do SAEMA	171
Figura 4.12 – Foto da calha Parshall e medidor ultrassônico de nível da água instalado próximo à calha Parshall da ETA do SAEMA	172
Figura 4.13 – Foto do medidor de vazão de entrada de água bruta na ETA do SAEMA	172
Figura 4.14 – Foto do medidor de energia elétrica dos conjuntos motobomba do segundo estágio de bombeamento da EEAB Rio Mogi Guaçu	173
Figura 4.15 – Conta de energia elétrica da EEAB Rio Mogi Guaçu, referente ao mês de dezembro de 2016	176
Figura 4.16 – Foto do Ribeirão da Penha em Itapira-SP, local da captação de água bruta do SAAE Itapira	177
Figura 4.17 – Foto das tubulações de sucção de água, instaladas na caixa de captação de água da EEAB Ribeirão da Penha em Itapira-SP	178
Figura 4.18 – Foto da fachada da EEAB Ribeirão da Penha - Itapira-SP	179
Figura 4.19 – Foto com a tubulação de saída da EEAB Ribeirão da Penha e interligação com tubo DN 250 mm	181

Figura 4.20 – Foto dos conjuntos motobomba A, B, C e D da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	181
Figura 4.21 – Foto do conjunto motobomba D da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	182
Figura 4.22 – Figura com o esquema dos conjuntos motobomba e linhas de recalque da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	182
Figura 4.23 – Foto do medidor da carga manométrica de sucção dos conjuntos motobomba da EEAB Ribeirão da Penha	185
Figura 4.24 – Foto do medidor da carga manométrica de recalque dos conjuntos motobomba da EEAB Ribeirão da Penha	185
Figura 4.25 – Foto da tela do monitoramento remoto dos conjuntos motobomba da EEAB Ribeirão da Penha	186
Figura 4.26 – Foto da calha Parshall e sensor de nível de água ultrassônico, instalado na ETA do SAAE de Itapira-SP	190
Figura 4.27 – Foto do medidor de vazão ultrassônico instalado na ETA do SAAE de Itapira-SP, para o registro da vazão e volume acumulado de entrada	191
Figura 4.28 – Foto da identificação do medidor de vazão ultrassônico instalado na ETA do SAAE de Itapira-SP	191
Figura 4.29 – Conta de energia elétrica da EEAB Ribeirão da Penha, referente ao mês de janeiro de 2015 emitida pela CPFL	200
Figura 5.1 – Foto do motor Toshiba utilizado na EEAB Rio Mogi Guaçu	203
Figura 5.2 – Gráfico radar com os índices de desempenho energético operacional e financeiro da EEAB Rio Mogi Guaçu – Dez/16 - referente a novembro de 2016	207
Figura 5.3 – Gráfico da relação entre o custo total com a energia ativa consumida (kWh) para realizar o bombeamento da água bruta do Rio Mogi Guaçu até a ETA, no ano de 2015	211
Figura 5.4 – Gráfico das energias ativa e reativa consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.....	211
Figura 5.5 – Gráfico das energias ativa e reativa consumidas no horário de ponta e fora de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	212

Figura 5.6 – Gráfico das demandas ativa, reativa e contratada da EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.....	212
Figura 5.7 – Gráfico do custo total com o fornecimento de energia elétrica e das penalidades da EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.....	213
Figura 5.8 – Gráfico do IDEO1 – Relação entre a energia ativa e as energias ativa e reativa consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	214
Figura 5.9 – Gráfico do IDEF1 – Relação entre os custos da energia ativa e das energias ativa e reativa consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	215
Figura 5.10 – Gráfico do IDEO2 – Relação entre as energias fora do horário de ponta, e total consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	215
Figura 5.11 – Gráfico do IDEF2 – Relação entre os custos das energias fora do horário de ponta, e total consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	216
Figura 5.12 – Gráfico do IDEO3F – Relação da demanda ativa e a demanda ativa mais a de ultrapassagem, no horário fora de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.....	217
Figura 5.13 – Gráfico do IDEF3F – Relação do custo da demanda ativa e da demanda ativa mais da de ultrapassagem, no horário fora de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	217
Figura 5.14 – Gráfico do IDEO3P – Relação da demanda ativa, com a soma da demanda ativa mais a de ultrapassagem, no horário de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.....	218
Figura 5.15 – Gráfico do IDEF3P – Relação do custo da demanda ativa e da demanda ativa mais a ultrapassagem no horário de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	218
Figura 5.16 – Gráfico do IDEO4F – Relação da demanda ativa fora da ponta e da demanda contratada fora da ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	219
Figura 5.17 – Gráfico do IDEO4P – Relação da demanda ativa na ponta e da demanda contratada de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	219

Figura 5.18 – Gráfico do IDEF5 – Relação dos custos de penalidades da EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	220
Figura 5.19 – Gráfico do IDEO6 – Ociosidade dos conjuntos motobomba ou fator de carga da EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015	221
Figura 5.20 – Gráfico radar com os índices de desempenho energético operacional e financeiro, da EEAB Ribeirão da Penha relativo a setembro de 2016	238
Figura 5.21 – Gráfico da relação entre o custo total com a energia ativa consumida (kWh), para realizar o bombeamento da água bruta do Ribeirão da Penha até a ETA, no ano de 2015	241
Figura 5.22 – Gráfico das energias ativa e reativa consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	242
Figura 5.23 – Gráfico das energias ativa e reativa consumidas no horário de ponta e fora de ponta na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	242
Figura 5.24 – Gráfico das demandas ativa, reativa e contratada da EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	243
Figura 5.25 – Gráfico do custo total com o fornecimento de energia elétrica e das penalidades da EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	243
Figura 5.26 – Gráfico do IDEO1 – Relação entre a energia ativa e as energias ativa e reativa consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015 ...	245
Figura 5.27 – Gráfico do IDEF1 – Relação entre os custos da energia ativa e das energias ativa e reativa consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	245
Figura 5.28 – Gráfico do IDEO2 – Relação entre as energias fora do horário de ponta, e total consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	246
Figura 5.29 – Gráfico do IDEF2 – Relação entre os custos das energias fora do horário de ponta, e total consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.	246
Figura 5.30 – Gráfico do IDEO3F – Relação da demanda ativa e a demanda ativa mais a ultrapassagem no horário fora de ponta EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	247

Figura 5.31 – Gráfico do IDEF3F – Relação do custo da demanda ativa e da demanda ativa mais da de ultrapassagem no horário fora de ponta EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	247
Figura 5.32 – Gráfico do IDEO3P – Relação da demanda ativa, com a soma da demanda ativa mais a de ultrapassagem no horário de ponta EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.....	248
Figura 5.33 – Gráfico do IDEF3P – Relação do custo da demanda ativa e da demanda ativa mais da de ultrapassagem no horário de ponta EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.....	248
Figura 5.34 – Gráfico do IDEO4F – Relação da demanda ativa fora da ponta e da demanda contratada fora da ponta na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	249
Figura 5.35 – Gráfico do IDEO4P – Relação da demanda ativa na ponta e da demanda contratada de ponta na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	249
Figura 5.36 – Gráfico do IDEF5 – Relação dos custos de penalidades da EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.....	250
Figura 5.37 – Gráfico do IDEO6 – Ociosidade dos conjuntos motobomba ou fator de carga da EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015	251
Figura 8.1 – Curva representativa da disponibilidade hídrica na região sudeste e do consumo de energia elétrica no Brasil	274
Figura 8.2 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de janeiro de 2015	277
Figura 8.3 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de fevereiro de 2015	278
Figura 8.4 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de março de 2015	279
Figura 8.5 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de abril de 2015	280
Figura 8.6 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de maio de 2015	281
Figura 8.7 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de junho de 2015	282

Figura 8.8 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de julho de 2015	283
Figura 8.9 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de agosto de 2015	284
Figura 8.10 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de setembro de 2015	285
Figura 8.11 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de outubro de 2015	286
Figura 8.12 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de novembro de 2015	287
Figura 8.13 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de dezembro de 2015	288
Figura 8.14 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de janeiro de 2015	289
Figura 8.15 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de fevereiro de 2015	290
Figura 8.16 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de março de 2015	291
Figura 8.17 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de abril de 2015	292
Figura 8.18 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de maio de 2015	293
Figura 8.19 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de junho de 2015	294
Figura 8.20 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de julho de 2015.....	295
Figura 8.21 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de agosto de 2015	296
Figura 8.22 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de setembro de 2015	297
Figura 8.23 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de outubro de 2015	298

Figura 8.24 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de novembro de 2015	299
Figura 8.25 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de dezembro de 2015	300
Figura 8.26 – Requerimento ao SAEMA para autorização de manipulação dos dados da EEAB Mogi Guaçu e publicação.	301
Figura 8.27 – Ofício GP 185/2016, com o deferimento do presidente do SAEMA de Araras-SP, para a manipulação dos dados da EEAB Mogi Guaçu e publicação	302
Figura 8.28 – Ofício GP 185/2016, com o deferimento do presidente do SAEMA de Araras-SP, para a manipulação dos dados da EEAB Mogi Guaçu e publicação	303
Figura 8.29 – Curvas das bombas centrífuga bipartida da empresa Fabricadora de Bomba – FB – FBBP 8LN21E, que equipam os conjuntos 1 e 2	304
Figura 8.30 – Curvas das bombas centrífuga da empresa KSB ETA 150-50 que equipam os conjuntos A, B e C	305
Figura 8.31 – Curvas da bomba centrífuga da empresa IMBIL ITAP 200-400 que equipa o conjunto D – Altura Manométrica x Vazão e Potência x Vazão	306
Figura 8.32 – Curvas da bomba centrífuga da empresa IMBIL ITAP 200-400 que equipa o conjunto D – Rendimento x Vazão e NPSHr x Vazão	307

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Consumo de energia elétrica de quatro elevatórias de água tratada da SABESP com e sem regras operacionais para o bombeamento.	52
Tabela 2.2 – Tarifas da Elektro para o Grupo B (Baixa Tensão).....	67
Tabela 2.3 – Tarifas da Elektro para o Grupo A (Média e Alta Tensão) – Tarifa Verde	68
Tabela 2.4 – Tarifas da Elektro para o Grupo A (Média e Alta Tensão) – Tarifa Azul	68
Tabela 2.5 – Comparação entre perda e desperdício de energia.	96
Tabela 3.1 – Planilha de cálculo, das perdas de carga unitária, a partir de uma vazão e diâmetro interno fixo, variando o coeficiente C de Hazen-Williams.....	132
Tabela 3.2 – Relação entre a potência do motor e rendimentos nominais mínimos conforme portaria interministerial nº 553/2005.....	135
Tabela 3.3 – Planilha com as variáveis disponíveis nas contas de energia elétrica.....	146
Tabela 3.4 – Classificação do fator de carga	153
Tabela 3.5 – Combinações de estações elevatórias de água considerando a vazão, desnível geométrico e extensão da adutora	158
Tabela 4.1 – Consumo e custo específico de energia das captações do SAEMA ..	163
Tabela 4.2 – Planilha com os conjuntos motobomba instalados na EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP	165
Tabela 4.3 – Planilha com os dados da linha de recalque da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP	167
Tabela 4.4 – Planilha com as informações observadas e calculadas, relativas ao conjunto 1 da EEAB Mogi Guaçu	174
Tabela 4.5 – Planilha com as informações observadas e calculadas, relativas ao conjunto 2 da EEAB Mogi Guaçu	175
Tabela 4.6 – Planilha com os conjuntos motobomba instalados na EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	179

Tabela 4.7 – Planilha com os dados das linhas de recalque da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	180
Tabela 4.8 – Planilha com as oito configurações de operação ensaiadas da EEAB Ribeirão da Penha	183
Tabela 4.9 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T0 na EEAB Ribeirão da Penha	187
Tabela 4.10 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T1 na EEAB Ribeirão da Penha	187
Tabela 4.11 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T2 na EEAB Ribeirão da Penha	187
Tabela 4.12 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T3 na EEAB Ribeirão da Penha	188
Tabela 4.13 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T4 na EEAB Ribeirão da Penha	188
Tabela 4.14 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T5 na EEAB Ribeirão da Penha	189
Tabela 4.15 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T6 na EEAB Ribeirão da Penha	189
Tabela 4.16 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T7 na EEAB Ribeirão da Penha	190
Tabela 4.17 – Planilha com as vazões totais médias adotadas para a determinação dos índices de desempenho energético	192
Tabela 4.18 – Planilha com os coeficientes C de Hazen-Williams para tubos em ferro fundido conforme tempo de uso e diâmetro	193
Tabela 4.19 – Planilha com os dados e cálculos das vazões nas adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha para o ensaio T0	194
Tabela 4.20 – Planilha com os dados e cálculos das vazões nas adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha para o ensaio T4	195
Tabela 4.21 – Planilha com os dados e cálculos das vazões nas adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha para o ensaio T5	195
Tabela 4.22 – Planilha com os dados e cálculos das vazões nas adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha para o ensaio T6	195

Tabela 4.23 – Planilha com os dados e cálculos das vazões nas adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha para o ensaio T7	195
Tabela 4.24 – Planilha com as informações relativas a energia elétrica consumida nos testes 0, 1, 2 e 3 realizados na EEAB Ribeirão da Penha	197
Tabela 4.25 – Planilha com as informações relativas à energia elétrica consumida nos testes 4, 5, 6 e 7 realizados na EEAB Ribeirão da Penha	198
Tabela 5.1 – Planilha com os dados para determinação do IDET1 do conjunto 1 da EEAB Rio Mogi Guaçu	201
Tabela 5.2 – Planilha com os dados para determinação do IDET1 do conjunto 2 da EEAB Rio Mogi Guaçu	202
Tabela 5.3 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1 do conjunto 1 da EEAB Rio Mogi Guaçu	204
Tabela 5.4 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1 do conjunto 2 da EEAB Rio Mogi Guaçu	205
Tabela 5.5 – Dados da operação, IDET1 e IDEC1 dos conjuntos 1 e 2 da EEAB Rio Mogi Guaçu	205
Tabela 5.6 – Planilha com os dados para determinação, e os índices IDEO e IDEF da EEAB Rio Mogi Guaçu relativo a novembro de 2016.....	206
Tabela 5.7 – Planilha com as demandas e energia consumida no horário de ponta, no ano de 2015, relativas à EEAB Rio Mogi Guaçu.....	208
Tabela 5.8 – Planilha com as demandas e energia consumida no horário fora de ponta, no ano de 2015, relativas à EEAB Rio Mogi Guaçu	209
Tabela 5.9 – Planilha com os custos das demanda e energia consumida no horário de ponta, no ano de 2015, relativas à EEAB Rio Mogi Guaçu	209
Tabela 5.10 – Planilha com os custos das demanda e energia consumida no horário fora de ponta no ano de 2015 da EEAB Rio Mogi Guaçu	210
Tabela 5.11 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T0, para o tubo DN 250 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	222
Tabela 5.12 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T0, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	222
Tabela 5.13 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T1, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	223

Tabela 5.14 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T2, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	223
Tabela 5.15 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T3, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	224
Tabela 5.16 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T4, para o tubo DN 250 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	224
Tabela 5.17 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T4, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	225
Tabela 5.18 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T5, para o tubo DN 250 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	225
Tabela 5.19 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T5, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	226
Tabela 5.20 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T6, para o tubo DN 250 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	226
Tabela 5.21 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T6, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	227
Tabela 5.22 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T7, para o tubo DN 250 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	227
Tabela 5.23 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T7, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.....	228
Tabela 5.24 – Planilha com os dados para determinação do IDEM1, conforme ensaio T1, para o motor do conjunto B da EEAB Ribeirão da Penha.....	230
Tabela 5.25 – Planilha com os dados para determinação do IDEM1, conforme ensaio T3, para o motor do conjunto A da EEAB Ribeirão da Penha.....	230
Tabela 5.26 – Planilha com os dados para determinação do IDEM1, conforme ensaio T6, para o motor do conjunto D da EEAB Ribeirão da Penha.....	231
Tabela 5.27 – Planilha com os dados para determinação do IDEB1, conforme ensaio T1, para o motor do conjunto B da EEAB Ribeirão da Penha.....	232
Tabela 5.28 – Planilha com os dados para determinação do IDEB1, conforme ensaio T3, para o motor do conjunto A da EEAB Ribeirão da Penha.....	232
Tabela 5.29 – Planilha com os dados para determinação do IDEB1, conforme ensaio T6, para o motor do conjunto A da EEAB Ribeirão da Penha.....	232

Tabela 5.30 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1, conforme ensaio T0, para os conjuntos B, C e D da EEAB Ribeirão da Penha	233
Tabela 5.31 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1, conforme ensaio T2, para os conjuntos A e B da EEAB Ribeirão da Penha	234
Tabela 5.32 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1, conforme ensaio T4, para os conjuntos A e B da EEAB Ribeirão da Penha	234
Tabela 5.33 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1, conforme ensaio T5, para os conjuntos A, B e C da EEAB Ribeirão da Penha	234
Tabela 5.34 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1, conforme ensaio T7, para os conjuntos A, C e D da EEAB Ribeirão da Penha	235
Tabela 5.35 – Planilha com os dados referente aos oito ensaios realizados na EEAB Ribeirão da Penha para determinação do IDET1, IDEM1, IDEB1 e IDEC1.....	235
Tabela 5.36 – Planilha com os dados para determinação e os índices IDEO e IDEF da EEAB Ribeirão da Penha relativo a setembro de 2016.....	237
Tabela 5.37 – Planilha com as demandas e energias consumidas no horário de ponta, no ano de 2015, da EEAB Ribeirão da Penha	239
Tabela 5.38 – Planilha com as demandas e energias consumidas no horário fora de ponta, no ano de 2015, da EEAB Ribeirão da Penha	239
Tabela 5.39 – Planilha com os custos das demandas e energias consumidas no horário de ponta, no ano de 2015, da EEAB Ribeirão da Penha	240
Tabela 5.40 – Planilha com os custos das demandas e energias consumidas no horário fora de ponta, no ano de 2015, da EEAB Ribeirão da Penha	240

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
AWWA - *“American Water Works Association”*
AWWARF – *“American Water Works Association Research Foundation”*
BEN – Balanço Energético Nacional
CESP – Companhia Energética de São Paulo
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CV – Cavalo Vapor
DN – Diâmetro Nominal
ECE – Encargo de Capacidade Emergencial
EEA- Estação Elevatória de Água
EEAB – Estação Elevatória de Água Bruta
EEAT – Estação Elevatória de Água Tratada
ETA – Estação de Tratamento de Água
FB – Fabricadora de Bomba
GIS – *“Geographic Information System”*
GMF - Grupo de Mecânica de Flúidos
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
ID – Indicadores de Desempenho
IDE – Índice de Desempenho Energético
IDEB – Índice de Desempenho Energético das Bombas
IDEC – Índice de Desempenho Energético dos Conjuntos
IDEF – Índice de Desempenho Energético Financeiro
IDEM – Índice de Desempenho Energético dos Motores
IDEO – Índice de Desempenho Energético Operacional
IDET – Índice de Desempenho Energético das Tubulações
IMTA - Instituto Mexicano de Tecnologia da Água
IPCC – *“Intergovernmental Panel on Climate Change”*
ISO – *“International Organization for Standardisation”*

IWA - *“International Water Association”*

IWSA - *“International Water Supply Association”*

LENHS - Laboratório de Eficiência Energética em Hidráulica e Saneamento

NBR – Norma Brasileira

NPSH – *“Net Positive Suction Head”*

NPSHr – *“Net Positive Suction Head”* requerida

PEAD – Polietileno de alta densidade

PLANASAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PRFV – Polietileno reforçado com fibra de vidro

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROCEL SANEAR – PROCEL no Saneamento Ambiental

PRORET - Procedimentos de Regulação Tarifária

PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

PVC – Policloreto de Vinila

RPM – Rotação Por Minuto

RPVC – Policloreto de Vinila reforçado

SAA – Serviço de Abastecimento de Água

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SABESP – Superintendência do Abastecimento de Água do Estado de São Paulo

SAEMA – Serviço de Água e Esgoto do Município de Araras-SP

SANASA - Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A

SIG – Sistema de Informação Georeferenciada

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

STF – Supremo tribunal federal

TEP – Tonelada equivalente de petróleo

UFB - Universidade Federal da Paraíba

UME – *“Unavoidable Minimum Energy”*

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

VRP – Válvula Redutora de Pressão

WERF – *“Water Environment Research Foundation”*

LISTA DE SIMBOLOS

AG005	volume de esgoto coletado – m ³
AG006	volume de água produzida (água tratada) – m ³
AG010	volume de água consumida - m ³
AG011	volume de água faturado (efetivamente cobrado) - m ³
AG018	volume de água tratada e importada (água proveniente de outras fontes como poços artesianos e/ou de outras regiões) – m ³
AG024	volume de água de serviço (água utilizada para limpeza dos decantadores, filtros, e demais estruturas da ETA, bem como, descargas das tubulações para limpeza da rede) - m ³
AG028	consumo total de energia elétrica nos sistemas de água – kWh
C	coeficiente de Hazen-Williams - m ^{0,367} /s
Co	conjugado ou torque – Kgf * m
C7	capacidade máx. bombeamento das estações elevatória. - kW
CDAF	custo de demanda ativa fora da ponta – R\$
CDAP	custo de demanda ativa na ponta – R\$
CDCF	custo de demanda contratada fora da ponta – R\$
CDCP	custo de demanda contratada na ponta – R\$
CDRF	custo de demanda reativa fora da ponta – R\$
CDRP	demanda reativa na ponta – R\$
CDUF	custo de demanda de ultrapassagem fora da ponta – R\$
CDUP	custo de demanda de ultrapassagem na ponta – R\$
CEAF	custo de energia ativa fora da ponta – R\$
CEAP	custo de energia ativa na ponta – R\$
CEE _L	consumo energético linear – kWh / m ³ * m
C _{EL}	consumo de energia elétrica no período de referência – kWh
CERF	custo de energia reativa fora da ponta - R\$
CERP	custo de energia reativa na ponta – R\$
Cosφ	fator de potência - adimensional
CTEE	custo total de energia elétrica – R\$
D	diâmetro interno da tubulação – metros

D1	consumo energia elétrica para bombeamento – kWh
D2	consumo máximo diário de energia para bombeamento - kWh
D3	fator de uniformização – $m^3 \cdot 100m$
D4	consumo de energia elétrica reativa para o bombeamento no período de referência – kVArh
D5	recuperação de energia – kWh
DAF	demanda ativa fora da ponta – kW
DAP	demanda ativa na ponta – kW
DCF	demanda contratada fora da ponta – kW
DCP	demanda contratada na ponta – kW
D _{máx}	demanda de potência máxima no mês - kW
DMP	dias medidos no período – dias
DP	número de dias do período de medição - dias
DRF	demanda reativa fora da ponta – kVAr
DRP	demanda reativa na ponta – kVAr
DUF	demanda de ultrapassagem fora da ponta – kW
DUP	demanda de ultrapassagem na ponta – kW
E	energia consumida média no mês - kWh
Ea	energia ativa – kWh
EAF	energia ativa fora da ponta – kWh
EAP	energia ativa na ponta – kWh
Er	energia reativa - kVArh
ERF	energia reativa fora da ponta – kVArh
ERP	energia reativa na ponta – kVArh
ES005	volume de esgoto coletado – m^3
ES028	consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgoto – kWh
f	fator de atrito determinado em função do número de Reynolds e da rugosidade relativa
FC	fator de carga mensal - adimensional
Fi10	custos de energia elétrica – %
FN013	despesas com energia elétrica – R\$/ano
FN013	despesas com energia elétrica – R\$
FN015	despesas com exploração da empresa – R\$/ano

F _p	fator de potência - adimensional
g	aceleração da gravidade - m/s ²
G11	custos de energia elétrica no período de referência – US\$
G5	custos correntes no período de referência – US\$
H _g	altura ou desnível geométrico – m
H _m	altura manométrica – mca
H _m - Recalque	altura manométrica de recalque – mca
H _m - Sucção	altura manométrica de sucção – mca
IDEB1	índice de desempenho energético da bomba 1- adimensional
IDEC1	índice de desempenho energético do conjunto 1 - adimensional
IDEF1	índice de desempenho energético financeiro 1 – adimensional
IDEF2	índice de desempenho energético financeiro 2 – adimensional
IDEF3F	índice de desempenho energético financeiro 3 fora da ponta - adimensional
IDEF3P	índice de desempenho energético financeiro 3 na ponta – adimensional
IDEF6	índice de desempenho energético financeiro 6 - adimensional
IDEM1	índice de desempenho energético do motor 1 - adimensional
IDEO1	índice de desempenho energético operacional 1 - adimensional
IDEO2	índice de desempenho energético operacional 2 - adimensional
IDEO3F	índice de desempenho energético operacional 3 fora da ponta - adimensional
IDEO3P	índice de desempenho energético operacional 3 na ponta - adimensional
IDEO4F	índice de desempenho energético operacional 4 fora da ponta - adimensional
IDEO4P	índice de desempenho energético operacional 4 na ponta - adimensional
IDEO5	índice de desempenho energético operacional 5 - adimensional
IDET1	índice de desempenho energético da tubulação 1 - adimensional
IMP	impostos, taxas e adicionais – R\$
IN ₀₁₃	índice de perdas de faturamento - %

IN ₀₃₇	percentual das despesas relativas à energia elétrica, em relação às despesas de exploração - %
IN ₀₄₉	índice de perdas na distribuição - %
IN ₀₅₈	relação entre o consumo de energia elétrica por volume de água produzida – kWh/m ³
IN ₀₅₉	relação entre o consumo de energia elétrica por volume de esgoto produzido nas residências, comércios e indústrias – kWh/m ³
IN ₀₆₀	relação entre o custo com de energia elétrica e a energia consumida com água e esgoto – R\$/kWh
L	comprimento da tubulação – m ou Km
n	rotação do motor – rpm
P	potência Ativa – kW
P _a	potência Ativa - HP
P _{elétrica}	potência elétrica ativa ou potência absorvida – kW
Ph ₄	utilização da capacidade de bombeamento - %;
Ph ₅	consumo de energia normalizado – kWh/m ³ /100m
Ph ₆	consumo de energia reativa no bombeamento – %
Ph ₇	recuperação de energia – %
P _{mecânica}	potência mecânica ou potência útil – kW
P _{mm}	pressão no manômetro – kgf/cm ² ;
P _{mv}	pressão no manovacuômetro – kgf/cm ² ;
P _n	potência Nominal - kW
Q	vazão – m ³ /s
Q _m	vazão média – m ³ /s
Q _r	potência Reativa – kVAr
S	potência Aparente – kVA
V	velocidade – m/s
Vol(i)	volume recalcado pela bomba i no período de referência – m ³
V _r	volume recalcado no período de referência – m ³ ;
Δh	perda de carga total – mca
Δh _r	perda de carga no recalque – mca
Δh _s	perda de carga na sucção – mca

Δh_t	perda de carga distribuída na tubulação – mca
Δh_u	perda de carga unitária – m/km
γ	peso específico da água - Kgf/m ³
η_{bomba}	rendimento da bomba em operação - %
η_{conjunto}	rendimento do conjunto motobomba em operação - %
η_{leimotor}	rendimento mínimo do motor exigido pela legislação - %
η_{maxbomba}	rendimento máximo da bomba para o rotor em operação - %
η_{motor}	rendimento do Motor - %

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	37
1.1	Objetivo	40
1.2	Estrutura do texto	41
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	43
2.1	Sistema de abastecimento de água	43
2.1.1	Definições.....	43
2.1.2	Manancial	44
2.1.3	Captação	47
2.1.4	Recalque	48
2.1.5	Tratamento de água	50
2.1.6	Reservação	51
2.1.7	Distribuição de água.....	53
2.2	Histórico dos sistemas de abastecimento de água.....	55
2.3	Relação entre água e energia	57
2.4	Estrutura tarifária de energia elétrica no Brasil.....	64
2.5	Indicadores de eficiência e desempenho	69
2.6	Indicadores de desempenho e “Benchmarking”	75
2.7	Indicadores de gestão de desempenho em empresas de abastecimento de água	78
2.7.1	Indicadores do setor de abastecimento de água no Brasil	80
2.7.2	Indicador SNIS IN013 – Índice de perda de faturamento	80
2.7.3	Indicador SNIS IN037 – Despesas com energia elétrica.....	81
2.7.4	Indicador SNIS IN049 – Índice de perdas na distribuição	82
2.7.5	Indicador SNIS IN058 – Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água	82
2.7.6	Indicador SNIS IN059 – Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário	83
2.7.7	Indicador SNIS IN060 – Índice de despesas por consumo de energia elétrica nos sistemas de água e esgoto	84

2.7.8	Indicador IWA – Ph4 – Utilização da capacidade de bombeamento	84
2.7.9	Indicador IWA – Ph5 – Consumo de energia normalizado	85
2.7.10	Indicador IWA – Ph6 – Consumo de energia reativa.....	88
2.7.11	Indicador IWA – Ph7 – Recuperação de energia	89
2.7.12	Indicador IWA – Fi10 – Custos de energia elétrica.....	89
2.8	Contexto das gestoras de sistemas de abastecimento de água	90
2.9	Conceito de sistema de indicadores de desempenho	91
2.9.1	Usos potenciais dos indicadores de desempenho	93
2.9.2	Usos dos IDs nas empresas de abastecimento de água.....	93
2.9.3	Usos dos IDs para a administração nacional e regional.....	94
2.9.4	Usos dos IDs para as agências reguladoras	94
2.9.5	Usos dos IDs para as entidades financiadoras	95
2.9.6	Usos dos IDs para os usuários.....	95
2.9.7	Usos dos IDs para as organizações supranacionais.....	95
2.10	Perdas de energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água..	95
2.10.1	Redução dos custos de energia elétrica sem a diminuição do consumo	96
2.10.1.1	Classificação da unidade consumidora	97
2.10.1.2	Ajuste na demanda contratada.....	97
2.10.1.3	Alteração da estrutura tarifária	98
2.10.1.4	Desativação de unidades consumidoras	98
2.10.1.5	Erro de leitura	98
2.10.1.6	Correção do fator de potência	99
2.10.1.6.1	Motores	99
2.10.1.6.2	Transformadores	102
2.10.1.6.3	Nível de tensão acima da nominal.....	102
2.10.1.7	Alteração da tensão de alimentação	102
2.10.1.8	Melhoria do fator de carga.....	103
2.10.2	Redução dos custos de energia elétrica com a diminuição do consumo	104
2.10.2.1	Redução da altura manométrica.....	104
2.10.2.1.1	Diâmetro adequado da tubulação.....	105
2.10.2.2	Projeto das estações elevatórias de água.....	107
2.10.2.3	Redução do atrito da parede da tubulação.....	108
2.10.2.4	Eliminação do ar das tubulações.....	110

2.10.2.5	Redução das perdas físicas de água	111
2.10.2.6	Mistura de água entre os setores de abastecimento de água	112
2.10.2.7	Uso racional da água.....	113
2.10.2.8	Aumento do rendimento dos conjuntos motobomba	114
2.10.3	Redução dos custos de energia elétrica pela alteração da operação do sistema	116
2.10.3.1	Ampliação da reservação	117
2.10.3.2	Utilização de inversores de frequência nos conjuntos motobomba	117
3	METODOLOGIA	123
3.1	Variáveis para a composição dos IDEs - índices de desempenho energético	123
3.1.1	Índice de Desempenho Energético dos Tubos – IDET	125
3.1.2	Índice de Desempenho Energético dos Motores – IDEM	133
3.1.3	Índice de Desempenho Energético das Bombas – IDEB	139
3.1.4	Índice de Desempenho Energético dos Conjuntos – IDEC	143
3.1.5	Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO.....	145
3.1.5.1	Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO1 – energia ativa.....	147
3.1.5.2	Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO2 – energia consumida fora do horário de ponta.	148
3.1.5.3	Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO3F – ultrapassagem da demanda ativa fora do horário de ponta.....	149
3.1.5.4	Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO3P – demanda no horário de ponta.	149
3.1.5.5	Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO4F – demanda fora do horário de ponta a atingir a demanda contratada.	150
3.1.5.6	Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO4P – demanda no horário de ponta a atingir a demanda contratada.....	151
3.1.5.7	Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO5 – ociosidade.	151
3.1.6	Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF.....	153
3.1.6.1	Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF1 – custo relativo da energia ativa	154

3.1.6.2	Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF2 – custo relativo da energia fora da ponta.	155
3.1.6.3	Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF3F – custo relativo da demanda de ultrapassagem no horário fora da ponta.	156
3.1.6.4	Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF3P – custo relativo da demanda de ultrapassagem no horário de ponta.	156
3.1.6.5	Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF6 – custo relativo das penalidades.	157
3.2	Histórico da determinação dos índices de desempenho energético. ..	157
4	ESTUDOS DE CASOS	161
4.1	Estação Elevatória de Água Bruta - EEAB Rio Mogi Guaçu do SAEMA - Serviço de Água e Esgoto do Município de Araras-SP	161
4.1.1	Ensaio e coleta de dados da EEAB Rio Mogi Guaçu em Araras-SP, para a determinação dos índices de desempenho energético	168
4.1.1.1	Determinação da carga manométrica da sucção e do recalque das bombas da EEAB Mogi Guaçu.....	169
4.1.1.2	Determinação da vazão dos conjuntos motobomba da EEAB Rio Mogi Guaçu.....	171
4.1.1.3	Determinação da potência ativa e fator de potência dos conjuntos motobomba em funcionamento na EEAB Rio Mogi Guaçu.	173
4.1.1.4	Determinação dos dados para o cálculo dos índices de desempenho energético operacional e financeiro da EEAB Rio Mogi Guaçu.....	175
4.2	Estação Elevatória de Água Bruta do Ribeirão da Penha, do SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgotos – Itapira-SP	176
4.2.1	Ensaio e coleta de dados da EEAB Ribeirão da Penha em Itapira-SP, para a determinação dos índices de desempenho energético	183
4.2.1.1	Determinação da carga manométrica na sucção e do recalque das bombas da EEAB Ribeirão da Penha	184
4.2.1.2	Determinação da vazão dos conjuntos motobomba da EEAB Ribeirão da Penha	190
4.2.1.3	Determinação da potência ativa e fator de potência dos conjuntos motobomba em funcionamento	196

4.2.1.4	Determinação dos dados para o cálculo dos índices de desempenho energético operacionais e financeiros	199
5	ANÁLISE DE RESULTADOS	201
5.1	Índices de Desempenho Energético – IDEs relativos a Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP	201
5.1.1	Determinação dos Índices de Desempenho Energético dos Tubos – IDET da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP	201
5.1.2	Determinação dos Índices de Desempenho Energético do Motor – IDEM da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP	203
5.1.3	Determinação dos Índices de Desempenho Energético da Bomba – IDEB da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP	204
5.1.4	Determinação dos Índices de Desempenho Energético do Conjunto – IDEC da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP	204
5.1.5	Determinação dos Índices de Desempenho Energético Operacional e Financeiro – IDEOs e IDEFs da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP.	206
5.1.6	Determinação dos Índices de Desempenho Energético Operacional e Financeiro – IDEOs e IDEFs durante o ano de 2015 da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP	207
5.2	Índices de Desempenho Energético – IDEs relativos à Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	221
5.2.1	Determinação dos Índices de Desempenho Energético dos Tubos – IDET da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	222
5.2.2	Determinação dos Índices de Desempenho Energético do Motor – IDEM da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	230
5.2.3	Determinação dos Índices de Desempenho Energético da Bomba – IDEB da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	231
5.2.4	Determinação dos Índices de Desempenho Energético do Conjunto – IDEC da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	233
5.2.5	Determinação dos Índices de Desempenho Energético Operacional e Financeiro – IDEOs e IDEFs da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP	236

5.2.6	Determinação dos Índices de Desempenho Energético Financeiro – IDEOs e IDEFs durante o ano de 2015 da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP.....	238
6	CONCLUSÃO	252
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	257
8	ANEXOS	268
	ANEXO A – Termos técnicos e regras de tarifação da Resolução nº414 de 09/09/2010 da ANEEL.....	268
	ANEXO B – Contas de energia elétrica da estação elevatória de água bruta do rio Mogi Guaçu da cidade de Araras-SP, referente ao período de janeiro a dezembro de 2015.....	277
	ANEXO C - Contas de energia elétrica da estação elevatória de água bruta do ribeirão da Penha da cidade de Itapira-SP, referente ao período de janeiro a dezembro de 2015.....	289
	ANEXO D – Documentações relativas à autorização para a manipulação dos dados da EEAB Mogi Guaçu do SAEMA de Araras-SP, e posterior publicação.	301
	ANEXO E – Documento relativo à autorização para a manipulação dos dados da EEAB Ribeirão da Penha do SAAE de Itapira-SP, e posterior publicação.	303
	ANEXO F – Curvas das bombas da EEAB – Mogi Guaçu do SAEMA de Araras-SP	304
	ANEXO G – Curvas das bombas da EEAB – Ribeirão da Penha de Itapira-SP	305

1 INTRODUÇÃO

O suprimento de energia elétrica tem sido uma preocupação mundial, diante do crescente aumento da demanda, acarretado devido à melhora do poder aquisitivo da população, da educação e do desenvolvimento das nações. Para atender a essa demanda têm surgido várias propostas e ideias com o intuito de aumentar a oferta e melhorar a forma de se obter energia elétrica com métodos alternativos que minimizem o impacto ao meio ambiente como, por exemplo, a geração de energia através da força dos ventos, da energia solar e das marés. Devido aos altos custos para novos aproveitamentos energéticos somados ao aumento do consumo, o custo da energia elétrica tem sido cada vez mais elevado, obrigando os consumidores a encontrar novas formas de promover o seu uso eficaz. A política de conservação de energia vem a cada dia ganhando importância no cenário mundial, buscando junto à população o uso eficiente da energia elétrica, ou seja, conseguir os melhores resultados na relação entre a quantidade de energia consumida, por determinado equipamento ou aparelho, e a quantidade de energia efetivamente utilizada pelo mesmo para realizar a tarefa a que se propõe.

Outro setor que requer atenção é o de saneamento, em que o abastecimento de água potável, além de promover qualidade de vida, também atende às questões de saúde pública. Neste contexto, Carvalho (2006) relata que alguns anos atrás a prioridade era simplesmente abastecer a população com água em quantidade e com qualidade. Atualmente, as exigências são bem maiores, pois, além de atender a estes princípios básicos, os sistemas passaram a se preocupar ainda com a escassez dos recursos hídricos e também com as elevadas tarifas, que em muitos casos advêm dos custos com energia elétrica. Os sistemas devem se adaptar às novas realidades ou, com o tempo, poderão sofrer dificuldades no abastecimento devido à sua baixa eficiência.

Em grande parte do mundo, nos setores de abastecimento de água e de esgotamento sanitário ocorrem perdas significativas tanto de água como de energia elétrica, seja pela ineficiência energética ou pela perda de energia diretamente associada à perda de água, contudo os meios técnico e científico têm estudado soluções e melhorias para amenizar tais problemas. As perdas físicas de água ocorrem desde a captação de água até a distribuição nas ligações prediais. Conforme

dados do SNIS (2017), as perdas físicas de água na distribuição dos sistemas de abastecimento de água no Brasil variam de 25% a quase 80%, em algumas cidades do país. Porém esse problema não é exclusivo do Brasil e ocorre em vários países do mundo, conforme menciona Lambert (2001). As perdas de energia elétrica também são elevadas tanto quanto as perdas de água e ocorrem principalmente nas estações elevatórias de água bruta e tratada, bem como nas elevatórias de esgoto. Essas perdas ocorrem principalmente pela baixa eficácia dos equipamentos como os conjuntos motor e bomba de recalque, por equipamentos obsoletos, por obstrução das adutoras, por procedimentos operacionais inadequados, por falta de manutenção e por projetos que não contemplam a eficiência energética.

Conforme os dados apresentados no Balanço Energético Nacional - BEN (2017), referentes ao ano base de 2016, somente o uso de eletricidade no País representou 44,71 milhões de TEP -Tonelada Equivalente de Petróleo, ou 18,57% de toda a energia final consumida no país. De acordo com James et al. (2002), os sistemas de distribuição de água no mundo consomem 7% de toda energia elétrica gerada. Conforme informações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para o Saneamento - PROCEL SANEAR (2012), 2,36% do consumo total de energia elétrica do Brasil, o equivalente a 11,35 bilhões de kWh/ano, são consumidos pelas empresas de água e esgoto. Este consumo é principalmente dos conjuntos eletromecânicos dos processos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, que correspondem a algo em torno de noventa por cento de todo o gasto de energia elétrica.

Considerando a ordem de grandeza dos números relativos às despesas com energia elétrica consumida nas estações elevatórias das empresas de saneamento, torna-se importante mensurar e avaliar a eficiência energética desses sistemas, com o auxílio de índices de desempenho energético específicos para as maiores unidades consumidoras de energia elétrica numa empresa de saneamento.

O desenvolvimento de ferramentas que possibilitem a avaliação energética de uma estação elevatória de água é algo que vai ao encontro dos interesses do setor, por possibilitar a avaliação direta da eficiência das elevatórias e criar parâmetros de comparação de eficiência de elevatórias de diferentes dimensões e características, o que desperta no gestor o interesse em melhorar o rendimento e, conseqüentemente, reduzir custos.

A elaboração dos índices propostos no trabalho está focada em cinco pontos fundamentais para a análise da eficiência energética de uma estação elevatória de água, os quais são: as características das tubulações, o motor elétrico, a bomba hidráulica, os consumos de energia e a sua demanda, e os custos associados à demanda e à energia consumida.

Considerando a lacuna existente nos indicadores de eficiência energética dos sistemas de recalque, pretendeu-se, através de informações relativamente simples, obtidas facilmente por equipamentos de medição convencionais de uma Estação Elevatória de Água - EEA, ter elementos para avaliação das perdas energéticas e financeiras relativas ao consumo de energia elétrica, que ocorrem nas instalações.

O trabalho foi fundamentado em referências bibliográficas que indicam a experiência brasileira e de outros países sobre indicadores de desempenho aplicáveis ao setor de saneamento.

Diante dos índices obtidos através da metodologia proposta no trabalho, para as combinações de conjuntos motobomba e tubulações em operação, pretendeu-se mensurar a eficiência energética das tubulações, motores e bombas e, ainda, para cada período da medição das contas de energia, avaliar, a energia reativa consumida, o consumo de energia no horário de ponta, a ultrapassagem da demanda, a utilização da demanda contratada, as penalidades pagas e a ociosidade dos equipamentos.

Conforme metodologia proposta, esses índices variam de zero a um, sendo esses, respectivamente, o pior e melhor resultado obtido com relação à eficiência energética. Com isso, pretendeu-se ter um panorama do aproveitamento energético da unidade de bombeamento, identificar de maneira expressa os pontos onde haja deficiência, relacionar qual combinação de conjuntos motobomba e tubulações são mais eficientes e ter parâmetros de comparação de eficiência energética com outras elevatórias de diferentes tamanhos e características. Tudo isso, se apresenta como uma inovação em relação as bibliografias disponíveis relativas ao assunto, e os índices existentes para a avaliação da eficiência energética em estações elevatórias de água.

Para a avaliação dos índices e da metodologia proposta, foram avaliadas duas estações elevatórias de água bruta - EEAB, uma na cidade de Araras-SP e outra na cidade de Itapira-SP, sendo que essa última já foi objeto de estudo e avaliação da equipe técnica da rede LENHS – Laboratório de Eficiência Energética em Hidráulica e Saneamento da UFB -Universidade Federal da Paraíba-, através do programa PROCEL SANEAR da ELETROBRÁS, e a EEAB de Araras-SP, a qual possui mais de 30 anos e não realizou reformas significativas nos equipamentos e instalações.

1.1 Objetivos

A avaliação mais precisa da eficiência energética de estações elevatórias de água -EEA, só é possível com o auxílio de índices específicos desenvolvidos para considerar possíveis combinações dos conjuntos motobomba e linhas de recalque, seja para transporte de água bruta ou água tratada.

Entretanto, considerando a dinâmica de uma empresa de abastecimento de água, para que esses índices sejam viáveis e possam ser avaliados sistematicamente, há necessidade de uma metodologia que permita uma avaliação pontual das tubulações, motores e bombas dos conjuntos motobomba em operação, bem como, uma avaliação operacional e financeira da EEA, que sejam simples de se obter, não necessitem de grandes investimentos e equipamentos especiais para avaliação das grandezas, e quem sejam determinados com relativa agilidade. Dessa maneira os índices passarão a ser efetivos e avaliados constantemente.

Diante do exposto, e considerando a importância de se avaliar a eficiência energética de uma estação elevatória de água tratada ou bruta - EEAT ou EEAB, o objetivo desse trabalho foi desenvolver índices com as características citadas anteriormente, que permitam a avaliação da eficiência energética dessas estruturas de recalque. Tal avaliação será feita sobre um conjunto de dados obtidos de conjunto de dados obtidos de contas de energia elétrica, nos projetos, nas características das tubulações, nas especificações técnicas dos motores e das bombas, nos dados de vazão, carga manométrica, fator de potência, corrente e tensão medidos na estação elevatória, na estação de tratamento de água, e também, através das informações do

consumo, apontadas pela concessionária responsável pela distribuição de energia elétrica local.

Pretende-se que esses índices de desempenho auxiliem, para uma avaliação sistemática e contínua, contribuindo para que permita com os resultados dos índices obtidos, o acúmulo de informações relativas a eficiência energética de diversas EEAs, possibilitando:

- Fornecer um quadro de referência de indicadores de desempenho, que constitua um instrumento de apoio à gestão dos sistemas de abastecimento de água;
- Ampliar a base de análise comparativa, a qual trará melhores subsídios à gestão energética dos sistemas de abastecimento de água;
- Permitir estudos comparativos da eficiência energética entre estações elevatórias de água de uma mesma empresa de saneamento ou entre empresas distintas, no âmbito de iniciativas de aferições métricas (“metric benchmarking”);
- Disponibilizar subconjuntos de indicadores para uso de entidades reguladoras, de acordo com necessidades específicas.

1.2 Estrutura do texto

O trabalho, incluindo essa introdução, está dividido em sete capítulos, dos quais, o capítulo 2 apresenta os objetivos almejados, e os objetivos específicos do trabalho; o capítulo 3 mostra a revisão bibliográfica relativa aos sistemas de abastecimento de água, energia elétrica, a relação entre a água e a energia, indicadores de eficiência e desempenho e suas aplicações, utilização do histórico dos índices determinados (“Benchmarking”) e redução dos custos de energia elétrica com e sem a diminuição do consumo nas empresas de saneamento; o capítulo 4, relativo à metodologia, explica como foram elaborados e como se determinam os índices de desempenho energético para avaliação da eficiência energética das estações elevatórias de água; o capítulo 5, referente ao estudo de caso, apresenta a EEAB Rio Mogi Guaçu na cidade de Araras-SP e a EEAB Ribeirão da Penha na cidade de Itapira-SP, que foram estudadas e avaliadas, e como foram obtidos os dados

necessários para a determinação dos índices, o capítulo 6 é relativo aos resultados obtidos nos estudos de caso, etapa em que se discutem os mesmos e, finalmente, o capítulo 7 elabora a conclusão do trabalho acerca dos índices de desempenho energético -IDE- propostos, além de sugerir novas linhas de pesquisa relativas ao assunto da tese.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema de abastecimento de água

2.1.1 Definições

A água se apresenta na natureza de forma bruta e, na maioria das vezes, não tem padrões de potabilidade adequado para o consumo humano, especialmente quando há aglomerações urbanas próximas ou a montante dos mananciais, necessitando assim passar por procedimento de tratamento que a torne adequada e segura para as utilizações antrópicas.

Diante do exposto, é imprescindível que a água tenha um tratamento apropriado, de forma que sejam removidos os sedimentos, materiais em suspensão e agentes patogênicos antes de ser utilizada ou consumida pela população. Esta tarefa é realizada pelas empresas de abastecimento de água, as quais têm várias etapas a serem realizadas e um grande consumo de energia elétrica, para que a água, em condições de potabilidade, chegue até os consumidores em quantidade e qualidade satisfatórias; diante do exposto, as empresas passam a ter uma grande responsabilidade perante a população.

Com o crescimento das cidades e, conseqüentemente, das populações, tornou-se cada vez mais necessário captar água em maior quantidade e distante dos pontos de consumo, o que levou as empresas de abastecimento de água a:

- Construir sistemas de captação, na maioria das vezes em mais de um manancial, considerando o crescente consumo de água pela população;
- Construir linhas de adução, que cruzam grandes distâncias, levando água do manancial até as cidades;
- Executar estações de tratamento de água com estrutura e técnicas para tratamento a partir da qualidade com que a água chega na ETA;
- Executar reservatórios para o armazenamento da produção de água;
- Construir redes de distribuição para levar água até as torneiras das residências, comércios, indústrias, hospitais, prédios públicos e outros locais onde haja necessidade de água com qualidade e em quantidade.

Conforme Gomes (2004), os sistemas de abastecimento de água são rotulados como sendo grandes sistemas dimensionados e destinados ao

abastecimento urbano, compostos, de uma maneira geral, por unidades de captação, tratamento, estação elevatória, adução, reservatórios, rede de distribuição e ligações prediais.

Segundo Cabrera et al. (2010), do ponto de vista energético, cada sistema se apresenta de uma forma; principalmente devido à topografia, onde as redes de distribuição podem ter topologias que acompanham relevos planos ou montanhosos; os mananciais situados em pontos altos permitem a adução por gravidade, enquanto que os situados nos pontos baixos precisam de bombeamento, assim como a maioria dos mananciais subterrâneos. Esses fatores dificultam a comparação consistente entre sistemas, do ponto de vista exclusivamente hidráulico e energético.

Tsutiya (2006a) apresenta a composição de um sistema de abastecimento de água conforme ilustrado na Figura 2.1; em todas as etapas pode haver conjuntos motobomba para recalcar água, que são os grandes consumidores de energia elétrica. Na sequência, são descritas as etapas de um sistema de distribuição de água e prováveis situações que necessitem de bombeamento.

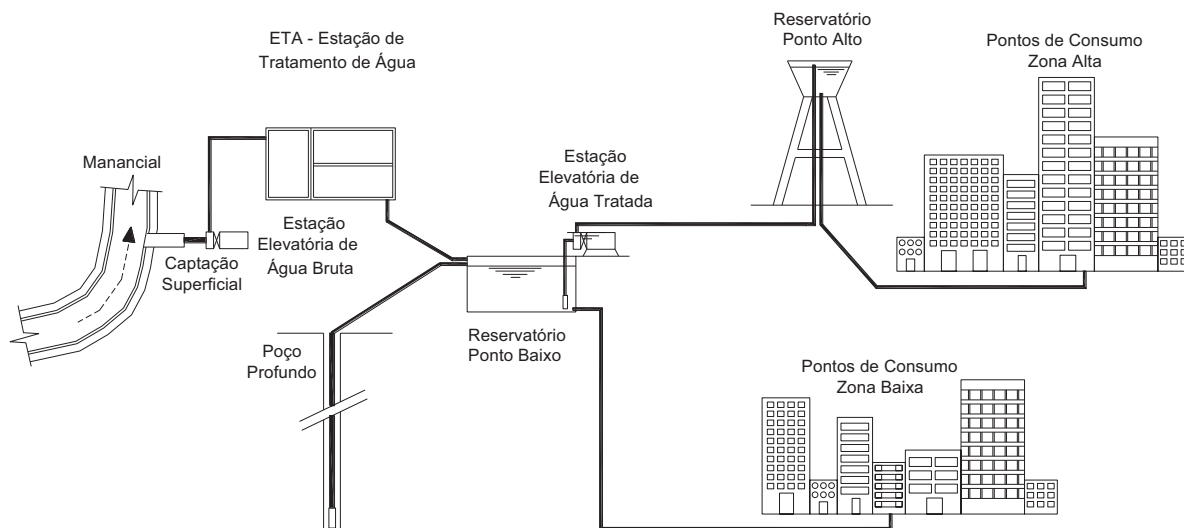


Figura 2.1 – Esquema de um sistema de abastecimento de água.

2.1.2 Manancial

Mananciais são fontes de água bruta, que podem se apresentar superficialmente nos cursos d'água subterrâneos, situados nos lençóis freáticos, ou artesianos, ou relativos a águas meteóricas provenientes, por exemplo, de chuva,

nevoeiro, neve, orvalho e granizo, ainda que seu uso ainda seja incipiente em grande parte do mundo. Conforme Brasil (2006), manancial é toda fonte de água utilizada para abastecimento, para fins domésticos, industriais e comerciais, que apresenta condições sanitárias compatíveis com essa finalidade. As áreas de mananciais compreendem as porções do território percorridas e drenadas pelos cursos d'água, desde as nascentes até os rios e represas, e se formam quando um aquífero atinge a superfície e aflora. Os mananciais devem fornecer água para o abastecimento público com vazão suficiente para atender à demanda durante um período de projeto preestabelecido pelos projetistas, e deve ter qualidade do ponto de vista sanitário. A qualidade dos mananciais tem forte impacto nos custos do tratamento da água. Quanto melhor a qualidade da água captada menor a necessidade de limpeza dos filtros de água da ETA, portanto menor consumo de produtos químicos, menor consumo de energia elétrica com o bombeamento necessário para operação de limpeza dos filtros e com o tratamento do lodo proveniente da ETA, e ainda menores as perdas de água, o que, conseqüentemente, também reduz o desperdício de energia elétrica para o recalque.

Os mananciais superficiais são os rios e os lagos que existem naturalmente, bem como as represas ou reservatórios que são construídos a partir do barramento de um curso d'água para a formação de grandes reservatórios. Esses mananciais são abastecidos principalmente pelas precipitações atmosféricas que ocorrem na bacia de contribuição e escoam. Nos rios, além da parcela superficial, há também contribuição do lençol freático, que garante a perenidade dos cursos d'água durante a estiagem, época em que há baixos índices pluviométricos. Em algumas situações específicas, há necessidade de se fazer a transposição de bacias hidrográficas com o recalque de água de outros reservatórios vizinhos para o manancial onde ocorre a captação; nesses casos as despesas com energia elétrica acabam se tornando significativas para as empresas de saneamento. Um exemplo do mencionado anteriormente ocorreu na cidade Araras-SP, em meados do ano de 2015, na época em que ocorreu um período de baixos índices pluviométricos, ocasião em que os reservatórios de onde era captada a água bruta para a ETA, a represa Dr. Hermínio Ometto, estavam próximos ao limite mínimo de captação, e uma das soluções para vencer o período de estiagem e fornecer água à população foi recalcar água a qualquer preço de outro reservatório vizinho, no caso o reservatório da Usina São João, para reestabelecer os níveis de água do reservatório e continuar captando

água da represa. Esse processo ocorreu durante alguns meses, elevando as despesas com óleo diesel, que era utilizado nos geradores de energia elétrica para realizar o recalque.

Os mananciais subterrâneos se apresentam em duas situações: poços freáticos, que geralmente não têm grande profundidade e que estão sob a ação da pressão atmosférica, situados acima da camada impermeável do solo; e os poços artesianos, que, na maioria das vezes, têm grande profundidade escavada no subsolo, atingem os lençóis artesianos situados abaixo de uma ou mais camadas impermeáveis do solo composto por rochas, que não permitem a passagem de água; em determinadas situações estão sob a ação de cargas hidráulicas relativas a seu ponto de recarga. Em ambos os poços, o consumo de energia elétrica é inevitável, considerando que a água precisa ser colocada em cotas altimétricas mais elevadas. Quanto mais profundo estiver situado o nível de água do poço, maior será o consumo de energia elétrica para recalcar a água até uma cota satisfatória para realizar o abastecimento público. O Estado de São Paulo, por exemplo, é um grande usuário de água subterrânea, sendo estimado em 50% o número de municípios que se utilizam majoritariamente desse tipo de manancial no Estado, bem como diversas indústrias, através de poços particulares (HIRATA et al., 2007). As normas NBR 12211 (ABNT, 1992a), NBR 12212 (ABNT, 1992b), NBR 12213 (ABNT, 1992c), NBR 12216 (ABNT, 1992e) estabelecem os critérios para escolha dos mananciais para o fornecimento de água para o abastecimento público.

A decisão de captação de água de um manancial deve ser cuidadosamente analisada sob o ponto de vista econômico, considerando que água com baixa qualidade, que necessita de tratamento especial para atingir os padrões mínimos de potabilidade, envolve grandes investimentos para implantação de estações de tratamento de água robustas, bem como custos mensais elevados com os insumos para o tratamento e com energia elétrica. A localização do manancial superficial tem influência direta sobre o consumo energético dos SAAs, podendo realizar o escoamento por gravidade, dispensando a utilização de conjuntos motobomba. Entretanto, mananciais superficiais situados em áreas com cota altimétrica inferior à ETA ou aos consumidores exigirão bombeamento.

Os poços artesianos, como se pode observar em várias cidades do estado de São Paulo, as quais estão sobre o aquífero Guarani, apresentam, em geral, qualidade de água superior quando comparados às fontes superficiais, o que dispensa

o tratamento convencional, ou pelo menos o simplificam, além de estarem próximos aos pontos de consumo de água, reduzindo os custos com a construção de adutoras e com o tratamento da água; porém, dependendo da profundidade dos poços, o consumo de energia elétrica se torna significativo.

2.1.3 Captação

Conforme a NBR 12213 (ABNT, 1992c), captação consiste no conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados no manancial para a retirada de água necessária a suprir a demanda para o abastecimento público.

As captações podem ser superficiais em rios, lagos ou reservatórios, em aquíferos artesianos, em aquíferos freáticos, em nascentes ou fontes de encostas, em fundos de vales, através de galerias filtrantes instaladas no solo, ou de águas de chuva, dependendo do tipo de manancial (BRASIL, 2006).

O comportamento energético da captação varia conforme o tipo de manancial, a distância e a cota topográfica em relação à ETA. Captações mais afastadas da ETA requerem mais energia para suprir as perdas de carga na adução de água bruta; considerando a altimetria, captações em cotas superiores às das ETAs podem dispensar o uso de bombeamento, enquanto captações localizadas abaixo das estações de tratamento necessitam de bombeamento para superar o desnível geométrico existente. Os poços freáticos e os poços artesianos, salvo algumas exceções de poços artesianos jorrantes, necessitam de bombeamento também para realizar a captação das águas subterrâneas.

A construção de barramentos para a reservação de água e para as captações superficiais pode gerar uma situação interessante do ponto de vista energético, pois, com a elevação do nível de água, reduz o desnível e, consequentemente, a altura manométrica para a realização do bombeamento, obtendo uma redução do consumo de energia elétrica. Os barramentos também têm uma importante função de regularização de vazão, possibilitando uma maior flexibilidade de operação.

Dependendo dos projetos e das configurações dos mananciais e da cidade, o consumo de energia elétrica pode ter diferentes proporções de custo, em relação às despesas totais das empresas de saneamento.

2.1.4 Recalque

Em muitas situações, nos SAAs, há necessidade de se recalcar água para locais com cotas altimétricas superiores e com vazão satisfatória para o atendimento das demandas do setor. Para viabilizar essa operação, os SAAs necessitam de dois tipos de estações elevatórias, as de água bruta – EEABs localizadas imediatamente após as captações que recalcam a água no estado bruto- e as de água tratada – EEATs, localizadas após a ETA e em vários outros pontos do sistema de abastecimento de água. Os dois tipos de estação elevatória possuem características muito parecidas, exceto com relação à qualidade da água, que, no caso da água bruta, possui sólidos em suspensão e características químicas mais desfavoráveis, que promovem maior corrosão (tubos metálicos) e incrustação nas paredes internas dos tubos. Em ambas as elevatórias, há um reservatório para a sucção da água, conjuntos de bombas acopladas a motores para o recalque e um conjunto de válvulas e dispositivos de proteção para o sistema. Além das elevatórias, pode haver também recalques em trechos intermediários do sistema de distribuição (OLIVEIRA, 2011), com o objetivo de aumentar a vazão e a pressão em determinados pontos altos, nesse caso denominados de “booster” ou pressurizadores. Nessas estruturas de recalque não há reservatório ou poço de sucção a montante, pois a sucção será diretamente na tubulação. Todas essas estruturas de bombeamento são indispensáveis para viabilizar o abastecimento de água de um município e são grandes consumidoras de energia elétrica.

Para Haguiuda, Santos Netto e Coura (1996), os sistemas operados pela SABESP na Região Metropolitana de São Paulo consomem 90% de toda a energia com motores, 7,5% com serviços auxiliares e 2,5% com iluminação. Conforme informações do departamento de gestão de energia elétrica da SABESP, em 2008 o consumo com as elevatórias de água e esgoto foi de 90% de toda a energia consumida pela empresa, confirmando uma característica do consumo de energia elétrica com essas estruturas.

De toda a energia elétrica consumida em uma SAA, em torno de 95%, conforme PROSAB (2009), são destinados para os conjuntos motobomba para recalcar água. Na maioria das situações, os mananciais estão localizados em pontos baixos próximos aos cursos d'água, ou até em poços profundos, onde se torna indispensável o bombeamento para a ETA no caso de água bruta e dos reservatórios

para a água tratada. A necessidade das quantidades de estações elevatórias de água depende muito da topografia das cidades, da localização do manancial em relação aos consumidores e dos projetos que foram elaborados para garantir o abastecimento de água da cidade.

As estações elevatórias de água, através dos conjuntos motobomba, aplicam energia nas linhas de recalque, promovendo o deslocamento da água para pontos mais altos; esse deslocamento, quando interrompido bruscamente, promove nas tubulações oscilações de pressão, denominados transientes hidráulicos, os quais, se não forem previstos nos projetos e não forem projetadas medidas de proteção na tubulação contra esse fenômeno, dependendo da situação, podem trazer grandes prejuízos financeiros e sociais as empresas de saneamento. Há diversas maneiras de se atenuar o efeito dos golpes de Aríete nas tubulações, como chaminés de equilíbrio, tanque de alimentação unidirecional, ventosas para expulsão e admissão de ar, bem como as válvulas antecipadoras de onda, conforme relata Barbosa e Castro (2014). Segundo os autores, através de estudo específico para cinco adutoras (sendo três situações reais e duas hipotéticas), através do método das características, com auxílio do software desenvolvido em Visual Basic. Com a implementação do método das características e as condições de contorno, a válvula antecipadora de onda corretamente projetada para a linha de recalque, quando em operação, protege a tubulação das sobrepressões e estabiliza rapidamente a pressão em toda a tubulação, minimizando os efeitos decorrentes do golpe de aríete.

Nas linhas de recalque, tanto de água bruta como de água tratada, para que não haja desperdício de energia, é necessário que as perdas de carga para realizar o recalque sejam as menores possíveis, desde que garantam a velocidade mínima preconizada na NBR 12218 (ABNT, 1994b) de 0,60 m/s, para evitar a sedimentação do material em suspensão existente no interior dos tubos.

Entretanto, há muitos fatores que aumentam a perda de carga nas tubulações. Para uma boa gestão de energia elétrica nas estações elevatórias de água, torna-se indispensável avaliar as perdas de cargas, pois não basta que o motor seja de alto rendimento e a bomba opere próximo ao máximo rendimento, se há uma eventual obstrução na tubulação, consumindo mais energia para realizar o recalque. Outro vilão no desperdício de energia são os vazamentos nas linhas de recalque, que, além de reduzirem a vazão, dependendo da situação, reduzem a altura manométrica,

mudando o ponto de funcionamento do conjunto, o que leva a um menor rendimento da bomba e a um maior consumo de energia.

2.1.5 Tratamento de água

Nem sempre os mananciais fornecem água com boa qualidade para ser consumida pela população; nesse caso, faz-se necessário o tratamento da mesma para retirar o material em suspensão que provoca cor e turbidez na água, corrigir o pH e eliminar os elementos patogênicos que podem provocar enfermidades na população. A qualidade da água de poços às vezes é satisfatória para o consumo humano, portanto não necessita do mesmo tratamento que as águas superficiais, apenas de cloração para desinfecção da água.

Conforme a NBR 12216 (ABNT, 1992e), estação de tratamento de água é o conjunto de unidades destinadas a adequar as características da água aos padrões de potabilidade. Esses padrões são definidos no Brasil pela portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005). O enquadramento de corpos d'água e águas subterrâneas relativo às classes de qualidade e necessidades de tratamento, é definido pelas resoluções 357/2005 e 396/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2012).

Quando a água não tem qualidade é indispensável a construção de ETAs que irão promover o tratamento. Para o CONAMA (BRASIL, 2012), existem três tipos básicos de tratamento de água: tratamento simplificado, tratamento convencional e tratamento avançado, dependendo da qualidade da água proveniente do manancial. As ETAs são estruturas dimensionadas para receber uma vazão de projeto dimensionada para o atendimento atual e futuro da demanda da população. Dentre as etapas de tratamento estão a coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação, podendo ser mais simples, ou até suprimir uma das etapas, dependendo da qualidade da água do manancial. Em determinadas situações, faz-se necessária a implementação de um pré-tratamento, quando as águas não apresentam qualidade satisfatória.

Em muitos dos processos de tratamento da água, é imprescindível a aplicação de motores, como é o caso dos floculadores mecânicos e dos processos de limpeza dos floculadores, dos decantadores e dos filtros. Do ponto de vista energético,

os principais consumidores de energia elétrica de uma ETA são os sistemas de bombeamento de água para a reservação e as elevatórias utilizadas para a retrolavagem dos filtros. É comum numa ETA que o escoamento desde a entrada na calha Parshall até a saída seja por gravidade. Somente na saída da água da ETA é que pode vir a ocorrer o bombeamento. A limpeza dos filtros ocorre mediante a retrolavagem, com a inversão do sentido de escoamento, com o recalque da água tratada no sentido ascendente através dos filtros, removendo as partículas depositadas durante o processo de filtragem. Nos flocculadores, que promovem a agitação mecânica, existem pás acionadas por motores elétricos. Estes agitadores apresentam, geralmente, potências significativamente inferiores às verificadas nos conjuntos motobomba que recalcam água no sistema de abastecimento de água, conferindo a eles baixa representatividade em termos de consumo energético.

2.1.6 Reservação

A variação dos parâmetros de qualidade e a vazão de entrada de água nas ETAs complica o processo de tratamento da água devido à dificuldade de se determinar a concentração ideal dos produtos químicos utilizados no processo. Por esse motivo, normalmente a vazão não deve variar muito ao longo do dia, entretanto, a vazão de demanda tem forte oscilação. Uma das funções dos reservatórios é armazenar água no período de baixa demanda, permitindo que no período de pico se consiga fornecer água para o sistema sem a necessidade de alterar a vazão de entrada na ETA. Podem servir também, dentre outras utilidades, como reserva estratégica numa eventual interrupção do sistema, para fornecimento de água em condições de emergência como incêndios, e para manter a pressão na rede.

O sistema de reservação em um sistema de abastecimento de água, além das utilidades citadas anteriormente, também pode ser um importante instrumento para redução de custo com energia elétrica, pois os reservatórios podem armazenar água durante o dia e no período de pico de energia (3 horas), quando o custo da mesma para determinados tipos de contrato se eleva consideravelmente. Nesse período de pico de energia, o volume armazenado no reservatório passará a abastecer o setor sem a necessidade de bombeamento. No Brasil, a NBR 12217

(ABNT, 1994e) disciplina sobre a elaboração de projetos de reservatórios de distribuição de água.

Os reservatórios podem se apresentar em quatro diferentes configurações: enterrado, semienterrado, apoiado e elevado. A opção pela melhor solução depende muito do local, da arquitetura, dos níveis necessários para o sistema de abastecimento e da disponibilidade de investimento.

Tsutiya (2006b) relata que, entre os anos de 1998 e 1999, diversos setores de abastecimento de água com reservatórios e sistemas elevatórios de água da SABESP foram submetidos a estudos para viabilidade do desligamento total ou parcial, no período de ponta, dos grupos de bombas das elevatórias. Isso requer o conhecimento prévio do volume útil do reservatório, da evolução do consumo de água no setor, das características hidráulicas das bombas e da forma de operação e do controle realizado antes do estudo. Diante desses estudos, foram realizadas as aplicações do desligamento total ou parcial do sistema de bombeamento entre o horário das 17h30 e 20h30, referentes ao horário de pico para a concessionária de energia elétrica. A Tabela 2.1 ilustra os resultados da redução de energia com apenas a aplicação de novas regras operacionais, sem a necessidade de investimento no sistema.

Tabela 2.1 – Consumo de energia elétrica de quatro elevatórias de água tratada da SABESP com e sem regras operacionais para o bombeamento.

Estação Elevatória de Água Tratada da SABESP	1998 - Sem Regras		1999 - Com Regras		Economia de Energia	
	Ponta	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta
	kWh	kWh	kWh	kWh	%	%
Barão de Capanema	163.328	1.359.279	13.548	314.618	91,71	76,85
França Pinto	500.970	4.373.885	344.857	3.900.120	31,16	10,83
Vila Mariana	157.245	1.398.978	130.322	1.282.910	17,12	8,30
Consolação	671.153	5.595.192	587.746	5.193.648	12,43	7,18

Fonte: Tsutiya, 2006b

Os períodos de análise utilizados na Tabela 2.1 para cada elevatória são os seguintes:

- Barão de Capanema, de março a setembro de 1998 e 1999;

- França Pinto, de fevereiro a agosto de 1998 e 1999;
- Vila Mariana, de fevereiro a agosto de 1998 e 1999;
- Consolação, de maio a agosto de 1998 e 1999.

2.1.7 Distribuição de água

O sistema de distribuição de água é constituído por um conjunto de tubulações de maior diâmetro denominado condutos principais, que vão desde o reservatório até os tubos de menor diâmetro, denominados condutos secundários, os quais são responsáveis pela distribuição da água nas unidades consumidoras. Nesses tubos de menores diâmetros, que geralmente possuem um diâmetro nominal DN 100 mm, são instalados colares de tomada de água ou tês de serviço que permitem a retirada da água para o fornecimento as unidades consumidoras. Na maioria das vezes, o abastecimento é feito por gravidade, considerando as cotas altimétricas do reservatório. Porém, está se tornando cada vez mais comum a distribuição de água sem a utilização de reservatórios elevados. Nesse caso, são instalados, diretamente na rede de distribuição de água ou adutora, conjuntos motobomba dotados de inversores de frequência que pressurizam a rede conforme a demanda. Pela rede são instalados medidores de pressão, que funcionam assim: ao ser percebida uma queda na pressão, automaticamente, os conjuntos motobomba são acionados e acelerados para que a pressão na rede seja reestabelecida; o mesmo ocorre de forma inversa caso seja percebida pelos sensores a elevação da pressão.

Conforme relatos de Rodrigues (2007), na cidade de Campinas-SP, onde o sistema de abastecimento de água é operado pela SANASA, existem duas unidades de bombeamento, que pressurizam a rede para garantir o abastecimento de água. No trabalho, foram apresentadas a casa de bombas “João Erbolato” localizada na região centro-oeste da cidade, no setor Jardim Chapadão, em setor que abastece uma população estimada de 40.000 habitantes e a casa de bombas “Pulmão”, localizada na região leste da cidade, na saída das estações de tratamento de água 3 e 4, em setor que abastece uma população estimada de 90.000 habitantes. Diante dessas informações, fica claro que esses sistemas são robustos e promovem o abastecimento de água para uma grande população, e por necessitar de motores, acabam sendo grandes consumidores de energia elétrica.

A grande vantagem desse sistema é que dispensa o uso de reservatórios elevados, evita variações de pressão na rede, reduz perdas físicas na rede e racionaliza o consumo de energia elétrica.

Conforme a NBR 12218 (ABNT, 1994b), a pressão estática máxima nos tubos deve ser de 500 kPa, ou 50 metros coluna de água, para evitar que as tubulações e derivações sejam submetidas a esforços excessivos, o que pode acarretar e agravar perdas físicas na rede, e a pressão dinâmica mínima de 100 kPa, ou 10 metros coluna de água, para que o fornecimento de água possua carga suficiente para encher o reservatório dos imóveis e tenha vazão satisfatória nos pontos de consumo.

Com o intuito de criar ferramentas para avaliação energética de um sistema de distribuição de água, Bolognesi et al. (2014) desenvolveram um estudo sobre o layout de uma rede de distribuição de água sintética, cedida por Cabrera et al. (2010), com diferentes parâmetros. Para o desenvolvimento do estudo, foram utilizados o solver GHEST, para o processo de otimização, juntamente com o simulador de redes Epanet. O trabalho apresentou um novo conceito de Energia Mínima denominada de UME (“Unavoidable Minimum Energy”), como referência para a avaliação de eficiência energética. Ao contrário da energia teórica mínima, a UME considera o formato e o comprimento da rede de distribuição, bem como o diâmetro dos tubos e a elevação dos nós, constituindo uma base mais realista. Trata-se de um indicador de eficiência de energia, definido como a relação entre a UME e a energia efetivamente consumida. Com o objetivo de determinar o indicador de eficiência energética, um número de simulações foi realizado sobre o estudo de caso. As simulações pretendiam investigar a relação entre energia consumida e mínima energia necessária para todas as possibilidades do esquema proposto. O objetivo final era determinar a configuração que representasse o possível cenário ótimo em relação à eficiência da água e energia, ou seja, a menor demanda de energia elétrica possível para a rede de distribuição de água, entre a menor energia hidráulica necessária, demonstrando a maior eficiência energética. A relação entre o índice de eficiência energética, a energia consumida e a taxa de perdas da malha foram investigadas para a rede original e para as redes otimizadas, alcançado pela variação do diâmetro do tubo, ponto de funcionamento da bomba, ou de ambos.

2.2 Histórico dos sistemas de abastecimento de água

Devido ao crescimento desordenado e descontrolado dos centros urbanos, para o atendimento do abastecimento de água, gerou-se uma grande complexidade operacional nos SAAs, obrigando as empresas de abastecimento de água a ampliarem suas estruturas para atender às mais variadas condições de demanda geradas pelas distâncias e topografias adversas (ZESSLER e SHAMIR, 1989). Isso posto, as estações elevatórias de água bruta e de água tratada têm que ser inseridas nos sistemas operacionais de distribuição de água para o atendimento pleno dos mais longínquos consumidores com pressão e vazão adequados para o fornecimento de água.

Investimentos insuficientes no setor elétrico nas últimas décadas levaram este sistema a uma situação crítica, o que culminou em medidas que foram desde a criação do Programa de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL em 1985, depois denominado para Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica em 1995, e atualmente denominado de Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, até a elevação do custo da energia elétrica. Custo esse que era subsidiado nas décadas de 1960 e 1970, e que, em 1968 atingiu um índice de 80% de subsídio nas tarifas de energia elétrica para as empresas de saneamento. A partir dos anos 1990, houve uma redução gradativa desse subsídio até atingir os atuais 15%, conforme decreto federal 7.891, de 23 de janeiro de 2013. A Figura 2.2 ilustra a redução do desconto da tarifa de energia elétrica para o setor de saneamento para as empresas CESP e ELETROPAULO.

Segundo Tsutiya (2001), a partir de 1997, o PROCEL estabeleceu uma meta de redução do desperdício de energia elétrica para as empresas de saneamento da ordem de 15%.

Em 1999, o PROCEL estabeleceu as principais ações para o setor de Saneamento Básico, como:

- Automação operacional de sistemas, com gerenciamento e supervisão instantânea dos equipamentos;
- Modulação de carga em relação à ponta dos sistemas elétricos;
- Dimensionamento adequado dos equipamentos eletromecânicos;

- Controle das vazões de recalque em relação às demandas da rede de distribuição de água.

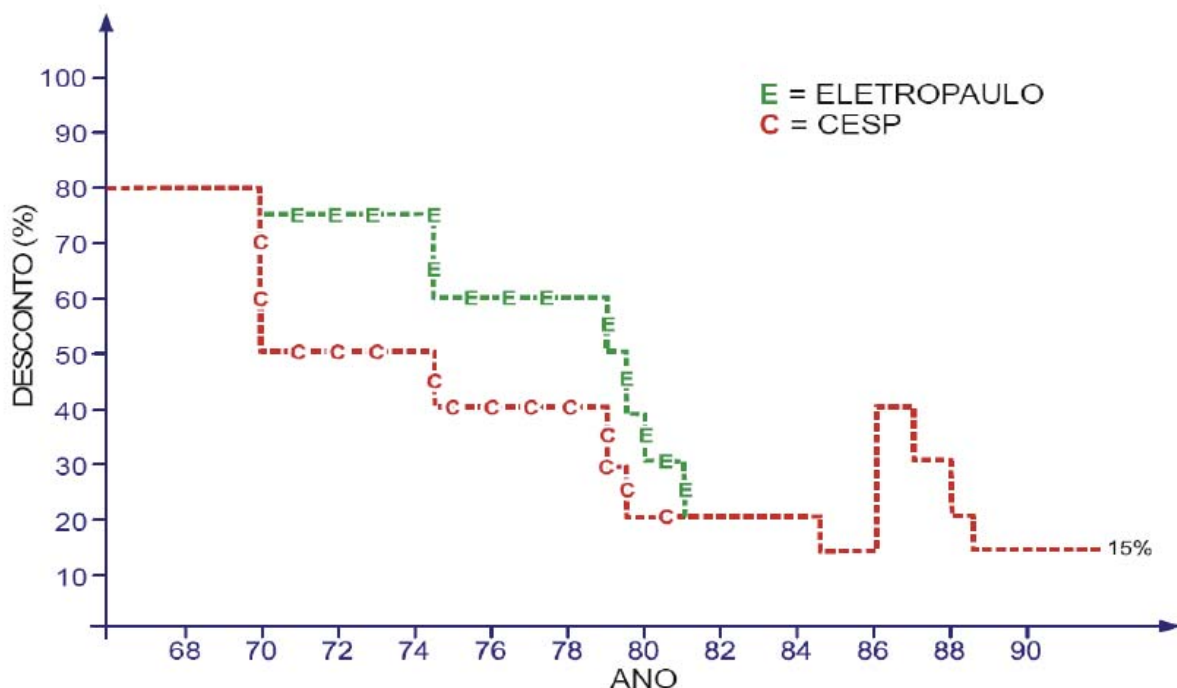


Figura 2.2 – Gráfico de desconto na tarifa de energia pelo tempo.

Fonte: Cassiano Filho e Tsutiya (1992).

Com o objetivo de universalização e de garantia da sustentabilidade dos serviços de saneamento básico no Brasil, em 2007 foi sancionada a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), que estabeleceu as diretrizes nacionais e a política federal para o saneamento básico, prevendo, dentre outras medidas, o desenvolvimento do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANASAB) pelo Ministério das Cidades. O horizonte de planejamento do PLANASAB é de vinte anos, com revisões quadrienais, sendo o monitoramento e a promoção da eficiência dos serviços pontos básicos da Política Federal de Saneamento Básico. No contexto dessa pesquisa, a Lei no 11.445 (BRASIL, 2007) define como condição de validade de contratos de prestação de serviços de saneamento básico, em seu artigo 11, a inclusão de metas progressivas e graduais de eficiência e uso racional de água, energia e outros recursos naturais.

Em julho de 2014, o volume útil do sistema Cantareira da região metropolitana de São Paulo, o qual atende a uma população de 8,8 milhões de pessoas, esgotou. Na ocasião, São Paulo apresentava a maior crise hídrica dos últimos 80 anos de observação. Nos primeiros três meses de 2014, período em que

as chuvas enchem os reservatórios, choveu menos da metade do esperado para o período. Desde 2013, as precipitações atmosféricas já estavam abaixo da média na região sudeste. Como solução, em maio, a Sabesp decidiu usar o volume morto, uma reserva de 400 bilhões de litros de água, destinado ao depósito de material sedimentado no reservatório, ao longo do tempo, e que fica abaixo das comportas que retiram água do Sistema Cantareira. Para a retirada do volume morto, foram executadas obras para bombear mais de 180 bilhões de litros dessa reserva. O volume morto do Cantareira nunca tinha sido utilizado e, apesar de contraindicado para o fornecimento de água para o abastecimento público, ajudou a resolver o problema de abastecimento de água da cidade de São Paulo. A população também colaborou bastante para vencer esse período crítico, economizando água e fiscalizando os desperdícios. No final de dezembro de 2015, devido às chuvas acima da média ocorridas, a situação regularizou. Esse evento mostrou o quanto o sistema de abastecimento de água para a cidade de São Paulo é vulnerável às estiagens e deixou claro para os técnicos da SABESP de que há necessidade de obras, para que o SAA de São Paulo tenha alternativas para enfrentar situações extremas. Além da capital, muitas outras cidades do interior do estado de São Paulo também tiveram problemas com o abastecimento de água, sendo que em algumas cidades foi necessário entrar em racionamento.

2.3 Relação entre água e energia

A água e a energia estão intrínseca e inextricavelmente ligadas a ambientes urbanos, sendo essas interligações chamadas de "relação água e energia". A água é necessária para a produção de energia para extração e mineração, e também para a produção de combustível, como hidrogênio, etanol e biocombustíveis, para a refrigeração termoelétrica, hidrelétrica e para controle de emissões (WALSH et al., 2015). Além disso, é necessária energia no tratamento de água e esgoto, transporte e uso para o desenvolvimento de sistemas hídricos. Embora o reconhecimento e a apreciação das relações entre água e energia em nossos ambientes urbanos tenham melhorado durante a última década, nossa compreensão da verdadeira natureza e extensão dessas interações entre água e energia permanece subdesenvolvida (KENWAY et al., 2011).

A energia é, portanto, vital para os serviços de água, para operar e organizar serviços para os consumidores. Sistemas de operação de distribuição de água e coleta de águas residuais geralmente requerem grandes quantidades de energia e variam de acordo com as características da área servida, com o projeto e com escolhas de gestão (BOLOGNESI et al., 2014). De acordo com Plappally e Lienhard (2012), o tratamento de águas residuais consome aproximadamente 7% da eletricidade produzida no mundo. Geralmente, o consumo de eletricidade pode representar cerca de 5 a 30% dos custos operacionais totais das concessionárias (LIU et al., 2012). Água potável e os sistemas de águas residuais são tipicamente os maiores consumidores de energia, representando de 25 a 40% da conta de energia total de um município e cerca de 80% dos custos municipais de processamento e distribuição de água (USEPA, 2011).

Gerar energia e produzir combustíveis requerem água e, para que haja o suprimento de água doce com qualidade elevada, há necessidade de alta intensidade energética (KING et al., 2008). Tanto o crescimento populacional como as mudanças climáticas geram pressões sobre ambos os recursos, pois a água é utilizada em vários estágios da produção de energia, desde a obtenção dos combustíveis, como a extração e o refino de petróleo, o processamento do carvão, do gás e do urânio, gaseificação e liquefação do carvão e gás, e também da geração de energia, quer seja hidrelétrica, nuclear, a gás, óleo, carvão e biomassa (USDOE, 2006). O crescente interesse pelos biocombustíveis, segundo King et al. (2008), deve ser considerado com destaque, pois a produção de culturas energéticas e o processamento de biomassa com a cogeração, a partir da produção de etanol, consomem grandes volumes de água.

Em diversos setores, a energia tem um papel fundamental, tanto na produção como na distribuição de água com qualidade. De acordo com a Aliança para Conservação de Energia (ALLIANCE, 2002), entre 2% e 3% da energia elétrica consumida no mundo é empregada para o bombeamento de água em sistemas de abastecimento, onde se estima um potencial de 25% de redução de consumo de energia, através de medidas de eficiência energética e conservação de energia. Conforme relata Cabrera et al. (2010), em décadas passadas a relação entre água e energia era exclusivamente com a geração de energia através de hidrelétricas, enquanto que, atualmente, o foco na água como agente consumidor de energia tem atraído a atenção em instâncias políticas, ambientais e acadêmicas.

Atualmente, garantir a segurança alimentar mundial é uma das principais forças a exercer pressão sobre o uso da água e energia em conjunto (MUSHTAQ et al., 2009). Com as mudanças climáticas globais, os ciclos hidrológicos regionais sofrem interferências e, quando essas mudanças ocorrem nas áreas agrícolas, quer seja com a redução da precipitação média ou com o aumento da evapotranspiração, faz-se necessário aumentar a complementação de água com a irrigação.

Conforme relatos de Jackson et al. (2010), a mudança de um sistema de irrigação por inundação para outro pressurizado resulta numa redução de 10% a 66% no consumo da água; porém, o consumo de energia para a pressurização sofre um aumento de até 163%.

Nos casos citados anteriormente, o consumo de energia elétrica para o recalque da água é realizado por conjuntos motobomba. Esses equipamentos, associados a instalações hidráulicas, como tubos, singularidades e válvulas, associado a uma operação pouco eficiente, são os principais focos de medidas de eficiência hidráulica e energética para esse tipo de sistema (MORENO et al., 2007).

Confirmando as previsões do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC), a dessalinização será uma tecnologia fundamental para a adaptação às consequências do aquecimento global (IPCC, 2008), que, inclusive, vem sendo adotado por vários países no mundo, principalmente nas cidades situadas em regiões litorâneas. Com isso, prevê-se um aumento do consumo de energia para produção de água nos cenários futuros, tendo em vista que a dessalinização, apesar das várias formas de tratamento da água, é energeticamente intensiva (BUI et al., 2010; NAFEYA et al., 2010).

Para relacionar o consumo de água tratada com energia elétrica, Lam et al. (2016) realizaram um trabalho que analisou várias cidades com séries temporais do consumo de energia elétrica relacionada com o abastecimento de água, em que quantifica o uso de energia para abastecimento de 30 importantes cidades do mundo, as quais totalizam uma população superior a 170 milhões de habitantes; o trabalho ilustra o desempenho com uma nova abordagem de perfis de água e energia com base no tempo e menciona que o uso de energia para o abastecimento de água varia de 10 kWh por habitante por ano em Melbourne na Austrália, em 2015, para 372 kWh por habitante por ano em San Diego no Estados Unidos, no ano de 2015. Em 17 cidades da série de dados analisados entre 2000 e 2015, conforme ilustrado no gráfico da Figura 2.3, há uma tendência geral na redução per capita de energia para o

fornecimento de água, de 11% a 45%. Essa redução provavelmente ocorreu pela melhoria da eficiência na distribuição de água na maioria das cidades.

Segundo Lam et al. (2016), surgem três ideias chave ao explorar as quatro categorias de fatores potencialmente influentes, como: clima, topografia, os padrões de eficiência operacional e de uso da água, para entender por que o uso de energia para fornecimento de água difere entre as cidades. As ideias são:

1-) Boa gestão da energia para o fornecimento de água, com a busca da eficiência energética, do controle de água não contabilizada, da eficiência no fornecimento da água residencial, ou através de outros fatores, tais como eventos climáticos e a topografia local.

2-) A relação entre a energia associada com a água consumida e não contabilizada, que é substancial em muitas das cidades estudadas, representando um potencial de poupança energética expressiva, de 16 kWh/hab./ano, o equivalente a 25% do consumo médio de energia para abastecimento de água, o que representa uma economia significativa de energia.

3-) As adversidades acarretadas pelas condições climáticas, como ocorreu com três cidades australianas, que passaram por uma seca com duração de uma década, o que demonstrou o papel benéfico da redução de demanda para reduzir as consequências do aumento de energia, especialmente com a dessalinização da água do mar e transferências de água entre bacias hidrográficas.

A abordagem de perfis de água-energia é aplicada para controlar como cidades têm historicamente e em relação umas às outras, em termos de uso de água per capita, o consumo de energia per capita para a distribuição de água e intensidade de energia para o fornecimento de água. O histórico do fornecimento de água e energia na área urbana pode ser vital para o estabelecimento de cenários futuros para uma melhor gestão. A Figura 2.4 ilustra um gráfico das 30 cidades estudadas por Lam et al. (2016), com o consumo per capita de água em litros por habitante por dia e o consumo de energia elétrica em quilowatts-hora por habitante dia para o ano de 2015.

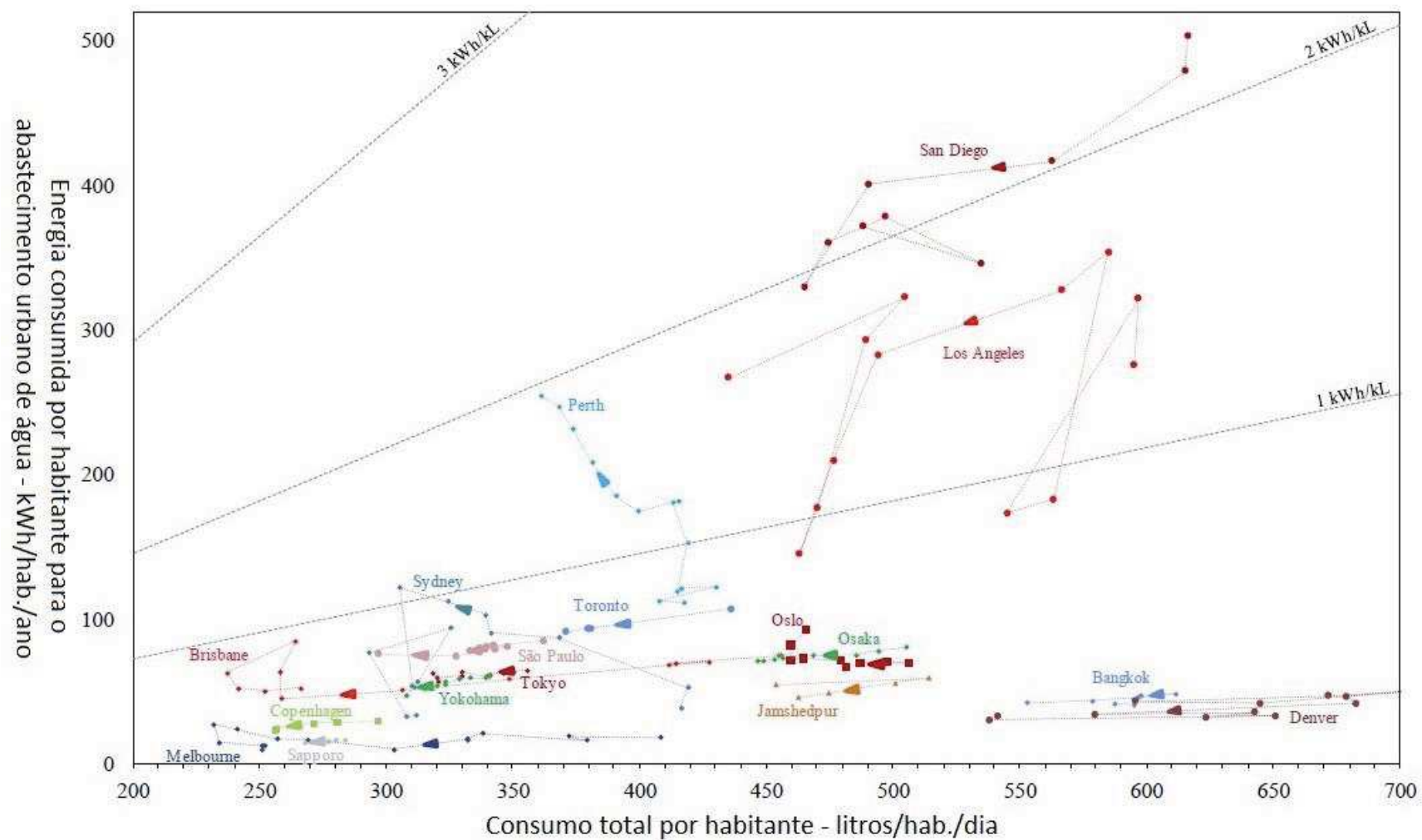


Figura 2.3 – Gráfico com o perfil de água e energia para 17 cidades, mostrando suas trajetórias ao longo do tempo.

Fonte: Lam et al. (2016), adaptado.

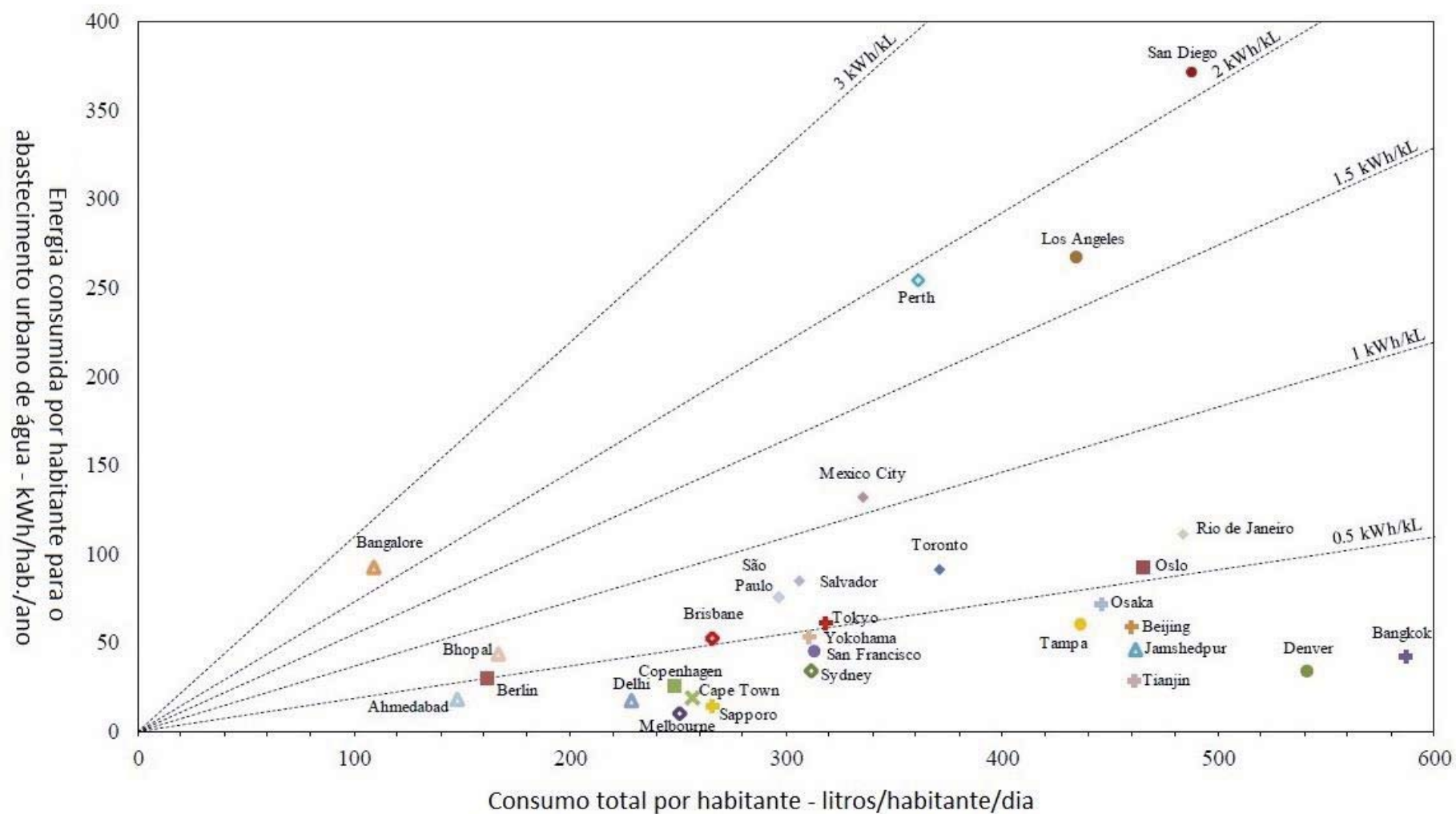


Figura 2.4 – Gráfico com o perfil de consumo de água-energia, para 30 cidades.

Fonte: Lam et al. (2016), adaptado.

Um grande exemplo da relação entre a água e energia foi constatado no trabalho realizado por Smith et al. (2017), em edifícios altos na China. Os autores verificaram que os projetos dos edifícios altos, no tocante ao bombeamento de água, têm ignorado o consumo de energia elétrica para o abastecimento de água, considerando que os mesmos são um dos maiores consumidores. Com os dados de dois sistemas de bombeamento comumente usados e extrapolando os resultados para uma megacidade na China, foi identificado que mais de um terço da energia gasta para o abastecimento de água de prédios altos se direciona para somente um décimo da população de uma cidade. Porém, os edifícios podem alcançar uma redução de até 45% no consumo de energia elétrica para o bombeamento de água, substituindo os tradicionais sistemas de reservatório inferiores, de onde é feito o recalque por tanques pressurizados de reforço, que armazenam a água com pressão, para então ser recalçada para o reservatório superior. Estes últimos armazenam água com a pressão fornecida pela rede de distribuição de água, enquanto que os primeiros desperdiçam energia, armazenando água à pressão atmosférica. Considerando que a geração de eletricidade na China é fortemente dependente do carvão, minimizar o uso de eletricidade é fundamental para reduzir a contribuição do abastecimento de água urbana, para a mudança climática e para alcançar as metas de emissões de CO₂ da China. O resultado é também relevante para cidades verticalizadas de outros países com populações urbanas relativamente densas. Segundo Smith et al. (2017), a eletricidade economizada com a substituição de 25% dos sistemas de reservatórios inferiores por sistemas pressurizados é de 11% da energia de bombeamento para edifícios com grande altura e reduz as emissões anuais em 8.600 toneladas de CO₂. A economia de eletricidade foi equivalente a 4,8% dos requisitos de eletricidade para o abastecimento urbano de água em nível municipal e 2,7% em nível nacional.

Essa substituição dos sistemas baseia-se numa política favorável do governo e representa uma área relativamente inexplorada de economias na China, onde algumas cidades só recentemente começaram a considerar a introdução desse sistema de bombeamento.

Os cálculos revelaram que cerca de 80% de toda a energia necessária para a captação, tratamento e distribuição de água para um edifício de 20 andares são usados no bombeamento de água dentro do edifício. Esses números evidenciam que a economia de energia proposta é significativa e deve ser considerada em cidades verticalizadas.

2.4 Estrutura tarifária de energia elétrica no Brasil

Não há como negar que no Brasil a política tarifária de energia elétrica é um indicador econômico e social, razão pela qual constantemente está presente em jornais, programas de rádio e noticiários, gerando muita polêmica e discussões, às vezes até de ordem nacional. As concessionárias buscam os seus interesses no negócio, em especial o lucro. Os consumidores, quer sejam residenciais, comerciais ou industriais, por outro lado, estão preocupados com a qualidade do atendimento, o custo da energia elétrica e, conseqüentemente, com o quanto isso representa nos custos dos seus produtos, serviços e até nas suas finanças.

Segundo Haddad e Gama (2001), a questão tarifária no Brasil foi tratada no início do século passado com uma política para viabilizar a expansão e o crescimento populacional. Para que empresas estrangeiras como a Light Canadense operasse no país foi necessário garantia e proteção nos contratos da época, principalmente devido à instabilidade que a moeda brasileira representava no mundo. Ainda segundo os autores, para amenizar a insegurança que a economia brasileira demonstrava às empresas estrangeiras do ramo de energia, introduziu-se uma cláusula denominada "Cláusula Ouro", em que as tarifas eram compostas em papel-moeda e em ouro. Diante do exposto, o estado exerceu forte atuação no controle e gerência do setor, primeiramente com a publicação do Decreto nº 24.643 de 10/07/1.934 (BRASIL, 1934) - "Código das Águas" - do então presidente da república Getúlio Vargas, onde se disciplinam as regras para o uso, aproveitamento e concessão dos recursos hídricos do Brasil e, principalmente, a sua destinação para fins energéticos. Merecem destaque os seguintes artigos do referido decreto:

- Artigos 62 e 63 – Da Competência Administrativa
- Artigos 139 ao 144 - Da Energia hidráulica e seu aproveitamento
- Artigos 150 ao 169 - Das Concessões
- Artigos 178 ao 188 - Da Fiscalização
- Artigos 191 ao 194 - Da Competência dos estados para autorizar ou conceder o aproveitamento industrial das quedas d'água e outras fontes de energia hidráulica

Esses artigos dispõem, mesmo que de forma primária, sobre os serviços de energia elétrica e suas tarifas, estabelecendo, ainda, a Divisão de Águas do Departamento Nacional da Produção Mineral como órgão competente para gerir a

questão. Depois, num segundo momento, com a regulamentação dos serviços de energia elétrica pela Divisão de Águas, criou-se o regime tarifário de serviço pelo custo (Decreto nº 41.019 de 26/02/57).

Em meados dos anos 1970, houve uma tentativa de estabelecer uma equalização das tarifas. A fixação delas ao longo dos anos acabou servindo para o governo como instrumento de controle da inflação e da economia, o que acarretou o endividamento de muitas empresas e gerou uma forte crise financeira no setor.

Uma nova fase no setor aconteceu em 1993 com um novo sistema de tarifas, buscando a sua recuperação. Foi extinto o regime de remuneração garantida e a equalização tarifária, elegendo a ELETROBRÁS como órgão que deveria gerir os recursos, do programa de conservação de energia elétrica, da mesma maneira como o PROCEL – Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica. A recuperação da defasagem tarifária seria feita a cada três anos com base nos custos das empresas concessionárias (HADDAD e GAMA, 2.001).

Nos anos seguintes, a política tarifária foi sendo sistematicamente modificada, devido às mudanças e evoluções ocorridas na economia brasileira. Com a chegada do Plano Real proposta pelo então presidente da república Fernando Henrique Cardoso, em 1994, ficou definido que não poderiam ocorrer reajustes tarifários em menos de um ano.

Em 1.997 é criada a ANEEL -Agência Nacional de Energia Elétrica-, autarquia vinculada ao Ministério das Minas e Energia, cuja atribuição é definir as regras, ações e gerir o setor energético no Brasil, bem como a questão tarifária. Com relação à revisão e ao reajuste de preços e valores de tarifas de energia elétrica, a ANEEL dispõe hoje de três mecanismos para este fim, conforme Cadernos Temáticos nº 4 (ANEEL, 2.005):

Reajuste Tarifário Anual \Rightarrow tem como objetivo restabelecer anualmente o poder de compra da receita obtida pelo concessionário. Esse índice de reajuste é calculado com base na variação do IGP-M dos 12 meses anteriores à data do reajuste e aplicado sobre as tarifas na “Data de Referência Anterior”;

Revisão Tarifária Periódica \Rightarrow permite analisar o equilíbrio econômico financeiro da concessão, ocorre em geral a cada 4 anos e se dá na esfera gerencial;

Revisão Tarifária Extraordinária \Rightarrow sua função é a de reavaliar as tarifas praticadas, a qualquer momento, por solicitação das concessionárias, com o objetivo de manter o equilíbrio econômico-financeiro do contrato.

Desde a criação da ANEEL, em 1997, para efeito de normalização do setor elétrico, no ano de 2000, através da Resolução nº 456 de 29/11/2000 atualizada pela Resolução nº 414 de 09/09/2010, surge um dos mais importantes instrumentos regulatórios, o qual discursa sobre todas as condições referentes ao fornecimento de energia elétrica no país. Em 24 de março de 2011 através da Resolução nº435, é definido a estrutura dos Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET, que consolida a regulamentação acerca dos processos tarifários.

Para melhor entender a Resolução nº 414/2010 da ANEEL e o sistema tarifário, é importante definir alguns termos técnicos utilizados na área de energia elétrica. Dos vários termos técnicos, os que merecem destaque, considerando os objetivos desse trabalho, são apresentados no Anexo A.

O sistema tarifário vigente no Brasil, através da Resolução nº 414/2010, conforme relatado anteriormente, aborda a complexidade da estrutura de cobrança de energia elétrica dos consumidores; portanto, a avaliação do melhor sistema de tarifas para se contratar deve ser feita com muito critério, observando bem as condições, restrições e exigências de cada modalidade, a fim de se evitar gastos extras com a escolha errada. Conforme salienta Tsutiya (2006b), a escolha pelo sistema de tarifa deve respeitar por contrato o prazo de um ano, ou seja, para corrigir uma escolha equivocada é necessário esperar por todo esse tempo, o que se traduz em grande prejuízo à empresa contratante.

A grande tributação sobre o preço da energia elétrica tem sido um dos principais fatores a onerar as tarifas. A inclusão do Imposto Sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação -ICMS- sobre as mesmas, atualmente representa no Estado de São Paulo, 18% sobre o total da conta e, mais recentemente, o discutível Encargo de Capacidade Emergencial -ECE-, ou vulgarmente conhecido como “Seguro Apagão”, cuja cobrança vigorou até 2006, representava algo em torno de 2% da tarifa em kWh.

Com a aprovação da Resolução nº 547 de 16 de abril de 2013, a partir de 2015, as contas de energia passaram a adotar o sistema de bandeiras tarifárias. Existem três bandeiras: verde, amarela e vermelha, as mesmas cores dos semáforos de trânsito, e que indicam se a energia custa mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade. As bandeiras tarifárias têm as seguintes características:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia hidroelétrica. Nessa bandeira a tarifa não sofre nenhum acréscimo;

- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,015 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido;

- Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração devido à ativação das termoeletricas. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido;

- Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração, com a ativação de termoeletricas que geram energia a um custo mais elevado. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,045 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

O sistema de bandeiras é aplicado por todas as concessionárias conectadas ao Sistema Interligado Nacional – SIN. Somente o estado de Roraima não está no SIN, portanto nesse estado não funciona o sistema de bandeiras tarifárias.

As Tabelas 2.2, 2.3 e 2.4 apresentam as taxas e tarifas vigentes, conforme Resolução Homologatória da ANEEL nº 2.125 de 23/08/2016, cujas taxas e tarifas terão vigência de 27/08/2016 até o dia 26/08/2017, nos municípios atendidos pela concessionária Elektro.

Tabela 2.2 – Tarifas da Elektro para o Grupo B (Baixa Tensão)

Tarifas de Baixa Tensão Resolução Homologatória ANEEL nº 2.125, de 23 de Agosto de 2016 Vigência 27/08/2016			
Modalidade Tarifária CONVENCIONAL			
SUBGRUPO	TE (R\$/kWh)	TU (R\$/kWh)	TARIFA FINAL (R\$/kWh)
B1-RESIDENCIAL	0,23604	0,21185	0,44789
B1-RESIDENCIAL BAIXA RENDA			
Consumo mensal até 30 kWh	0,08261	0,07044	0,15305
Consumo mensal entre 31 até 100 kWh	0,14162	0,12076	0,26238
Consumo mensal entre 101 até 220 kWh	0,21244	0,18114	0,39358
Consumo mensal superior a 220 kWh	0,23604	0,20127	0,043731
B2-RURAL	0,16523	0,14830	0,31353
B2-COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	0,12274	0,11016	0,23290
B2-SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO	0,14163	0,12711	0,26874
B3-DEMAIS CLASSES	0,23604	0,21185	0,44789
B4-ILUMINAÇÃO PÚBLICA			
B4a - Rede de distribuição	0,12982	0,11652	0,24634
B4b - Bulbo da lâmpada	0,14163	0,12711	0,26874

Tabela 2.3 – Tarifas da Elektro para o Grupo A (Média e Alta Tensão) – Tarifa Verde

Tarifas de Média e Alta Tensão Resolução Homologatória ANEEL n° 2.125, de 23 de Agosto de 2016 Vigência 27/08/2016						
Modalidade Tarifária HORÁRIA VERDE						
ENERGIA / CONSUMO		TE		TU		TARIFA FINAL
SUBGRUPO		Ponta (R\$/kWh)	Fora Ponta (R\$/kWh)	Ponta (R\$/kWh)	Fora Ponta (R\$/kWh)	
A3a (30 kV a 44 kV)		0,3373	0,22684	0,8791	0,05249	1,2164 0,27933
A4 (2,3 a 25 kV)		0,3373	0,22684	0,8791	0,05249	1,2164 0,27933
DEMANDA		COMUM		ULTRAPASSAGEM		
SUBGRUPO		TU (R\$/kW)	TU (R\$/kW)			
A3a (30 kV a 44 kV)		11,38	22,76			
A4 (2,3 a 25 kV)		11,38	22,76			

Tabela 2.4 – Tarifas da Elektro para o Grupo A (Média e Alta Tensão) – Tarifa Azul

Tarifas de Média e Alta Tensão Resolução Homologatória ANEEL n° 2.125, de 23 de Agosto de 2016 Vigência 27/08/2016						
Modalidade Tarifária HORÁRIA AZUL						
ENERGIA / CONSUMO		TE		TU		TARIFA FINAL
SUBGRUPO		Ponta (R\$/kWh)	Fora Ponta (R\$/kWh)	Ponta (R\$/kWh)	Fora Ponta (R\$/kWh)	
A2 (88 a 138 kV)		0,3373	0,22684	0,04418	0,04418	0,38148 0,27102
A3 (69 kV)		0,3373	0,22684	0,05415	0,05415	0,39145 0,28099
A3a (30 kV a 44 kV)		0,3373	0,22684	0,05249	0,05249	0,38979 ,27933
A4 (2,3 a 25 kV)		0,3373	0,22684	0,05249	0,05249	0,38979 ,27933
DEMANDA		TU COMUM		TU ULTRAPASSAGEM		
SUBGRUPO		Ponta (R\$/kW)	Fora Ponta (R\$/kW)	Ponta (R\$/kW)	Fora Ponta (R\$/kW)	
A2 (88 a 138 kV)		7,20	4,66	14,40	9,32	
A3 (69 kV)		9,95	3,75	19,90	7,50	
A3a (30 kV a 44 kV)		34,13	11,38	68,26	22,76	
A4 (2,3 a 25 kV)		34,13	11,38	68,26	22,76	

Com base nos dados da Tabela 2.4, fazendo os cálculos, pode-se observar que, na tarifa Azul, a relação entre o custo da demanda de energia elétrica para horário de ponta comparada ao horário fora de ponta varia três vezes para os subgrupos A3a e A4, 2,65 vezes, para o subgrupo A3 e 1,55 vez para o grupo A2; já essa relação

para o consumo é em torno de 1,40. Na tarifa verde, conforme pode-se observar na Tabela 2.3, a relação entre o custo do consumo de energia elétrica para horário de ponta e o horário fora de ponta é de 4,35. Essa diferenciação dos custos deixa evidente que todo esforço para que os motores das estações elevatórias de água tratada, bruta e esgoto não funcionem no horário de ponta é muito importante, para a redução dos custos de energia elétrica da companhia de saneamento.

Ter amplo conhecimento de todos os equipamentos e instalações é o primeiro passo para a empresa que deseja reduzir os gastos com energia elétrica. Às vezes apenas a classificação correta da classe da instalação, alteração de estrutura tarifária, verificação das unidades de medição e regularização da demanda contratada, traria bons resultados com relação à redução de custos com energia elétrica. Um segundo passo, muito importante, é conhecer plenamente o sistema tarifário vigente e adequar a rotina operacional das instalações ao sistema de cobrança, minimizando os custos.

2.5 Indicadores de eficiência e desempenho

Na busca pelos objetivos de gestão, as empresas estão sempre à procura de elevados padrões de eficiência e de eficácia. A *eficiência* mede até que ponto os recursos disponíveis são utilizados de modo otimizado para a produção do serviço. A *eficácia* mede até que ponto os objetivos de gestão, definidos específica e realisticamente, foram cumpridos.

Conforme Alegre et al. (2004), um indicador de desempenho é uma medida quantitativa de um aspecto particular do desempenho de uma empresa responsável pela gestão ou do seu nível de serviço. É um instrumento de apoio à monitorização da eficiência e da eficácia da entidade gestora, simplificando uma avaliação que, de outro modo, seria mais complexa e subjetiva. Não são classificados como indicadores de desempenho eventuais indicadores de atividade que traduzem opções de gestão, mas não avaliem diretamente nem eficiência nem eficácia.

Os indicadores de desempenho devem traduzir, de modo sintético, os aspectos mais relevantes do desempenho do operador de forma verdadeira e isenta. Cada indicador, ao contribuir para a quantificação do desempenho sob um dado ponto de vista, área e durante um período de tempo, facilita a avaliação do cumprimento de

objetivos e a análise de evolução ao longo do tempo. Desta forma, simplifica-se uma análise que, por natureza, é complexa.

Um indicador de desempenho deve conter em si informação relevante, mas é inevitavelmente uma visão parcial da realidade da gestão na sua globalidade, não incorporando, em geral, toda a sua complexidade. Assim, o seu uso descontextualizado pode levar a interpretações erradas. É necessário analisar sempre os indicadores de desempenho no seu conjunto, com conhecimento de causa, e associados ao contexto em que se inserem.

Os indicadores de desempenho são tipicamente expressos por taxas. Podem ser adimensionais, como, por exemplo, porcentagens que, de algum modo, expressem intensidade e não extensão; exemplificando: um valor monetário por metro cúbico. Neste caso, o denominador deve representar uma dimensão do sistema em análise, ou do operador, como, por exemplo, o número de ramais domiciliários, o comprimento da rede e os custos anuais. O uso de variáveis suscetíveis de variarem significativamente de ano para ano por fatores externos ao operador como, por exemplo, o consumo anual de água, que depende, por exemplo, de fatores meteorológicos, não deve ser adotado como denominador, a não ser que esta variação se reflita no numerador na mesma proporção. A cada indicador corresponde uma regra de processamento, especificando todos os dados necessários ao cálculo, a unidade em que devem ser expressos e a respectiva combinação algébrica.

Para abordar os indicadores de eficiência e desempenho, é importante definir alguns conceitos, sobre os quais os indicadores são elaborados, para permitir um melhor entendimento e evitar inconsistências. Esses conceitos são: indicadores, índices, eficiência, rendimento e desempenho.

Para Franceschini et al. (2006), a definição de indicador está diretamente ligada à noção de representação-alvo, que é a operação destinada a tornar um contexto, ou parte dele, tangível, a fim de realizar avaliações, fazer comparações, formular previsões, tomar decisões, dentre outras utilidades. Portanto, os indicadores, isoladamente ou em conjunto com outros, são as ferramentas que operacionalizam o conceito de representação-alvo para um contexto específico.

Conforme descreve Franceschini et al. (2006), os indicadores são ferramentas de representação de sistemas complexos que, através da coleta de informações, permite a sua análise, visando ao estudo da evolução do sistema. Não há uma distinção clara entre os conceitos de indicador e índice (PERROTTO et al.,

2008; SICHE et al., 2007), sendo que, na literatura científica, encontram-se casos em que ambos são utilizados como sinônimos. Shields et al. (2002) e Siche et al. (2007) apresentaram uma abordagem hierárquica para distinguir índices de indicadores, com base no nível de processamento de dados brutos para a geração de informações. Considerando uma hierarquia, os índices ocupam uma posição mais elevada, em que as informações estão prontas para a comunicação, sendo, portanto, mais simples e diretos. Enquanto que os indicadores apresentam informações mais complexas, obtidas através de dados brutos e medições. Nesse sentido, Siche et al. (2007) menciona que o índice é o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo, que pode ser gerado a partir de indicadores ou de conjuntos destes.

Para Peña (2008), a eficiência pode ser classificada como técnica e econômica. A eficiência técnica corresponde à minimização do uso de insumos mantendo-se a taxa de produção, ou à maximização da produção, mantendo-se a taxa de utilização de insumos, enquanto que a eficiência econômica, que está atrelada à técnica, é relativa ao menor custo monetário viável para gerar um determinado produto, ou à maior produção factível com o mesmo investimento financeiro.

Atualmente é comum encontrar nas empresas ou organizações, metas de desempenho, que variam conforme o setor produtivo em que estão situadas. Com o objetivo de garantir o sucesso contínuo, uma organização deve sempre monitorar seu desempenho em relação às metas estabelecidas (POPOVA; SHARPANSKYKH, 2010), criando, dessa forma, relações entre os indicadores de desempenho e metas a serem atingidas. Deve, ainda, implantar mecanismos de medição de desempenho, os quais permitem identificar os pontos falhos e auxiliam na tomada decisões, visando atingir os objetivos da empresa.

Popova e Sharpanskykh (2010) apresentam os Indicadores de desempenho como quantitativos ou qualitativos, a refletirem o estado e o progresso de uma empresa, unidade ou indivíduo, enquanto que Alegre et al. (2004) definem indicador de desempenho como uma medida quantitativa de um aspecto particular do desempenho da entidade gestora ou do seu nível de serviço. Os autores ainda qualificam tais indicadores como instrumentos de auxílio ao monitoramento da eficiência da entidade gestora, permitindo de maneira mais simples as análises, as quais, de outra forma, seriam complexas e subjetivas.

Franceschini et al. (2006) atribuem aos indicadores três funções básicas:

- Controle: viabilizam o controle e avaliação do desempenho dos recursos disponíveis;
- Comunicação: explicitam o desempenho da empresa de maneira simplificada;
- Melhoria: permitem verificar se as metas estão sendo atingidas, aponta falhas e indica soluções para melhorias.

Para Vilanova (2012), a avaliação de desempenho inclui a quantificação de eficiência do uso dos recursos e da eficiência dos processos vinculados a serviços ou a produtos oferecidos. Essas avaliações fornecem uma base de comparação entre unidades da mesma natureza, um meio de implementar melhorias em um quadro para o acompanhamento dos progressos.

Os indicadores de desempenho são ferramentas de um sistema de avaliação de desempenho focado na medição e quantificação de vários aspectos de eficiência e eficácia. Os indicadores de desempenho permitem a avaliação por meio de técnicas analíticas. Estas técnicas analíticas são importantes para eliminar a subjetividade na interpretação do desempenho do sistema. Várias das características dos sistemas de avaliação de desempenho destacam sua capacidade de atingir efetivamente seus objetivos:

Os sistemas de avaliação de desempenho, bem como, um conjunto de indicadores são exclusivos para cada empresa e devem estar baseados nas metas e objetivos estratégicos da empresa, e desenvolvidos com a participação de profissionais envolvidos em processos-chave da empresa;

A complexidade dos sistemas de avaliação de desempenho e o conjunto de indicadores devem ser avaliados não apenas com base no nível de informação desejado, mas também segundo a viabilidade econômica e técnica de Implementação;

Os sistemas de avaliação de desempenho exigem uma base de dados forte e um sistema de gestão da informação para uma operação eficiente e uma garantia de confiabilidade e, ainda, devem ser dinâmicos, capazes de avaliar não somente a situação da empresa, mas também tendências e variabilidade de desempenho, tornando assim os sistemas de avaliação de desempenho uma ferramenta de planejamento estratégico;

Os gerentes usam sistemas de medição de desempenho e indicadores como ferramentas para planejar as operações e a expansão de sistemas de

abastecimento de água. Supondo que os gestores procurem racionalizar e harmonizar todos os componentes do processo de produção e avaliação de desempenho em sistemas de abastecimento de água, esse procedimento lhes permite estabelecer metas para reduzir insumos, como, por exemplo, água bruta, eletricidade e produtos químicos utilizados no tratamento de água. Some-se a isso, também, ajustar as condições de trabalho e maximizar o fornecimento de água e obter lucratividade. A melhoria do desempenho permite, por exemplo, o aumento da água fornecida com a redução das taxas de perda de água de distribuição, sem necessariamente aumentar a captação de água bruta. Neste caso, podem ser evitadas pressões desnecessárias (impacto ambiental) na bacia hidrográfica de origem e investimentos em estruturas físicas para expansão do sistema de abastecimento, através da melhoria do desempenho.

A importância crescente da medição do desempenho ambiental e da utilização de indicadores ambientais pode ser vista como uma nova revolução nesta área. Esta revolução é análoga àquela que ocorreu na década de 1980, com a transição de medidas puramente financeiras para o sentido mais amplo de desempenho, o que agregou as esferas de qualidade e de satisfação do cliente. No contexto das alterações climáticas globais, é provável que os parâmetros ambientais e de sustentabilidade sejam cada vez mais agregados aos sistemas de medição de desempenho convencionais.

A gestão de eficiência energética nos sistemas de abastecimento de água e de coleta de esgoto exige a avaliação da forma como a energia é consumida e do quanto a energia é gasta eficientemente. Diante disso, Teixeira et al. (2016) propuseram, em seu trabalho, uma lista de 35 indicadores de desempenho energético, orientados para a eficiência da gestão de energia, utilizando dados já existentes nos municípios, permitindo “Benchmarking” entre municípios e sistemas. Esta matriz apresenta, para cada indicador, o objetivo estratégico, relativo às melhores práticas de gestão ambiental e aplicabilidade, o tipo e a definição do indicador e as unidades. Os indicadores foram categorizados, por consenso, como: ambiental e social, incluindo aqueles relacionados à eficiência da energia e da água. A emissão dos gases do efeito estufa e as alterações climáticas, bem como as emissões de poluentes pertencem à categoria ambiental; a educação social e a sensibilização encaixam-se na categoria social; a categoria de governança inclui os custos energéticos dos indicadores, sustentabilidade financeira do sistema, gestão municipal e política; e a

categoria técnica, que agrega a qualidade do serviço e a utilização da capacidade instalada nos indicadores.

Com essa matriz de indicadores de desempenho, é possível a avaliação e a monitorização do consumo de energia, dos custos energéticos e das emissões de CO₂, conduzindo à identificação de oportunidades de melhoria de desempenho para o desenvolvimento contínuo e sustentável nos municípios.

A metodologia para o desenvolvimento da matriz de indicadores de desempenho baseou-se na aplicação das atividades dos sistemas de gestão integrada da energia (ISO 50001), qualidade (ISO 9001) e ambiente (ISO 14001). A matriz de indicadores foi testada num estudo de caso, no município de Loulé, em Portugal.

Os resultados dos indicadores de desempenho, utilizando o estudo de caso, segundo os autores, mostraram a sua aplicabilidade e a utilidade dos indicadores propostos na avaliação da sustentabilidade energética. Os objetivos do município de garantir o uso eficiente da energia e promover a utilização de energias renováveis, melhorar a qualidade do serviço energético e a eficiência do sistema de gestão de energia foram os de maior importância atribuída. Proteção ambiental e promoção do uso eficiente da água são os objetivos estratégicos de recursos que representaram 34,3% dos indicadores, portanto, na matriz proposta, a maioria dos indicadores é relacionada diretamente à eficiência energética. Para o sistema de distribuição de água, há uma perspectiva positiva global nos indicadores analisados. No entanto, o sistema de coleta de águas residuais recebeu perspectiva negativa em todos os tipos de indicadores, com exceção do campo tecnológico relativo à qualidade do serviço, demonstrando a necessidade de investimento.

Ao concluir o trabalho, Teixeira et al. (2016) avaliaram os resultados ótimos para o desempenho na maioria dos indicadores avaliados, confirmando o valor acrescentado da matriz de indicador de desempenho para a avaliação da sustentabilidade da gestão da água e energia na esfera municipal. Concluíram, ainda, que especialistas e interessados atribuem mais importância aos indicadores dos objetivos estratégicos, proteção do ambiente e promoção da utilização eficiente da água (34,3%), o que significa que a maioria dos indicadores escolhidos está diretamente relacionada à eficiência energética.

2.6 Indicadores de desempenho e “Benchmarking”

“Benchmarking” é uma metodologia baseada no uso de experiências acumuladas em empresas e processos semelhantes, voltada ao incremento do desempenho de processos em organizações. É uma ferramenta que permite avaliar a diferença entre o nível de desempenho atual e o que é possível atingir, além de permitir fazer mudanças para atingir o mais alto padrão de desempenho (MALANO et al., 2004). Trata-se de um método de medição que promove a melhoria do desempenho organizacional, através da comparação de seu desempenho com o melhor que se pode atingir no mesmo ramo de atividade (STAPENHURST, 2009).

Conforme Kingdon (1998), existem dois tipos de “benchmarking”:

- “Benchmarking” métrico: que consiste numa análise quantitativa comparativa que permite às empresas acompanhar o seu desempenho interno ao longo do tempo e compará-lo ao de empresas semelhantes. Com o auxílio dessas comparações, é possível se estabelecer níveis-meta de desempenho;
- “Benchmarking” de processo: que consiste na identificação de processos de trabalho específicos que podem ser melhorados através de um mapeamento sistemático e posterior localização de exemplos externos de excelência no mesmo processo, para definição de um padrão a ser alcançado.

Em resumo, o “benchmarking” métrico é aplicado, preliminarmente, para informar ao gestor onde estão os pontos falhos a serem melhorados. Na sequência, o “benchmarking” de processo irá indicar as providências a serem tomadas, para que sejam obtidas as melhorias nos pontos falhos.

Para Kingdon (1998), o uso do processo de “benchmarking” métrico em sistemas de abastecimento de água, em que o ambiente operacional pode influenciar nos resultados dos indicadores, o mesmo deve ser usado com parcimônia. Diversos fatores explanatórios, como a topografia local e a qualidade da água bruta, que não podem ser modificados através do gerenciamento do sistema, influenciam de forma direta nos custos de produção e oferta de água.

Diversas empresas e órgãos gestores de sistemas de abastecimento de água estão usando o “benchmarking” como instrumento para analisar o desempenho. A “American Water Works Association Research Foundation” (AWWARF) desenvolveu o projeto “Performance Benchmarking for Water Utilities” (AWWARF, 1996; KINGDOM, 1998), o qual gerou diversas taxas de performance e modelos de

custo, através do “benchmarking” métrico e de processo. A “Water Environment Research Foundation” (WERF) obteve informações técnicas e gerenciais em cem empresas de tratamento de esgoto e resíduos, os quais foram posteriormente analisados, através de modelos multivariados de custo, o que resultou na publicação “Benchmarking Wastewater Operations – Collection, Treatment and Biosolids Management”.

No trabalho de Parena e Smeets (2001), os autores elaboraram um sumário de várias experiências internacionais em “benchmarking” nas empresas de saneamento, que foram resumidas e são apresentadas na sequência:

- Austrália, no estado de “New South Wales”: o “Benchmarking Syndicate” atuou por sete órgãos do governo municipal, com o objetivo de avaliar os benefícios de um sindicato de “benchmarking” para as câmaras municipais, com a preparação de orientações e recomendações sobre análise de eficiência;

- Estados Unidos, através da “American Water Works Association” - AWWA: desenvolveu um programa voluntário destinado a auxiliar os serviços públicos norte-americanos a atingir os requisitos de qualidade total. Procedimentos de autoavaliação foram utilizados para examinar quinze áreas de desempenho institucional e desenvolver uma agenda de possibilidades de melhoria de qualidade;

- Estados Unidos, através do “Regional Water Utilities Benchmarking Group”: agrupamento de 14 organizações de serviços de água, criado no início de 1996, pesquisou estruturas e práticas que pudessem tornar o “benchmarking” significativo para o seu uso, além de ter outras utilidades para empresas. Utilizando a estrutura de “benchmarking” desenvolvida pelo Centro Americano de Produtividade e Qualidade, de Houston, Texas, 12 processos de negócios foram descritos para cada concessionária, onde os dados foram coletados, as melhores práticas identificadas, indicadores de desempenho estabelecidos, elaborada a comparação e as práticas documentadas para identificar oportunidades de melhoria para todos os componentes ativos dos sistemas de distribuição de água;

- Holanda: o “New Benchmarking System”, que sobre 85 % dos serviços de água holandeses. A partir de uma solicitação governamental, foram utilizados os indicadores de desempenho para conferir transparência do setor nos Países Baixos e fornecer informações de gerenciamento para controle e definição dos preços da água;

- Reino Unido: a “Severn Trent Water” realizou um estudo de “benchmarking” com o objetivo de avaliar as melhores oportunidades para maximizar os benefícios provenientes de um orçamento de 4,5 milhões de libras, num período de análise de dez anos, associados a um processo de privatização. O estudo foi direcionado para a avaliação da eficiência em gestão de projetos, experiências adquiridas, retorno de investimento e recursos;

- Inglaterra e País de Gales: a agência reguladora de serviços de água desses países, com o objetivo de determinar os valores das tarifas entre 2000 e 2005, realizou uma avaliação comparativa de eficiência. Foram feitos também estudos comparativos internacionais, o que permitiu a comparação independente de desempenho entre companhias de água privatizadas na Inglaterra e no País de Gales e empresas de Sydney e Perth na Austrália, os quais operavam sob regimes regulatórios diferentes;

- Itália, através da federação Italiana de serviços públicos de água: o projeto “Benchmarking”, realizado em 1998, tinha como objetivo analisar o funcionamento dos processos e das principais atividades, identificar padrões de referência de desempenho e, possivelmente, definir as melhores práticas. O “Benchmarking Club”, como foi chamando, foi executado por 14 empresas associadas e por um consultor independente para coleta de dados. Os principais resultados do projeto foram a identificação de áreas com maior potencial para a melhoria do desempenho, a sugestão de estruturas organizacionais, os sistemas de controle mais aptos a superar as limitações de desempenho e a validade do “benchmarking” em impulsionar a rediscussão de papéis, funções e procedimentos operacionais;

- Polônia: o Banco Europeu de Reconstrução e Desenvolvimento nomeou o “*Water Research Centre*” do Reino Unido para que fizesse um estudo de “benchmarking” focado em investigar os níveis-meta e medidas de desempenho em determinadas empresas de exploração de água escolhidas na Europa Ocidental e compará-las com empresas de água e esgoto da Polônia. Esse estudo forneceu um banco de dados de referência comparativa, a ser utilizado como base para determinar a eficiência operacional e desempenho relativo de potenciais mutuários do banco, bem como para estabelecer metas de desempenho para os mutuários, através das melhores práticas no setor.

2.7 Indicadores de gestão de desempenho em empresas de abastecimento de água

A partir da década de 1990, Abbott e Cohen (2009) afirmam que ocorreu uma expansão do uso de técnicas analíticas para medição de eficiência e desempenho na produtividade em diversas indústrias nos Estados Unidos. Inicialmente, essas técnicas foram aplicadas aos setores de transporte ferroviário e empresas de eletricidade e, posteriormente, foram expandidas aos sistemas de abastecimento de água e águas residuais, considerando a sua importância estratégica para o desenvolvimento urbano e econômico.

Essas iniciativas foram estimuladas por debates realizados na década de 1970 sobre o dimensionamento ideal de sistemas de abastecimento de água e as economias provenientes deste, e dos efeitos das fusões e desempenho relativo de serviços públicos e privados de água (ABBOTT e COHEN, 2009). Os autores citam ainda que reformas ocorridas no setor de abastecimento de água do Reino Unido, a partir de 1990, também encorajaram pesquisadores a desenvolver estudos sobre eficiência e produtividade nesse segmento em diversos países.

Diante da imensidão de informações existentes nos sistemas de abastecimento de água, fica difícil e, às vezes, até inviável avaliar a eficiência e a eficácia da empresa, ou então compará-la a outras empresas com condições de topografia, padrão de consumo e tipos de consumidores diferentes. Os indicadores de desempenho (ID) constituem uma ferramenta de uso comum em muitos setores da indústria em todo o mundo, sendo que as suas potencialidades são inquestionáveis nas empresas de abastecimento de água. De acordo com Alegre et al. (2004), muitos membros da então IWSA (*“International Water Supply Association”*), atual IWA (*“International Water Association”*), defenderam que a referida associação deveria padronizar e criar diretrizes com relação aos indicadores a serem adotados para avaliar os sistemas de abastecimento de água e sobre as informações que deveriam ser recolhidas para avaliação. O IWA pretendia criar um quadro de referência comum para os indicadores de desempenho, sendo estruturados de forma a satisfazer as necessidades comuns dos principais tipos de utilizadores, com especial ênfase para as entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água. Com este objetivo, foi criado um Grupo de Trabalho, em maio de 1997, que resultou na publicação *“Performance indicators for water supply services”*, que contempla, também, o

software “*SIGMA Lite*”. O sistema incorpora seis grupos de indicadores: de recursos hídricos, de recursos humanos, de infraestrutura, operacionais, de qualidade de serviço e econômico-financeiros. No total são considerados 158 indicadores, dos quais 28 se propõem a integrar o topo da escala de prioridade. Os indicadores foram elaborados com base na experiência de várias empresas gestoras de sistemas de abastecimento de água, obtidos através de discussões geradas em mais de 20 encontros científicos e técnicos elaborados em vários países. Mais de 100 renomados técnicos, em mais de 50 países, contribuíram, através de comentários e sugestões, que incidiram na estrutura, na seleção e nas variáveis dos indicadores, bem como na terminologia e definições.

Silva (2003) reuniu os indicadores propostos pelo IWSA, IMTA, GMF e SNIS e avaliou a situação do emprego de indicadores de gestão em empresas de abastecimento de água no Brasil, mais especificamente em algumas cidades da região sudeste; a partir de indicadores obtidos na literatura nacional e internacional, foram escolhidos 254 indicadores, cuja importância foi pesquisada para a gestão da empresa. Do total de indicadores avaliados, 68% foram considerados dispensáveis e apenas 13% eram utilizados pelas empresas. As pesquisas foram realizadas com nove empresas de saneamento, sendo oito do estado de São Paulo e uma de Minas Gerais. Apesar de a pesquisa possuir uma pequena amostragem, apresenta resultado que demonstra a falta de interesse por parte das empresas de saneamento em utilizar indicadores para auxílio na gestão.

Desses 254 indicadores estudados, apenas três deles mencionam energia elétrica, porém, todos considerando as informações de maneira global, sem particularizar a unidade de bombeamento.

Vilanova et al. (2015) realizaram uma revisão da literatura de avaliação de desempenho e indicadores, abordando aspectos gerais dessa área de conhecimento e contextualizando-os para o setor de abastecimento de água. Segundo os autores, os sistemas de avaliação de desempenho e indicadores permitem que os gerentes quantifiquem a eficiência dos recursos, insumos utilizados, bem como os benefícios dos serviços fornecidos, que devem ser desenvolvidos de acordo com as características dos sistemas, baseadas em objetivos de desempenho no processo colaborativo que envolve as partes interessadas e os técnicos. Muitos fatores, tais como disponibilidade de dados e quantidade de recursos necessários para a implantação, são necessários para a eficácia dos sistemas de avaliação de

desempenho nos serviços de abastecimento de água. Para Vilanova et al. (2015), a sustentabilidade e as avaliações de performance ambiental constituem uma tendência nessa área de conhecimento, com o desenvolvimento de metodologias específicas além da medição de desempenho tradicional.

2.7.1 Indicadores do setor de abastecimento de água no Brasil

No Brasil, os indicadores mais utilizados para avaliação da gestão das empresas, são os do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, e os da International Water Association (IWA) (ALEGRE et al., 2004).

O SNIS dispõe de 84 indicadores (SNIS, 2017) de desempenho, divididos nas seguintes áreas:

- Econômicos – financeiros e administrativos;
- Operacionais – água;
- Operacionais – esgoto;
- Balanço financeiro;
- Qualidade.

A International “Water Association (IWA)” (ALEGRE et al., 2004) dispõe de 170 indicadores de diversas áreas, como:

- Recursos hídricos;
- Recursos humanos;
- Infraestruturais;
- Operacionais;
- Qualidade de serviços;
- Econômico-financeiros.

A partir dessas duas bases de indicadores, foram selecionados os que estão relacionados de alguma forma aos que expressam eficiência energética.

2.7.2 Indicador SNIS IN013 – Índice de perda de faturamento.

Conforme ilustrado na Equação (1), este índice mostra o percentual de perda de faturamento da água, considerando todo o volume disponibilizado para o consumo:

$$IN_{013} = \frac{AG006 + AG018 - AG011 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \dots\dots\dots(1)$$

onde:

IN₀₁₃ – índice de perdas de faturamento - % (multiplica por 100);

AG006 – volume de água produzido - m³ (volume de água tratada);

AG011 – volume de água faturado - m³ (volume efetivamente cobrado);

AG018 – volume de água tratada e importada - m³ (volume de água proveniente de outras fontes como poços artesianos e/ou de outras regiões);

AG024 – volume de água de serviço - m³ (volume de água utilizado para limpeza dos decantadores, filtros, e demais estruturas da ETA, bem como, descargas das tubulações para limpeza da rede).

Esse índice informa o quanto em percentual está deixando de ser faturado pela empresa de saneamento, indicando a magnitude das perdas financeiras relativas à não cobrança da água. Havendo perda de água, de maneira intrínseca, também está havendo perda de energia elétrica.

2.7.3 Indicador SNIS IN037 – Despesas com energia elétrica

Conforme Equação (2), o índice IN₀₃₇ apresenta o percentual das despesas com energia elétrica, em relação a todas as despesas de prestação de serviços (exploração) da empresa de saneamento:

$$IN_{037} = \frac{FN013}{FN015} * 100 \dots\dots\dots(2)$$

onde:

IN₀₃₇ – percentual das despesas relativas à energia elétrica, em relação às despesas de exploração - %;

FN013 – despesas com energia elétrica – R\$/ano;

FN015 – despesas com exploração ⁽¹⁾ da empresa – R\$/ano;

(1) Despesa de exploração é o valor anual das despesas realizadas para a exploração dos serviços (também conhecidas como custeio ou despesas correntes).

As despesas com energia elétrica podem variar bastante entre as empresas de saneamento, considerando topografia, densidade demográfica, vazios urbanos, perdas, dentre outros fatores; entretanto, esse índice é uma referência na busca da eficiência energética;

2.7.4 Indicador SNIS IN049 – Índice de perdas na distribuição

A Equação (3) apresenta as variáveis que compõem esse índice, a qual identifica o percentual de perda na distribuição de água, considerando todo o volume disponibilizado para o consumo:

$$IN_{049} = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \dots\dots\dots(3)$$

onde:

IN₀₄₉ – índice de perdas na distribuição - % (multiplica por 100);

AG006 – volume de água produzido - m³;

AG010 – volume de água consumida - m³;

AG018 – volume de água tratada e importada - m³;

AG024 – volume de água de serviço - m³.

Com esse índice, é possível avaliar o percentual que está deixando de ser consumido pela população, indicando a parcela das perdas físicas na distribuição de água, em relação ao total de água fornecida.

2.7.5 Indicador SNIS IN058 – Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água

De acordo com a Equação (4), o índice IN₀₅₈ apresenta a relação de energia elétrica gasta por volume de água fornecido a população:

$$IN_{058} = \frac{AG028}{AG006 + AG018} \dots\dots\dots(4)$$

onde:

IN₀₅₈ – é a relação entre o consumo de energia elétrica por volume de água produzida – kWh/m³;

AG006 – volume de água produzida – m³;

AG018 – volume de água tratada e importada – m³;

AG028 – consumo total de energia elétrica nos sistemas de água – kWh.

Assim como o índice IN₀₃₇, o consumo de energia elétrica por volume de água produzida pode variar bastante entre os municípios e estações elevatórias, mas acaba sendo uma referência para o monitoramento do consumo de energia elétrica da empresa. Esse índice não permite a comparação direta entre duas estações elevatórias de água com diferentes configurações.

2.7.6 Indicador SNIS IN059 - Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário

De acordo com a Equação (5), o índice IN₀₅₉ apresenta a relação de energia elétrica gasta por volume de esgoto recalcado:

$$IN_{059} = \frac{ES028}{ES005} \dots\dots\dots(5)$$

onde:

IN₀₅₉ – é a relação entre o consumo de energia elétrica por volume de esgoto produzido nas residências, comércios e indústrias – kWh/m³;

ES005 – volume de esgoto coletado – m³;

ES028 – consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgoto – kWh.

Esse índice permite avaliar o consumo de energia elétrica por volume de esgoto coletado, e pode variar bastante entre os municípios, mas acaba sendo uma referência para o monitoramento do consumo de energia elétrica da empresa.

2.7.7 Indicador SNIS IN060 – Índice de despesas por consumo de energia elétrica nos sistemas de água e esgoto

Conforme ilustra a Equação (6), esse índice determina a despesa com o consumo de energia elétrica em relação ao consumo de energia elétrica para água e esgoto:

$$IN_{060} = \frac{FN013}{AG028 + ES028} \quad (2) \dots\dots\dots(6)$$

onde:

IN_{060} – é a relação entre o custo com de energia elétrica e a energia consumida com água e esgoto – R\$/kWh;

FN013 – despesas com energia elétrica – R\$;

AG028 – consumo total de energia elétrica nos sistemas de água – kWh;

ES028 – consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgoto – kWh.

Através desse índice, é possível verificar o custo com energia elétrica em relação à energia consumida nos sistemas de água e esgoto. Esse índice pode variar significativamente entre as áreas a serem atendidas pelas empresas de saneamento.

2.7.8 Indicador IWA - Ph4 – Utilização da capacidade de bombeamento

Corresponde ao consumo energético (kWh) de todos os conjuntos motobomba de uma instalação de bombeamento, no dia de maior consumo (período sugerido de um ano), dividido pela carga instalada da instalação (kW), multiplicada por 24 horas do dia (sem considerar a carga dos conjuntos reserva), conforme Equação (7).

Para a utilização desse índice, é recomendado que não seja calculado para períodos inferiores a um ano, pois os resultados podem induzir ao erro. As bombas-reserva não são consideradas para determinação do indicador.

(2) Originalmente, a fórmula proposta pelo SNIS apresenta a multiplicação por 1000⁻¹.

$$Ph4 = \frac{D2}{C7 * 24} * 100 \dots\dots\dots(7)$$

onde:

Ph4 – utilização da capacidade de bombeamento - %;

D2 – consumo máximo diário de energia para bombeamento - kWh;

C7 – capacidade máxima de bombeamento das estações elevatórias - kW.

Esse indicador é um parâmetro semelhante ao fator de carga; no sentido físico, define a capacidade remanescente de bombeamento no dia mais crítico. Com o uso da demanda, em vez da carga instalada da unidade de recalque, define o grau de utilização da energia disponível, com consequências financeiras relativas à tarifação, pois baixos fatores de carga tendem a encarecer a fatura de energia (GOMES, 2009a). Quando os valores de o indicador Ph4 forem baixos, isso está indicando que:

- Conjuntos motobomba superdimensionados, motores maiores que o necessário para realizar o trabalho;
- Operação deficiente ou baixa capacidade de reservação.

2.7.9 Indicador IWA - Ph5 – Consumo de energia normalizado

Este indicador advém do tradicional consumo energético específico (kWh/m³) e se configura como um dos indicadores mais significativos em relação à medição de eficiência energética numa empresa de saneamento. Esse indicador está relacionado ao conceito de intensidade energética, pois relaciona o consumo de energia à produção e, no caso dos SAAs, a energia gasta para realizar o recalque de 1 m³ de água ao local desejado.

O consumo energético específico, apesar de ser um indicador de eficiência energética, é válido somente como medida de intensidade energética para avaliação de um único SAA. Esse índice não permite comparações diretas entre diferentes sistemas de bombeamento, pois cada estação de bombeamento possui características próprias, como: desnível geométrico, vazão a recalcar, distância e topografia, variáveis que alteram os resultados do indicador de forma significativa e que pode levar a uma conclusão equivocada em relação à eficiência energética.

Para evitar os inconvenientes descritos com relação ao consumo energético específico, a IWA desenvolveu o indicador Ph5, relativo ao consumo energético normalizado. Dessa forma, é possível comparar diferentes estações elevatórias de água. Utiliza-se o termo “normalizado” para se referir ao cálculo do produto da altura total de elevação (manométrica) com o volume recalado no período, dividido por 100 metros, conforme ilustrado na Equação (8):

$$D3 = \frac{\text{Vol}(i) * \text{Hm}(i)}{100} \dots\dots\dots(8)$$

onde:

D3 – fator de uniformização – m³ x 100m;

Vol(i) – volume recalado pela bomba i no período de referência – m³;

Hm(i) – altura total de elevação (altura manométrica) da bomba – mca.

Esse indicador serviu de inspiração para a elaboração de parte da presente tese, que era permitir uma nova forma de avaliar a eficiência energética de uma estação elevatória de água, a qual pudesse ser comparada com outra de menor ou maior porte, independente do desnível geométrico, da distância, do diâmetro da tubulação e do relevo, de forma simples e viável para os técnicos dos SAAs, valendo-se de poucos equipamentos para avaliação dos parâmetros físicos e, ainda, permitir que o gestor consiga avaliar com maior precisão onde está havendo desperdício de energia.

Para realizar essa análise, são necessários três indicadores que verificam os seguintes parâmetros:

- Perda de carga unitária: através dessa informação é possível avaliar o quanto de energia está se perdendo a cada quilômetro de tubulação para recalcar a água. Nesse indicador, a perda de carga unitária engloba as perdas distribuídas na tubulação, bem como as perdas localizadas nas singularidades, e até eventualmente em alguma válvula de controle ou retenção que esteja trabalhando com deficiência;

- Rendimento do motor⁽³⁾: com esse indicador é possível avaliar se o motor está trabalhando com o rendimento abaixo do esperado, mostrando eventual deficiência;
- Rendimento da bomba: esse indicador permite avaliar o rendimento da bomba em operação em relação ao máximo que pode ser atingido por esse equipamento, permitindo a avaliação se o motor está adequado ao trabalho a que se propõe ou até se não tem problemas de funcionamento.

Com esses três indicadores, é possível avaliar a eficiência da estação elevatória de água em relação a outras de porte e características diferentes, permitindo fazer avaliação da mesma com relação à eficiência energética em cada item descrito.

O indicador Ph5 do IWA é calculado conforme a Equação (9):

$$Ph5 = \frac{D1}{D3} \dots\dots\dots(9)$$

onde:

Ph5 – consumo de energia normalizado – kWh/m³/100m;

D1 – consumo de energia para o bombeamento - kWh;

D3 – fator de uniformização – m³ x 100m.

No entendimento de Gomes (2009b), o cálculo do consumo energético específico normalizado pode apresentar variações, como é o caso de bombas com grande variação da altura manométrica. Nesse caso, deve-se realizar a ponderação, ao longo do período de referência, dos volumes recalcados em cada faixa de altura manométrica para se obter valor mais realista. O autor ainda propõe outras duas adaptações do indicador de consumo energético, para melhorar a sua performance em termos de comparação de resultados. Uma adaptação é referente ao consumo energético linear (por km de adutora), conforme ilustrado na Equação (10):

(3) O rendimento do motor mencionado, se refere a situação onde houve a estabilização da vazão a ser aduzida, com a carga necessária para a realização do bombeamento no ponto de operação da bomba.

$$CEE_L = \frac{C_{EL}}{Vr * L} \dots\dots\dots(10)$$

onde:

CEE_L – Consumo energético linear – kWh / m³ x m;

C_{EL} – Consumo de energia elétrica no período de referência – kWh;

Vr – Volume recalcado no período de referência – m³;

L – Comprimento da tubulação – km.

A outra proposta de Gomes (2009b) é discretizar a parcela das perdas de carga no cálculo do consumo energético linear, conforme ilustrado na Equação (11):

$$CEE_{L-PC} = \frac{C_{EL}}{Vr * L} * \left(1 - \frac{H_g}{H_m}\right) \dots\dots\dots(11)$$

onde:

CEE_{L-PC} – Consumo energético linear considerando as perdas de carga – (kWh/m³xm);

C_{EL} – Consumo de energia elétrica no período de referência – kWh;

Vr – Volume recalcado no período de referência – m³;

L – Comprimento da tubulação – km;

H_g – Altura geométrica – m;

H_m – Altura manométrica – m.

2.7.10 Indicador Ph6 – Consumo de energia reativa

Este indicador cria uma relação entre a energia reativa medida com o total de energia consumida. Essa relação é expressa pela Equação (12):

$$Ph6 = \frac{D4}{D1} * 100 \dots\dots\dots(12)$$

onde:

Ph6 – Consumo de energia reativa no bombeamento – %;

D4 – Consumo de energia elétrica reativa para o bombeamento no período de referência – kVArh;

D1 – Consumo de energia elétrica para o bombeamento no período de referência – kWh.

Quando o fator de potência for inferior a 92%, a concessionária de energia elétrica passa a aplicar tarifas extras para as empresas de abastecimento de água por gerar energia reativa acima do permitido na legislação na unidade consumidora, o que é indesejável tanto para concessionária como para os consumidores.

No presente trabalho, existe também um indicador relativo à energia reativa, tanto do ponto de vista operacional como financeiro, porém, a apresentação do mesmo é no formato de nota e não percentual, e considera a soma das energias ativa e reativa.

2.7.11 Indicador Ph7 – Recuperação de energia

Esse indicador somente existe em locais onde se gera energia a partir do desnível geométrico positivo e elevado entre o manancial e os consumidores, situação que ocorre nos países com captações de montanha. A Equação 13 ilustra a relação do indicador Ph7:

$$Ph7 = \frac{D5}{D1} * 100 \quad \dots\dots\dots(13)$$

onde:

Ph7 – Recuperação de energia – %;

D5 – Recuperação de energia – kWh;

D1 – Consumo de energia elétrica para o bombeamento no período de referência – kWh.

2.7.12 Indicador Fi10 – Custos de energia elétrica

Trata-se de indicador do percentual gasto com energia elétrica em relação ao total de gastos da empresa de saneamento. A Equação (14) ilustra essa relação:

$$Fi10 = \frac{G11}{G5} * 100 \quad \dots\dots\dots(14)$$

onde:

Fi10 – Custos de energia elétrica – %;

G5 – Custos correntes no período de referência – US\$;

G11 – Custos de energia elétrica no período de referência – US\$.

2.8 Contexto das gestoras de sistemas de abastecimento de água

Para Alegre et al. (2004), as principais entidades no setor de abastecimento de água são:

- Gestoras, as quais podem ser públicas, privadas ou mistas, que são as responsáveis pela gestão dos sistemas de abastecimento de água;
- Consumidores, indivíduos com quem a entidade gestora mantém relação de fornecedor e cliente;
- Consumidores indiretos, os quais não estão ligados diretamente com o sistema, mas que podem ser afetados por ele, ou pelo seu impacto no ambiente em que está envolvido, como, por exemplo, as consequências de uma ruptura nas redes, que vão impactar de forma quantitativa ou qualitativa nas perdas de água;
- Consumidores proativos, que incluem organizações não governamentais de defesa do consumidor e do meio ambiente, bem como outros grupos da sociedade civil com interesse na matéria;
- Administração pública, a quem cabe definir políticas em nível local, regional e nacional;
- As entidades reguladoras, responsáveis pelo estabelecimento e verificação dos requisitos contratuais e outras obrigações das entidades gestoras objeto de regulação;
- As entidades financiadoras, de particular importância em um setor de capital-intensivo, como a indústria da água.

Poderá haver, ainda, outras entidades interessadas, tais como agências internacionais, incluindo organizações humanitárias e políticas. Independentemente da sua natureza (privada, pública ou mista), ou do seu âmbito geográfico. Admite-se que as entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água partilhem princípios e objetivos de gestão comuns, que se podem resumir, no essencial, numa frase

simples mencionada por Faria (1996): *“A maior satisfação do maior número de consumidores e de entidades envolvidas, com o melhor uso dos recursos disponíveis.”*

Considerando as relações entre agentes envolvidos e recursos utilizados, é possível identificar cinco tipos de objetivos de gestão:

- Proporcionar aos consumidores um nível de serviço apropriado, cumprindo políticas nacionais e regionais, requisitos estatutários ou outras obrigações;
- Atingir elevada produtividade dos recursos humanos, porém dando condições e oportunidades de valorização profissional e de carreira, de acordo com as qualidades e as aptidões de cada um;
- Maximizar a eficiência do uso dos recursos hídricos, energéticos e ambientais;
- Dar garantia de uma elevada eficiência na aplicação dos recursos financeiros;
- Planejar, construir, operar e manter as infraestruturas de forma eficaz e eficiente.

2.9 Conceito de sistema de indicadores de desempenho

A análise de um indicador de desempenho feita individualmente tem pouco interesse prático, podendo até conduzir a conclusões erradas. É importante que a avaliação de desempenho se faça atendendo simultaneamente aos principais pontos de vista relevantes, com apoio de um sistema de indicadores de desempenho. A seleção dos indicadores deve levar em conta requisitos relativos a cada indicador, individualmente, e requisitos relativos ao conjunto de indicadores. Individualmente, cada indicador requer:

- Definição rigorosa, com atribuição de significado conciso e interpretação inequívoca;
- Possibilidade de cálculo pela globalidade dos operadores sem esforço adicional significativo;
- Possibilidade de verificação por entidades independentes, o que assume especial importância se destinarem à utilização por entidades reguladoras, que poderão requerer a realização de auditorias externas;

- Simplicidade e facilidade de interpretação;
- Medição quantificada, objetiva e imparcial, sob um aspecto específico do desempenho do operador, de modo a evitar julgamentos subjetivos ou distorcidos.

Coletivamente, os indicadores devem ser definidos de forma a garantir os seguintes requisitos:

- Adequação à representação dos principais aspectos relevantes do desempenho da entidade gestora, permitindo uma representação global;
- Ausência de sobreposição em significado, ou em objetivos entre indicadores;
- Referência ao mesmo período de tempo; o período de um ano é um tempo satisfatório para uma boa avaliação;
- Referência a um determinado período de tempo; apesar de um ano ser o período de avaliação recomendado, em certos casos, outras unidades temporais podem ser mais adequadas;
- Referência à mesma zona geográfica, que deve estar bem delimitada e coincidir com a área de intervenção do operador relativa ao serviço em análise;
- Aplicabilidade a entidades gestoras com características e graus de desenvolvimento diversos.

De forma a permitir uma avaliação de desempenho apropriada, o número de indicadores a se utilizar deve ser cuidadosamente ponderado. Como referido, não tem significado e é, por vezes, enganador usar um único indicador para fazer um diagnóstico. Contudo, é possível selecionar um primeiro conjunto de indicadores para se obter uma avaliação geral do desempenho de uma entidade gestora, a ser complementada com o auxílio de indicadores ou dados mais detalhados, sempre que o utilizador necessite fazer uma análise mais pormenorizada. Toda análise utilizando os indicadores de desempenho deve considerar as características mais relevantes do sistema e da região onde está inserida a empresa de abastecimento de água, levando em consideração o seu contexto próprio. Finalmente, o perfil da região pode ser relevante para comparações entre entidades gestoras, pois permite uma melhor compreensão do contexto demográfico, económico, geográfico e ambiental. Em alguns casos, um dado indicador pode ser utilizado como indicador de desempenho, ou como indicador descritivo, dependendo do contexto. Por exemplo, se uma entidade gestora define como objetivo estratégico uma redução, ou acréscimo do consumo per capita em determinada quantidade, então esse indicador é crucial para a avaliação da

eficácia dos procedimentos implementados para o atingirem. No entanto, o consumo per capita é, em geral, apenas um indicador descritivo.

2.9.1 Usos potenciais dos indicadores de desempenho

As utilidades dos indicadores de desempenho destinam-se às várias naturezas de empresas. O uso de indicadores de desempenho pode ter diversas vantagens e aplicações para entidades, administrações, reguladores, usuários e organizações.

2.9.2 Usos dos IDs nas empresas de abastecimento de água

Os IDs (indicadores de desempenho) nas empresas de abastecimento de água, dentre as várias ações, têm as seguintes utilidades:

- Viabilizar, de forma mais simplificada e oportuna, uma proposta de melhoria dos gestores;
- Monitorar os efeitos das decisões da gestão de uma melhor maneira;
- Possibilitar atitudes diretas da gestão baseadas em informações- chave de suporte obtidas das disfunções aparentes do sistema, em resposta às soluções de reação;
- Avaliar e destacar os pontos fortes e vulneráveis dos setores na empresa, podendo apoiar a adoção de medidas preventivas para melhorar a produtividade, as rotinas de trabalho e os procedimentos;
- Viabilizar a implementação de um sistema de gestão com foco na Qualidade Total, o que valoriza a qualidade global e a eficiência na empresa;
- Viabilizar a implementação de rotinas de “benchmarking”, quer internamente à entidade gestora, comparando o desempenho obtido em unidades operacionais ou em subsistemas diferentes, quer externamente, comparando o seu desempenho com o de outras entidades gestoras semelhantes e promovendo melhorias de desempenho;

- Possibilitar a criação de uma base técnica de suporte a processos de auditoria da atividade da empresa de abastecimento de água e de previsão dos efeitos das recomendações resultantes dessas auditorias.

Para Vilanova et al. (2015), a tomada de decisão pelos gestores dos sistemas de abastecimento de água depende inevitavelmente da análise de viabilidade econômica e este paradigma não deverá ser substituído na prática a curto prazo. Embora qualquer ação para melhorar o desempenho é raramente implementada sem votação, a ação governamental é imperativa na definição de metas de desempenho dos sistemas de abastecimento de água, servindo efetivamente o interesse público e reunindo os requisitos de sustentabilidade associados.

2.9.3 Usos dos IDs para a administração nacional e regional

Os IDs para as administrações nacional e regional tem as seguintes utilidades:

- Disponibilizar um quadro de referência comum para comparação do desempenho de empresas de abastecimento de água e para identificação de possíveis medidas corretivas;
- Possibilitar o apoio à formulação de políticas para o setor de abastecimento de água, no âmbito da gestão integrada dos recursos hídricos, e os correspondentes investimentos, e também no desenvolvimento de novos instrumentos reguladores.

2.9.4. Usos dos IDs para as agências reguladoras

Os IDs para as agências reguladoras têm como utilidade:

- Disponibilizar instrumentos-chave de monitoramento para apoio da salvaguarda dos interesses dos consumidores, considerando que se trata de um serviço que é essencialmente de monopólio, bem como para a verificação da conformidade com objetivos previamente estabelecidos.

2.9.5 Usos dos IDs para as entidades financiadoras

Os IDs para as entidades financiadoras podem ser úteis diante da possibilidade de avaliar as prioridades de investimentos e da certeza de apoiar a seleção de projetos mais urgentes e prioritários, bem como, em alguns casos, de realizar o acompanhamento das melhorias que estejam sendo executadas com as verbas provenientes dos financiamentos.

2.9.6 Usos dos IDs para os usuários

Os IDs para os usuários, de uma maneira geral, podem ser úteis diante da possibilidade de proporcionar um meio em que se traduzam os processos complexos em informação objetiva e de fácil interpretação, transmitindo de forma direta uma medida da qualidade do serviço prestado.

2.9.7 Usos dos IDs para as organizações supranacionais

Os IDs para as organizações supranacionais têm como utilidade a viabilização de uma linguagem apropriada para identificar as principais assimetrias entre regiões do mundo e as respectivas causas, bem como possibilitar avaliar a sua evolução, permitindo, dessa forma, apoiar o estabelecimento das estratégias de melhorias necessárias.

2.10 Perdas de energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água

A grande preocupação das empresas de abastecimento de água sempre foram as perdas físicas e financeiras de água, entretanto, com o aumento do custo da energia elétrica, a redução dos subsídios e com a evolução tecnológica dos motores e equipamentos de automação, as perdas de energia elétrica, assim como as perdas

de água passaram a ganhar maior importância e a ser objeto de estudo e análise, com o objetivo principal da redução de custos.

Tsutiya (2006b) menciona em seu trabalho que é possível reduzir as despesas com energia elétrica em uma empresa de abastecimento de água de duas maneiras, basicamente:

- Redução do custo sem diminuição do consumo de energia elétrica;
- Redução do custo com diminuição do consumo de energia elétrica.

Conforme relata Mathias (2014), para minimizar as perdas de energia é necessário realizar diagnósticos energéticos das unidades consumidoras. Diante dessa informação, aplicá-la na gestão de energia, implantar equipamentos mais eficientes e tecnológicos, avaliar as soluções disponíveis no mercado e, também, garantir que a operação e a manutenção dos equipamentos estejam ocorrendo de maneira adequada. Porém, para reduzir o desperdício de energia é fundamental mudar hábitos e comportamentos dos operadores; a Tabela 2.5 ilustra as diferenças entre perda e desperdício de energia:

Tabela 2.5 – Comparação entre perda e desperdício de energia.

PERDA DE ENERGIA	DESPERDÍCIO DE ENERGIA
Não pode ser totalmente eliminada	Pode ser totalmente eliminado
Depende da tecnologia adotada	Depende apenas do comportamento dos profissionais
Não pode ser reduzida de imediato (precisa ser avaliada e quantificada)	Pode ser combatido de imediato (comprometimento e cooperação)
A redução depende de avaliação econômica / investimentos em projetos de melhoria	A redução não depende de avaliação econômica
Implantação de melhorias tecnológicas	Mudança de hábitos (aspecto comportamental)

Fonte: Mathias (2014)

2.10.1 Redução dos custos de energia elétrica sem a diminuição do consumo

Devido à complexidade da estrutura tarifária de energia elétrica praticada no Brasil e, muitas vezes, da falta de profissionais capacitados e empenhados em verificar as contas e os contratos do fornecimento de energia elétrica, principalmente em sistemas de abastecimento de água de pequeno porte e geridos pela administração pública, muito se perde financeiramente com o consumo de energia.

Na sequência, apresentam-se alguns itens a serem observados com relação às contas de energia elétrica consumida pelos equipamentos das empresas de saneamento básico.

2.10.1.1 Classificação da unidade consumidora

Até junho de 1968, havia um subsídio nas contas de energia elétrica de 80%. Atualmente, esse benefício é de 15%, entretanto, para que a empresa seja beneficiada com esse desconto é necessário que as instalações sejam classificadas como: de água, esgoto e saneamento. Se a fornecedora de energia não for informada, esse benefício pode não ser concedido. Esse é um detalhe simples que pode passar despercebido pelos gestores e a empresa perder esse significativo desconto.

2.10.1.2 Ajuste na demanda contratada

É comum, em estações elevatórias de água, se fazer a substituição de equipamentos como motores antigos por mais modernos com alta eficiência, ou até a instalação de “soft starts” ou inversores de frequência que proporcionam partidas e paradas mais suaves, sem picos, salientando que as funções dos inversores de frequência são mais complexas, permitindo inclusive que se controle a vazão conforme as necessidades do operador. Conforme o exposto, é possível obter uma redução na demanda de energia elétrica, fato que, às vezes, é comemorado pelos técnicos, mas não concretizada com a correção da demanda contratada junto à concessionária, responsável pelo fornecimento de energia.

Nas empresas onde há consumo de energia elevado, como é o caso das empresas de saneamento, é indispensável observar se os contratos de fornecimento de energia e a real demanda dos equipamentos estão ajustados, pois no Brasil as empresas pagam pela demanda contratada e não pela efetivamente utilizada, desde que esta esteja abaixo do valor contratado. No caso de a demanda utilizada estar acima da demanda contratada, a empresa será obrigada a pagar uma penalidade pelo consumo acima do estabelecido.

2.10.1.3 Alteração da estrutura tarifária

As tarifas de energia elétrica podem ser contratadas de várias formas, podendo-se estabelecer o mesmo valor para o consumo e a demanda durante as 24 horas do dia, ou de forma diferenciada, dependendo do período em que a energia é consumida.

Dependendo da quantidade de energia e da demanda consumida, pode-se fazer grande economia para o mesmo consumo, apenas com a escolha correta da tarifa para a unidade consumidora. É interessante que se façam simulações com a demanda e consumo para as várias tarifas existentes, a fim de se verificar qual delas é a mais adequada para o perfil de consumo da estação elevatória.

2.10.1.4 Desativação de unidades consumidoras

Mesmo que uma unidade consumidora não esteja em operação, é cobrado pela concessionária o consumo mínimo em baixa tensão e a demanda contratada para a alta tensão. Isso posto, é importante que sejam observadas as unidades consumidoras que não estão em operação e que permaneçam desativadas por tempo superior a seis meses para que sejam desativadas.

No setor de saneamento, sempre há um grande esforço por parte dos técnicos e dos funcionários da empresa para que não falte água aos munícipes, em situações onde se constroem novas adutoras para melhorar e ampliar o setor de abastecimento; o alívio de colocar o novo sistema em operação, o qual passa a resolver problemas antigos de desabastecimento acaba criando o esquecimento da antiga elevatória, inclusive de solicitar o seu cancelamento, fato gerador de despesas desnecessárias.

2.10.1.5 Erro de leitura

Os equipamentos responsáveis pelas medições às vezes apresentam falhas e distorções dos valores medidos com a realidade. É indispensável que, nas empresas de saneamento, sempre haja algum funcionário destacado para verificar as medições realizadas pela concessionária e compará-las com o consumo efetivo. São

comuns erros nas leituras de demanda, energia ativa, energia reativa e data da leitura. Esses erros acabam gerando prejuízos que não permitem correções.

Às vezes, a detecção de erros de leitura é sutil e difícil de avaliar. Para a verificação, é sempre importante estar observando o histórico de consumo e o contato com a equipe responsável pela operação do sistema.

2.10.1.6 Correção do fator de potência

O fator de potência é a relação entre a potência ativa e aparente. É determinado pela divisão da energia ativa pela raiz quadrada da soma dos quadrados da energia ativa e reativa, conforme ilustrado na Equação (15):

$$F_p = \frac{E_a}{\sqrt{(E_a)^2 + (E_r)^2}} \dots\dots\dots (15)$$

onde:

F_p – Fator de potência;

E_a – Energia Ativa – kWh;

E_r – Energia Reativa – kVAh;

De acordo com a resolução nº 456 da ANEEL, o fator de potência não poderá ser inferior a 0,92. Nesse caso, as concessionárias poderão cobrar uma sobretaxa pela energia elétrica, o que acarreta em aumento do custo sem consumo efetivo.

Conforme pode ser observado na Equação (15), o que determina o fator de potência é a energia reativa, pois quanto maior for a energia reativa gerada, menor será o fator de potência. As principais causas do baixo fator de potência estão nos motores, nos transformadores e no nível de tensão.

2.10.1.6.1 Motores

Esses equipamentos são indispensáveis para a operação de um sistema de abastecimento de água, uma vez que possibilitam, juntamente com as bombas, o recalque de água para os pontos de cotas topográficas mais elevadas.

Os motores superdimensionados são um dos maiores vilões em um sistema de abastecimento de água que provoca baixo fator de potência, além de trabalhar com um rendimento abaixo do preconizado pelo fabricante (ALMEIDA, et al., 2003). Isso é comum acontecer em estações elevatórias de água, devido à necessidade de substituição de motores para a manutenção, já que, muitas vezes, não se tem o motor com a mesma potência. Então são adaptados, provisoriamente, equipamentos com maior potência e, devido à acomodação da equipe de manutenção, bem como devido às emergências que ocorrem no sistema, o que era provisório acaba se tornando definitivo, considerando que o equipamento está realizando o trabalho. Outro motivo do superdimensionamento dos motores é devido aos projetos que adotam motores com potência acima da necessidade atual de bombeamento; considerando um crescimento vegetativo da população com um horizonte de 20 a 30 anos, adotam-se conjuntos de bombeamento, preparados para atender a demanda futura. Até que a previsão se concretize, os motores ficam superdimensionados.

Outra situação é aquela em que os motores operam em vazio, ou seja, sem ou com uma vazão muito baixa. Nesse caso, o fator de potência diminui. Os motores elétricos consomem quase que a mesma energia reativa para a manutenção do campo magnético, operando a plena carga ou em vazio; entretanto, com a energia ativa não acontece o mesmo: nesse caso, o consumo é diretamente proporcional à carga mecânica aplicada na bomba. Dessa forma, quanto maior for a carga, maior será a energia ativa consumida e quanto menor for a carga mecânica aplicada, menor a energia consumida; em ambos os casos, para a mesma energia reativa consumida, o que, conseqüentemente, gera menor fator de potência.

Conforme a norma técnica brasileira, NBR-7094 (ABNT, 2003) -Máquinas elétricas girantes motores de indução-, os motores podem ser de alto rendimento ou de projeto padronizado; a Figura 2.5 ilustra as curvas de rendimento no gráfico, onde A representa a curva de rendimento para motores de alto rendimento e B para motores de projeto padronizado.

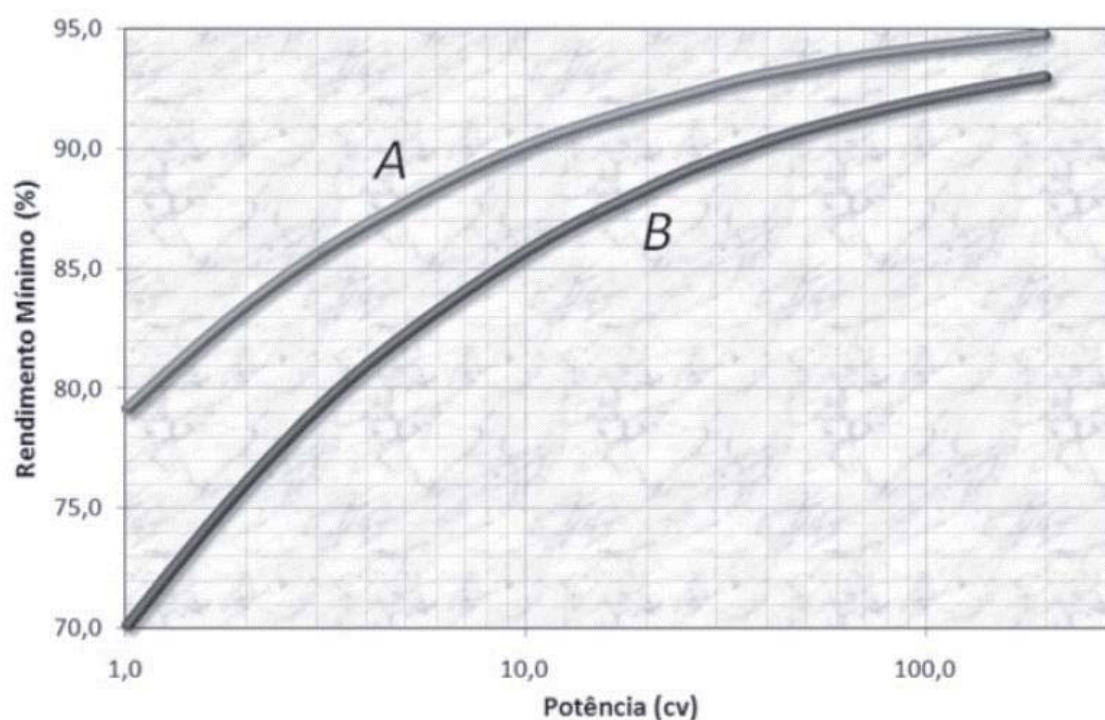


Figura 2.5 – Rendimentos mínimos de motores, de acordo com a NBR-7094

Para Marques et al. (2007), os motores de alto rendimento^(x), que passaram a ser obrigatório conforme Lei Federal nº 10.295 de 17/10/2011 referente a eficiência energética mínima dos motores, se apresentam como uma alternativa parcial para economia de energia em sistemas motrizes, porém salienta que esses motores estão sujeitos às condições externas, tanto quanto os motores de projeto padronizado, antigamente utilizados. Os motores de alto rendimento possuem as seguintes melhorias sobre os motores de projeto padronizado:

- Redução das perdas por efeito Joule, no estator, com a utilização de mais cobre nos enrolamentos, com projeto otimizado das ranhuras; e no rotor, com o superdimensionamento das barras;
- Redução das perdas por atrito e ventilação, com a otimização do projeto dos ventiladores e a utilização de rolamentos adequados;
- Redução das perdas térmicas, com a melhoria no isolamento e tratamento térmico das chapas do estator e do rotor;
- Redução de perdas no ferro por histerese e Foucault, com a diminuição da intensidade de campo magnético e a utilização de chapas magnéticas de boa qualidade, além da redução da corrente de magnetização.

2.10.1.6.2 Transformadores

Assim como os motores, os transformadores superdimensionados com grande potência para alimentar pequenas cargas por muito tempo provocam baixo fator de potência.

Transformadores operando em vazio, da mesma forma como os motores, também consomem quantidade de energia reativa relativamente grande, comparada com a energia ativa, o que provoca baixo fator de potência.

2.10.1.6.3 Nível de tensão no motor acima da nominal

Tensões aplicadas aos motores de indução além da nominal acabam gerando mais energia reativa, o que culmina em menor fator de potência e, conseqüentemente, maiores perdas de energia.

2.10.1.7 Alteração da tensão de alimentação

Na maioria das vezes, o consumo com uma tarifa de alta tensão é mais econômico do que em baixa tensão. Para alcançar esse benefício é necessário modificar o padrão de entrada de energia elétrica de baixa para alta tensão, o que requer a construção da entrada de energia, com a instalação de transformador próprio para alimentar os equipamentos.

De acordo com Tsutiya (1989), em estudos elaborados em dez unidades da SABESP, no ano de 1984, a alteração da tensão de baixa para alta tensão gerou os seguintes resultados:

- Redução de 50% do custo mensal de energia elétrica;
- Maior confiabilidade no fornecimento de energia elétrica;
- Amortização do investimento no médio prazo;
- Possibilidade da aplicação nas instalações de uma demanda de até 225 kW, enquanto que na baixa tensão esse limite é de 75 kW.

Conforme Cassiano Filho (1989), de uma maneira geral, o retorno do investimento da implantação de alimentação em alta tensão é mais rápido quanto

maior for o consumo, sendo que em determinadas situações, esse retorno se obtém em menos de um ano após elaborada a alteração.

2.10.1.8 Melhoria do fator de carga

O fator de carga é um índice que mostra como a energia elétrica está sendo consumida. Esse índice varia de 0 a 1 e pode ser calculado pela Equação (16):

$$FC = \frac{E}{730 * D_{m\acute{a}x}} \dots\dots\dots (16)$$

onde:

FC – Fator de carga mensal - adimensional;

E – Energia consumida média no mês - kWh;

$D_{m\acute{a}x}$ – Demanda de potência máxima no mês - kW;

730 – Número de horas de um mês médio $\left(\frac{365}{12}\right)$ dias.

Diante do exposto, conclui-se que é melhor ter um motor de 50 CV trabalhando 24 horas por dia, do que um de 200 CV trabalhando 6 horas por dia, desde que realize o mesmo trabalho. Motores de menor potência, permitem a contratação de uma demanda menor, o que reduz os custos relativos a demanda contratada.

A Figura 2.6 ilustra um exemplo de energia efetivamente utilizada e a não utilizada em determinada instalação:

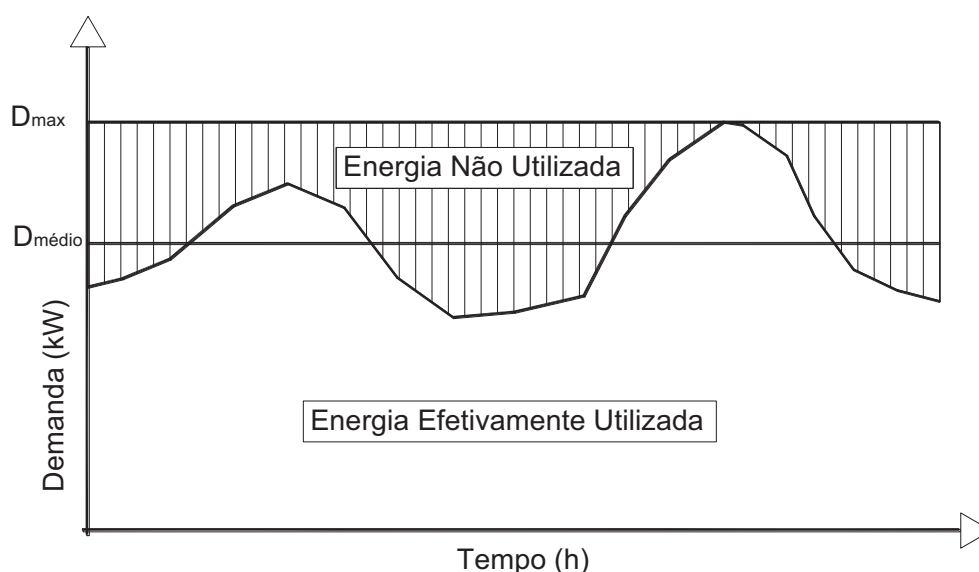


Figura 2.6 – Nível de utilização da energia elétrica em uma instalação.

2.10.2 Redução dos custos de energia elétrica com a diminuição do consumo

Segundo Tsutiya (2006b), o consumo de energia elétrica de uma estação elevatória de água pode ser calculado pela Equação (17):

$$E = 0,00273 \frac{H * V}{n} \dots\dots\dots (17)$$

onde:

E – Energia consumida - kWh;

H – Altura manométrica de bombeamento - m;

V – Volume de água bombeada - m³;

η – rendimento dos conjuntos motobomba.

Conforme se observa na Equação (17), para a redução do consumo de energia e, conseqüentemente, dos custos, é necessário reduzir a altura manométrica ou o volume bombeado, ou ainda aumentar o rendimento dos conjuntos motobomba.

2.10.2.1 Redução da altura manométrica

Para se encontrar o ponto de funcionamento de um conjunto motor-bomba é necessário determinar a altura manométrica e a vazão necessária para o atendimento da demanda.

A altura manométrica, tanto no trecho de sucção como do recalque, é composta pela diferença de nível entre os pontos a montante no ponto de sucção da bomba e a jusante no despejo da adutora no reservatório ou ponto de consumo, mais as perdas de carga distribuídas ao longo da tubulação, e mais as perdas de carga localizadas nas singularidades ou conexões, válvulas e demais equipamentos. As alturas geométricas, tanto da sucção como do recalque, não há como serem alteradas; entretanto, para diminuir as perdas de carga distribuídas ou localizadas, há artifícios e manutenções que permitem essa redução.

2.10.2.1.1 Diâmetro adequado da tubulação

A fórmula universal de perda de carga ou equação Darcy-Weisbach utilizada para o cálculo das perdas de carga distribuídas nas adutoras se apresenta na Equação (18):

$$\Delta h_t = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (18)$$

onde:

Δh_t – perda de carga distribuída na tubulação - m;

f – coeficiente de atrito determinado em função do número de Reynolds e da rugosidade relativa;

L – comprimento da tubulação - m;

D – diâmetro da tubulação - m;

V – velocidade média da água no tubo - m/s;

g – aceleração da gravidade - m/s².

De acordo com a expressão, o diâmetro da tubulação é inversamente proporcional à perda de carga distribuída, portanto, quanto menor for o diâmetro da tubulação de recalque maior será a perda de carga distribuída e, conseqüentemente, maior será o consumo de energia elétrica utilizada para o recalque de água. A velocidade é diretamente proporcional à perda de carga distribuída e, considerando que a vazão é produto da velocidade pela seção da tubulação, conclui-se que quanto maior a vazão, maior será a velocidade e, portanto, maior será a perda de carga distribuída.

Usualmente, no setor de saneamento, devido à praticidade, e por ser amplamente difundida entre os técnicos da área, a fórmula de Hazen-Williams, assim como a fórmula Universal (18), também é utilizada para a determinação da perda de carga unitária e, por consequência, para a vazão em tubos de seção circular. Conforme ilustrado na Equação (19), o coeficiente C da fórmula de Hazen-Williams representa a rugosidade das paredes dos tubos, podendo variar de 60 para as tubulações que apresentam maior rugosidade nas paredes internas até 140 para as tubulações mais lisas:

$$\Delta h_u = \frac{10,64 * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}} \dots \dots \dots (19)$$

onde:

Δh_u – Perda de carga unitária – m/km;

Q – Vazão – m³/s;

C – Coeficiente de Hazen-Williams – m^{0,367}/s;

D – Diâmetro interno da tubulação – metros;

Nos projetos de linhas de adução, é de fundamental importância fazer-se a verificação do diâmetro que traz uma boa relação entre custo e benefício, não somente focando no custo da instalação, mas também nas despesas de operação, considerando o consumo de energia elétrica.

Salienta-se que não devem ser adotadas baixas velocidades, devido à possibilidade de depósito de materiais no interior da tubulação. A norma brasileira, NBR 12.218/1994 (ABNT, 1994b), relativa a projetos de rede de distribuição de água para abastecimento público, menciona, no seu item 5.7.1, que a velocidade mínima nas tubulações deve ser de 0,60 m/s.

A medida que se diminui o diâmetro da tubulação, aumenta a potência dos conjuntos motobomba, e vice-versa. Portanto há várias soluções relativas ao diâmetro da tubulação e potência dos conjuntos para realização do bombeamento.

O ideal é que a determinação do diâmetro da adutora considere os aspectos econômico-financeiros, de maneira que, a escolha do diâmetro da tubulação conduza ao mínimo custo de implantação, de operação e manutenção do sistema elevatório, portanto, a escolha do diâmetro da tubulação deve considerar os seguintes custos:

- Compra e assentamento dos tubos, peças e aparelhos;
- Compra do conjunto motobomba adequado ao diâmetro adotado;
- Operação, manutenção e despesas com o consumo de energia elétrica.

A figura 2.7 ilustra as relações entre o custo de aquisição e assentamento da tubulação, e os custos do conjunto motobomba e de energia elétrica em função do diâmetro da linha de recalque, de maneira que, quando a soma dos custos passa por um custo mínimo, tais relações correspondem ao diâmetro econômico da adutora.

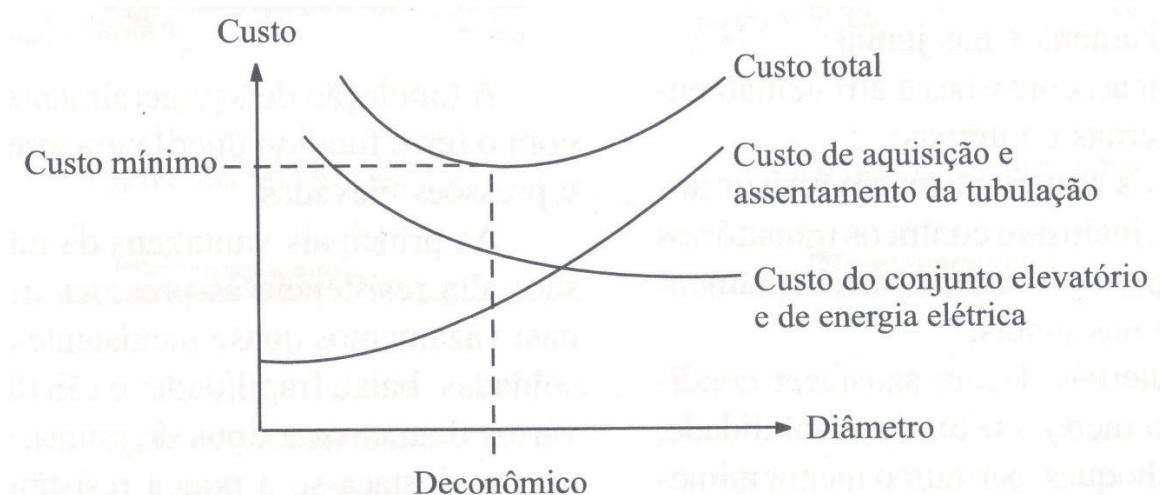


Figura 2.7 – Gráfico de avaliação do diâmetro econômico

Fonte: Tsutiya (2006a)

2.10.2.2 Projeto das estações elevatórias de água

Os barriletes de recalque⁽⁴⁾ nas saídas dos conjuntos motobomba devem ser projetados com diâmetros e disposição que reduzam as perdas de carga localizadas nas conexões e que não dificultem o fluxo da água pela adutora com a criação de fluxos concorrentes, gerados em algumas situações pela instalação de tês nos barriletes de recalque.

Outro detalhe importante nas estações elevatórias de água é que os conjuntos motobomba que estejam operando em paralelo sejam sempre iguais, para evitar que um conjunto motobomba não prejudique, ou até mesmo, impeça o funcionamento de outro. A Figura 2.8 ilustra o gráfico de duas bombas diferentes operando em paralelo para a curva do sistema apresentada no gráfico; pode-se observar que, para a associação de diferentes tipos de bombas em paralelo, há um ganho de vazão, entretanto, se a altura manométrica subir acima de H_J , para uma vazão inferior a Q_J , somente a bomba 1 recalcará água, enquanto que a bomba 2 estará trabalhando com a vazão nula, ocorrendo um sobreaquecimento. Nessa situação, além do desperdício de energia elétrica, o motor poderia ser danificado.

(4) Barriletes de recalque, são sistemas de tubulações que derivam dos diversos conjuntos motobomba para linha de recalque, possuem válvulas de controle para que o operador do sistema possa isolar os conjuntos no caso de manutenção.

Em algumas situações, o recalque para uma determinada vazão e altura manométrica gera uma curva que representa o sistema, o que viabiliza a utilização de vários tipos de bombas de diferentes marcas e modelos; entretanto, cabe ao projetista analisar cuidadosamente todos os equipamentos e adotar a bomba que apresenta o melhor rendimento, de acordo com as características da adutora, com o intuito de se obter o máximo de eficiência.

Muitas vezes, não há como interromper o bombeamento nos horários de pico de energia elétrica devido à falta de reservatório e à demanda elevada. Para esses casos, muitas vezes torna-se importante o projeto e instalação de geradores de energia elétrica acionados por motores a combustão, com o objetivo de reduzir os custos com o bombeamento no horário de pico.

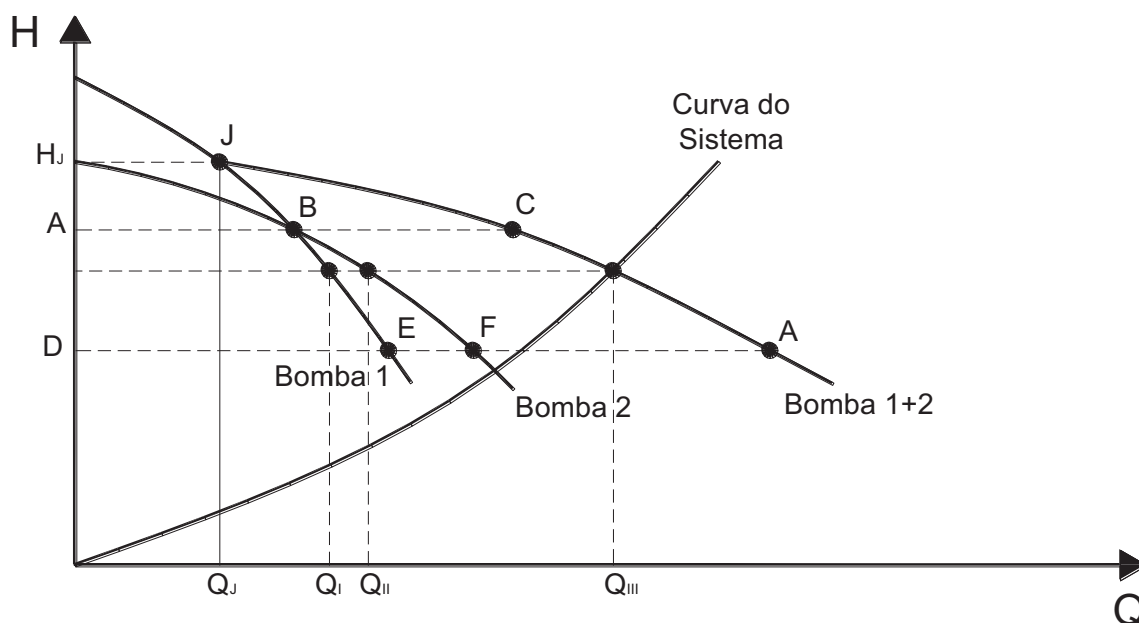


Figura 2.8 – Gráfico da associação de duas bombas diferentes em paralelo.

2.10.2.3 Redução do atrito da parede da tubulação

Com o passar do tempo, há formação de incrustações na superfície interna das tubulações, devido a diversos fatores, como dureza, alcalinidade, acidez, presença de sólidos em suspensão, velocidade da água, temperatura e estado da superfície interna dos tubos. A presença também de algumas substâncias na água,

como o manganês, o cálcio e principalmente o ferro poderá acarretar incrustações na tubulação e coloração da água. Para o controle desse tipo de incrustação, utilizam-se produtos à base de ortopolifosfatos, que evitam a formação de cor na água e têm a propriedade de limpar gradativamente as tubulações, retirando as incrustações e depósitos de corrosão existentes, formando, ainda, uma película fina na parede interna dos tubos e protegendo-os de eventuais ataques corrosivos, conforme relata Coimbra et al. (1999).

A experiência com a operação e manutenção das tubulações pelas empresas de saneamento comprova que, a água tratada provoca menos incrustações nas paredes dos tubos do que a água bruta, que contém matéria orgânica e minerais insolúveis.

Essas incrustações, que fatalmente ocorrem ao longo do tempo na tubulação, aumentam a rugosidade das paredes internas dos tubos, acarretando redução da capacidade de escoamento, aumento da perda de carga e, conseqüentemente, redução da eficiência da estação elevatória, com o acréscimo no consumo de energia elétrica e redução na vazão de recalque.

Para a solução desses problemas causados pelo envelhecimento das tubulações, podem ser adotadas as seguintes ações:

- Construção de uma nova adutora no lugar da existente;
- Construção de uma adutora em paralelo;
- Redimensionamento e repotencialização dos conjuntos motor-bomba;
- Instalação de bombas em série na adutora ("boosters");
- Limpeza e desobstrução da linha de recalque;
- Revestimento "in situ" das tubulações existentes, para sua plena recuperação.

Nos projetos das linhas de recalque, sempre que possível a adoção de tubulações não metálicas e com baixa rugosidade é desejável, para evitar a formação das incrustações e, conseqüentemente, de aumento da altura manométrica dos conjuntos motobomba, o que acarreta o aumento do custo com energia elétrica.

2.10.2.4 Eliminação do ar das tubulações

O acúmulo de ar no interior das tubulações de conduto forçado promove a redução na seção de escoamento, acarretando um decréscimo da capacidade de adução e acréscimo da perda de carga, podendo em algumas situações até interromper o fluxo de água. O ar no interior das tubulações é algo extremamente indesejável e pode se acumular por diversos motivos, como:

- Liberação do ar existente na água, em razão da variação da temperatura e pressão;
- Enchimento e esvaziamento das tubulações;
- Admissão de ar na tubulação, através de vórtices que se formam nos poços de sucção, com o acionamento das bombas;
- Transientes hidráulicos ocorridos devido à parada brusca do bombeamento de água.

A remoção do ar pode ser feita de duas maneiras:

- Remoção hidráulica do ar, com a possibilidade de a tubulação conduzir pequenas bolhas de ar no fluxo. Situação viável quando a tubulação a jusante está sempre na ascendente e quando não há pontos altos seguidos de pontos baixos na trajetória da tubulação, cenário em que o ar poderia ficar aprisionado;
- Remoção mecânica do ar, com o auxílio de válvulas ventosas devidamente instaladas nos pontos altos da adutora, o que possibilita a expulsão e a admissão de ar. Essas válvulas, se corretamente instaladas em uma linha de recalque, podem expulsar o ar da tubulação, aproveitando toda a seção do tubo para o escoamento, de forma que todo o potencial dos conjuntos motobomba seja aproveitado e o uso da energia elétrica seja otimizado.

Cabe aos projetistas adotarem a quantidade e os locais corretos para a instalação das ventosas, em uma linha de recalque de água, a fim de se evitar problemas futuros com o recalque e, como consequência, a baixa eficiência energética das estações elevatórias de água.

2.10.2.5 Redução das perdas físicas de água

Segundo Farley e Trow (2003), os volumes de perdas nos sistemas de distribuição de água dependem de características das tubulações que compõem a rede, das práticas operacionais, do conhecimento aplicado pelas empresas de abastecimento de água para o controle e do nível de tecnologia existente na empresa. Os autores relatam também que há grande variação em volumes perdidos entre os vários países e, ainda, entre as regiões dos mesmos.

As perdas nos sistemas de abastecimento de água hoje representam uma das maiores preocupações dos gestores das empresas de saneamento, quer seja pela escassez de água, quer seja pelo custo do metro cúbico de água tratada, a qual antes de chegar aos consumidores precisa ser bombeada, tratada, armazenada, aduzida e distribuída, etapas que possuem custos diretos e indiretos.

O IWA (“International Water Association”) divide as perdas nos sistemas de abastecimento de água em duas categorias:

- Perdas não físicas relativas à água consumida porém não contabilizada ou medida. Isso ocorre geralmente pela falha ou imprecisão dos hidrômetros, ligações não cadastradas ou clandestinas, fraudes nos hidrômetros, uso de hidrantes para uso não emergencial da água, dentre outros motivos. Essas perdas são conhecidas também como perdas de faturamento, sendo que o seu principal indicador é a relação entre o volume fornecido e o volume contabilizado;

- Perdas físicas relativas à água que se perde desde a ETA até a distribuição ao consumidor final correspondentes ao volume de água que não é consumido efetivamente, devido aos vazamentos nas redes de distribuição e ramais prediais, ou, também, à água utilizada na operação do sistema, como, por exemplo, a limpeza dos filtros ou decantadores da ETA.

Ambas prejudicam os índices de eficiência energética do sistema, pois gastam mais energia para um menor volume de água distribuído; entretanto, merecem especial atenção as perdas físicas, principalmente as que ocorrem na rede de distribuição e nos ramais prediais, denominadas “invisíveis”, pois essas perdas são perenes e se acentuam de forma significativa nos horários de menor consumo de água devido à elevação da carga na rede de distribuição.

Moura (2010), a partir de informações colhidas no SNIS (Sistema Nacional de Informação em Saneamento) e da ANEEL, elaborou uma tabela com a estimativa

de perdas de energia elétrica em 23 companhias estaduais de saneamento para o ano de 2007. Essas companhias juntas consumiram aproximadamente 7,0 TWh no ano de 2007, sendo que, desse montante, 43,07% ou 3,015 TWh da energia consumida foi perdida na ineficiência das redes de distribuição dos SAAs. Segundo o autor, essa perda é equivalente à geração de uma usina hidroelétrica de 700 MW durante um ano.

Puleo et al. (2016) descrevem as principais características do protótipo desenvolvido durante o projeto ALADIN, na Itália, importante trabalho que desenvolveu uma ferramenta para os serviços de água, que identifica possíveis soluções energeticamente eficientes, além de sugerir ações mais eficientes na redução de perdas de água, tornando-se útil para os profissionais e as administrações públicas, com o objetivo de melhorar o conhecimento sobre o sistema de abastecimento de água e estudar ações operacionais antes de investir em melhorias. Nesse projeto, houve uma integração do software de modelagem hidráulica com a monitoração remota do sistema. A partir dessa integração, foram analisados os balanços hídricos e de energia, com os índices de performance, que são relativos à eficiência do sistema com relação a perdas, consumo de energia, impacto ambiental, qualidade de serviço e custo financeiro. Os desempenhos globais do sistema obtidos permitem visualizar o nível de serviço para alguns aspectos específicos, dando apoio à decisão, através de uma classificação entre os cenários implementados. As próximas etapas do trabalho consistem no aperfeiçoamento da interface do usuário com uma representação de dados espaciais de forma gráfica, através do GIS.

2.10.2.6 Mistura de água entre os setores de abastecimento de água

Muitas vezes a falta de um departamento técnico estruturado, numa empresa de abastecimento de água, leva a equipe responsável pelo fornecimento de água a população, a tomar decisões que resolvem o problema do qual os consumidores estão reclamando; entretanto, cria outros que geram perdas significativas para a empresa. A mistura de água entre setores de abastecimento é um grande exemplo; apesar de parecer difícil de acontecer, é algo comum em empresas de abastecimento de água, principalmente nas de pequeno porte, vale dizer, a interligação de anéis de distribuição de água abastecido por diferentes reservatórios.

Geralmente nos pontos mais altos é que o problema de baixa pressão ocorre, devido ao envelhecimento da tubulação, que gera incrustações nas paredes internas dos tubos e consequentemente redução da pressão e vazão. Muitas vezes existe um setor de abastecimento de água acima daquele que está apresentando problemas, com boa pressão na sua extremidade. Com o intuito de resolver de imediato a situação, o pessoal responsável pelas redes interliga as malhas de distribuição de água dos dois setores, instala uma válvula e permite a passagem da água, fazendo com que a água do setor da parte mais alta abasteça o local onde há falta de pressão no setor abaixo, rapidamente está solucionado o problema, porém toda água que está sendo recalçada para o setor alto e que, consequentemente, consome energia para realizar o bombeamento, está de imediato não só abastecendo o local com problema de falta de pressão, mas sim boa parte do setor baixo, de forma que, ocorra o bombeamento sem necessidade, uma vez que, o setor baixo não necessita de recalque para que seja abastecido.

Situações como a descrita solucionam de imediato o problema, mas ampliam, de forma significativa, o setor, provocando um maior consumo de energia para bombear um maior volume de água, além de sobrecarregar as redes e esvaziar rapidamente os reservatórios que abastecem o setor.

A mistura de setores de abastecimento de água é um dos grandes vilões de desperdício de energia elétrica e, caso a empresa de saneamento não disponha de um cadastro técnico atualizado e de profissionais qualificados para verificar essa imperfeição, essa perda silenciosa de energia se perpetua até que a estação elevatória de água tenha condições de abastecer o setor, ou que seja detectada essa imperfeição e o gestor responsável seja sensibilizado da necessidade de corrigir essa falha. A mistura de setores de abastecimento de água precisa ser constantemente investigada e o trabalho dos encanadores sistematicamente acompanhado pelo corpo técnico da empresa de saneamento.

2.10.2.7 Uso racional da água

Esse tema é amplo e envolve várias frentes de atuação, como a conscientização da população, a mudança de costumes e culturas, a criação de normas, criação e a aplicação de leis, além do desenvolvimento de tecnologias.

Do ponto de vista de uma empresa que quanto mais produz mais fatura, fica a ideia de que, quanto mais água faturar, mais lucro terá a empresa; entretanto, para empresas de distribuição de água o pensamento tem que ser um pouco diferente, considerando que a disponibilidade de água a ser captada é limitada e, muitas vezes, escassa.

Diante do exposto, promover atos que fomentem o uso racional da água é de fundamental importância para as empresas de abastecimento de água, pelos seguintes motivos:

- A possibilidade de disponibilizar um maior volume de água, para atender a um maior número de usuários;
- Postergar e até evitar a necessidade de investimentos na captação de água em mananciais cada vez mais distantes dos pontos de consumo;
- Reduzir os investimentos para o atendimento das demandas de picos horários;
- Reduzir os volumes de esgoto a serem coletados e tratados, o que, consequentemente, reduzirá os investimentos para implantação dos sistemas de esgoto;
- Reduzir o consumo de energia elétrica devido à redução do consumo de água e despejo de esgoto.

2.10.2.8 Aumento do rendimento dos conjuntos motobomba

Para que o conjunto motobomba tenha um bom rendimento, é importante que tanto a bomba hidráulica como o motor tenham alto rendimento, pois o resultado do conjunto é o produto dos rendimentos da bomba e do motor (AMIGO e OLIVEIRA, 2000).

O rendimento das bombas hidráulicas depende da sua escolha, observando as curvas de rendimento, que devem ser feitas sempre observando os vários equipamentos disponíveis que têm condições de elaborar os trabalhos para o ponto de funcionamento desejado. É comum encontrar várias bombas em condições de desempenhar o recalque; entretanto, após análise criteriosa, deve-se observar que alguns equipamentos possuem rendimento bem melhor que outros. Cabe ao projetista

adotar a bomba com o melhor rendimento nas configurações desejadas para o determinado ponto de funcionamento.

Muitas vezes, uma estação elevatória de água com dois conjuntos motobomba, que foram projetados para trabalhar individualmente, devido à necessidade emergencial de ampliar a vazão aduzida, sofrendo uma pequena reforma nas instalações elétricas, passa a ter o seu conjunto reserva operando em paralelo. Ocorre que, no projeto, não foi considerada essa hipótese; no caso, o rendimento do motor foi considerado para operação individual de um conjunto; quando os dois conjuntos passam a operar simultaneamente, em determinadas situações, o rendimento pode ser inferior ao desejado, não justificando do ponto de vista da eficiência energética, bombear com essa configuração. Talvez um novo projeto, com um novo conjunto motobomba com maior potência acoplado a um inversor de frequência para ajustar a demanda ao consumo, realize o mesmo trabalho com um menor consumo de energia elétrica.

A eficiência de um motor elétrico é, na verdade, um parâmetro que indica a sua capacidade de converter a energia elétrica efetivamente recebida da rede, denominada de energia ativa, em energia mecânica, que será fornecida no eixo. Nesse processo de transferência eletromecânica, os motores consomem uma parcela da energia total e transferem ao eixo o restante da energia. A parcela de energia retida nos motores é denominada de perdas. Estas não têm como ser eliminadas, já que são inerentes ao seu funcionamento; entretanto, podem ser minimizadas. A Figura 2.9 proposta por Pereto (1998) ilustra a distribuição de energia nos motores elétricos, mostrando as perdas, a potência que é transferida ao eixo e a energia reativa concentrada no campo magnético responsável pelo giro do motor:

Segundo o autor, as perdas nos motores se subdividem em:

- Perdas no cobre relativo à dissipação de calor, devido ao efeito Joule;
- Perdas mecânicas, devido ao atrito nos mancais, à resistência do ar para o giro do motor e à energia necessária para o acionamento dos ventiladores;
- Perdas no ferro por histerese. Trata-se da energia elétrica necessária para vencer a relutância do núcleo no caminho do fluxo magnético e as correntes parasitas de Foucault, que ocorrem em todos os materiais condutivos situados no caminho do fluxo associado ao campo magnético girante;
- Perdas suplementares, as quais são atribuídas à distribuição não uniforme das correntes do cobre e ao fluxo disperso nas ranhuras;

- Outras perdas expressivas, que são provocadas pelo tempo de uso do motor, sendo que a tecnologia da época era inferior à atual, pois apresentava maior peso, maior inércia, rolamentos deficientes, ventilação ruim e outros motivos menores.

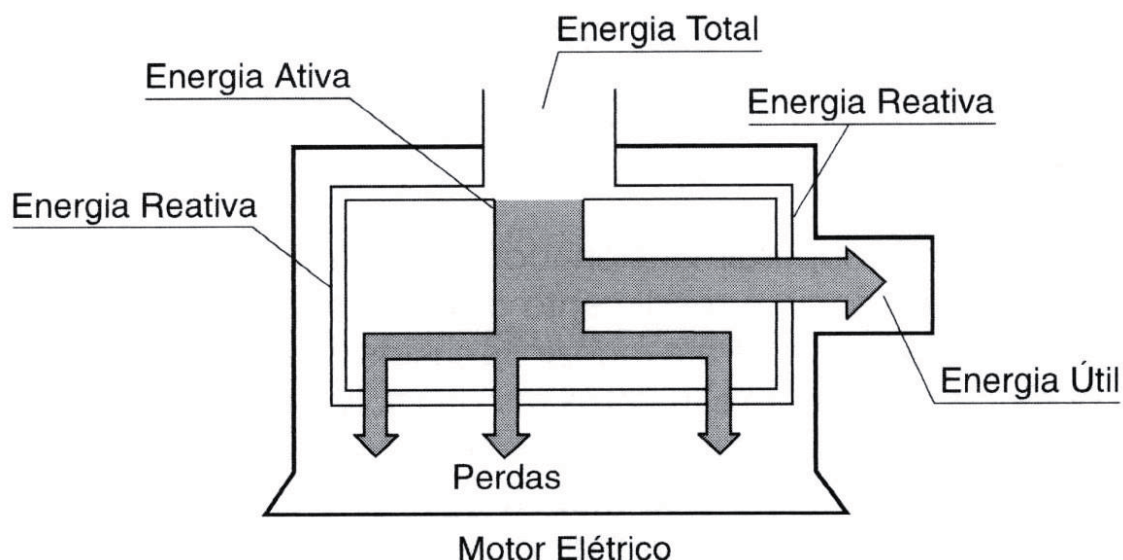


Figura 2.9 – Distribuição de energia em motores elétricos.

Fonte: Pereto (1998).

Para que os motores elétricos tenham bom rendimento, nunca devem trabalhar com menos de 50% da potência nominal, situação em que o rendimento se reduz drasticamente. O rendimento torna-se satisfatório para os motores que trabalham com a potência nominal entre 50% a 115% da carga.

Dependendo da idade dos motores que estão em operação nas estações elevatórias de água, a substituição, bem como a correta instalação, pode trazer benefícios financeiros devido à economia de energia elétrica, mesmo porque, em alguns meses, pode-se pagar o investimento, conforme descreve a WEG (2012), no site da empresa na internet.

2.10.3 Redução dos custos de energia elétrica pela alteração da operação do sistema

Em determinadas situações, apenas com a modificação de regras operacionais, somada à instalação de equipamentos sofisticados de tecnologia

desenvolvida, como os inversores de frequência dos motores, é possível obter ganhos energéticos nas empresas de abastecimento de água.

2.10.3.1 Ampliação da reservação

A maioria dos sistemas de abastecimento de água necessita de reservatórios situados em pontos altos, que possibilitem a distribuição de água por gravidade para os bairros. Porém, para que seja possível a adução de água para os referidos reservatórios, faz-se necessário o recalque em estações elevatórias.

Os conjuntos motobomba que recalcam água para os reservatórios são projetados para atender a uma demanda máxima diária. Portanto, o bombeamento é contínuo nas 24 horas do dia, de modo a manter os reservatórios cheios, ou com um nível mínimo predeterminado.

Considerando que, durante três horas no dia, o custo da energia elétrica é superior que nas demais horas, e que os contratos de fornecimento de energia nas tarifas verde e azul têm preços diferenciados dependendo do horário, se o recalque for feito durante as 21 horas em que o custo da energia é mais barato e ficar parado durante as três horas de pico, esse procedimento seria o melhor com relação à redução de custos de energia elétrica, e deve sempre ser realizado quando possível.

Para que isso seja possível, é necessário o dimensionamento de reservatórios que armazenem água suficiente para o abastecimento de água, sem se ter a necessidade de aduzir água no horário de pico do custo de energia elétrica, ou, pelo menos, que se reduza a vazão de recalque com a redução da rotação dos motores através de inversores de frequência.

2.10.3.2 Utilização de inversores de frequência nos conjuntos motobomba

O ideal para os setores de abastecimento de água é que a pressão na rede fique dentro dos limites: mínimo de 10 e máximo de 50 mca, conforme preconiza a NBR 12.218/94 (ABNT 1994b), e que não tenha variações brusca, durante as 24 horas do dia. Para que isso aconteça, é necessário se instalar na rede, válvulas redutoras de pressão, as quais monitoram e regulam a pressão a jusante de acordo com o

ajuste, a construção de reservatório intermediário de distribuição, ou através do bombeamento contínuo de água na rede de distribuição, com o auxílio de variadores de rotação das bombas, os inversores de frequência (OLIVEIRA JR., 1993). A vantagem dessa última opção é que o gasto de energia varia de acordo com a demanda dos consumidores, enquanto que, no controle pela válvula redutora de pressão, há necessidade de se bombear a água para um reservatório situado em cota superior, o qual, no seu setor, pode apresentar áreas a serem abastecidas situadas em pontos baixos, onde a pressão é superior a 50 mca, necessitando reduzir a carga na rede com válvulas redutoras de pressão - VRP. Nesse caso, parte da energia gasta para recalcar a água para o reservatório é desperdiçada.

Para Rodrigues (2007), a escolha entre uma válvula de controle de pressão ou de vazão e o uso dos conjuntos motobomba recalcando água diretamente na rede com o auxílio de um inversor de frequência requer um estudo prévio que sirva de referência na tomada de decisão, pois em determinadas situações, alterar as rotações da bomba, faz com que o conjunto motobomba passe a trabalhar com rendimentos baixos (ALMEIDA et al., 2005), o que em alguma situação não se torna viável, considerando a eficiência energética. Curvas de bombas mais planas, com baixa variação de carga em relação à vazão, não se apresentam como uma boa solução para a associação com o inversor de frequência, considerando que haverá grandes variações de vazão para pequenas variações de carga, trazendo pouco benefício de economia de energia, se comparado à operação com as válvulas de controle. Outra situação que não se mostrou favorável foi a utilização de inversores de frequência em motores com potência igual ou inferior a 10 CV, por apresentarem rendimento muito baixo. Os melhores resultados de economia de energia elétrica, com o uso do inversor de frequência, se alcançam quando o ponto de operação corresponde à máxima vazão, esteja posicionado à direita das curvas de melhores rendimentos, permitindo que, na faixa de vazão em que se opera, a curva do sistema passe pelos melhores rendimentos do conjunto. Com o uso do inversor de frequência, haverá perda de rendimento, aumento de temperatura do conjunto motobomba, desgaste da isolação do bobinado do motor com o consequente aumento dos custos de manutenção, entre outros fatores negativos. A resposta do custo benefício passa a ser uma avaliação técnica e pessoal da equipe técnica e do gestor da empresa, o que envolve múltiplos fatores.

Para a tomada de decisão de instalar um sistema de bombeamento com inversor de frequência, é indispensável um estudo prévio baseado nos seguintes dados:

- Curva do sistema apresentando a relação de vazão x carga ao longo da operação;
- Curva da bomba para rotação nominal;
- Rotação da bomba;
- Rendimento do conjunto motobomba;
- Parâmetros elétricos do sistema, como: tensão, corrente e fator de potência;
- NPSH disponível do sistema e requerido da bomba;
- Pressão a montante e a jusante do bombeamento.

Debenedictis et al. (2013) implementaram uma normalização baseada em regressão para estimar a energia e a potência economizados em um programa de eficiência energética experimental para o bombeamento de água na Califórnia. O programa operacional de eficiência energética desenvolvido apresentou a tecnologia da unidade de variação de velocidade auxiliado por um controlador programável lógico, que pode melhorar a eficiência energética operacional de uma estação de bombeamento. Com essa normalização proposta, foi possível comparar a eficácia operacional da bomba em diferentes modos de controle, o que é amplamente aplicável a outros programas de eficiência de bombeamento e aplicações de variação de velocidade quando diferentes requisitos operacionais podem mascarar a determinação do programa de economia. Esse trabalho permitiu a determinação precisa do efeito do variador de velocidade aliado ao controlador lógico programável na eficiência da bomba, enquanto permitiu também fazer uma comparação das operações de recalque da bomba com e sem o programa operacional de eficiência energética, obtendo-se estimativas precisas para o consumo de energia kWh e economia de potência kW, que são úteis na avaliação, monitoramento e verificação do programa.

Os resultados empíricos obtidos levam Debenedictis et al. (2013) a concluir que um programa projetado para melhorar a eficiência energética operacional do bombeamento de água no sistema de abastecimento público requer uma implementação direcionada, visando às estações de bombeamento deficientes e com baixa eficiência, ou bombas com regime operacional variável. Para estações

elevatórias com bombas operando constantemente perto de sua potência ideal em kW e com bom rendimento, a adição de um variador de velocidade aliado ao controlador lógico programável não produz melhoria substancial do bombeamento de água e pode até prejudicar a eficiência geral do sistema. Isso demonstra que a aplicação desses equipamentos deve ser minuciosamente avaliada antes de entrarem em operação.

Para uma bomba centrífuga com o mesmo rotor, girando com velocidades diferentes, existe uma relação direta da rotação da bomba com a vazão, altura manométrica e potência, que são válidas para as relações apresentadas nas equações (20), (21) e (22):

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots (20)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \dots\dots\dots (21)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \dots\dots\dots (22)$$

onde:

N_1 e N_2 = velocidade de rotação da bomba;

Q_1 e Q_2 = vazão da bomba para N_1 e N_2 ;

H_1 e H_2 = altura manométrica total da bomba para N_1 e N_2 ;

P_1 e P_2 = potência consumida pela bomba para N_1 e N_2 .

Essas relações são conhecidas como leis da semelhança, e são utilizadas para determinar a vazão, altura manométrica e potência de uma bomba, conforme a variação de rotação.

A Figura 2.10 mostra a variação da curva característica da bomba da vazão em relação à altura manométrica ($Q-H$) da vazão em relação ao rendimento ($Q-\eta$) e da vazão em relação à potência ($Q-P$), decorrente da variação da rotação da bomba. Para a rotação N_1 , a curva característica da bomba passa pelos pontos A_1 , B_1 , C_1 e D_1 e sua interseção com a curva característica do sistema ocorre no ponto A_1 , onde se tem uma vazão Q_1 e altura manométrica H_1 . Com a variação da N_1 para N_2 , obtém-se a vazão Q_2 , e altura H_2 ; esses gráficos são elaborados com a utilização das Equações (20), (21) e (22) da lei da semelhança:

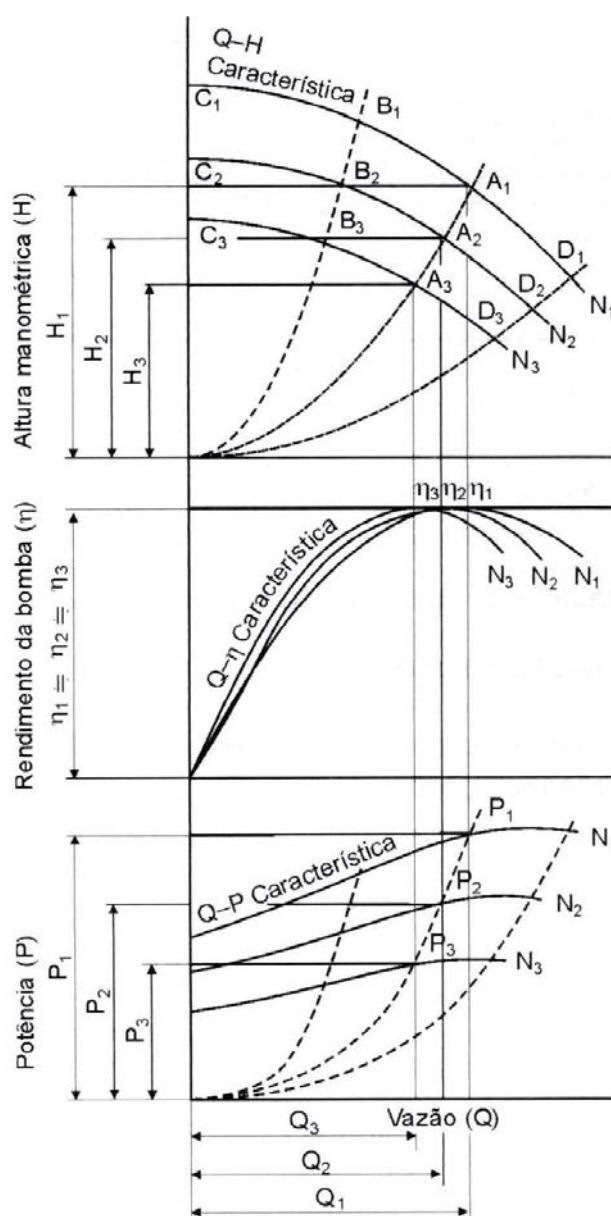


Figura 2.10 – Pontos de funcionamento para 3 rotações diferentes

Conforme o gráfico apresentado na Figura 2.10, pode-se observar que, ao variar a rotação da bomba, o ponto de funcionamento A1, passa para A2, considerando que o rendimento não se altera, a potência consumida pelo motor é reduzida, conforme pode-se observar nos pontos P1 e P2 do gráfico, reduzindo, portanto, o consumo de energia elétrica.

O rendimento da bomba (η) tende a decrescer com a diminuição da rotação da bomba, porém segundo Tsutiya (2006a), para uma faixa de mais ou menos 20% da rotação inicial, quase não há alteração significativa do rendimento.

3. METODOLOGIA

As principais unidades consumidoras de energia elétrica em uma empresa de abastecimento de água são as estações elevatórias de água. Logo, a determinação de índices de desempenho energético, desenvolvidos com foco nessas unidades e, consequentemente, nas variáveis relativas às operações de recalque da água, são interessantes para o auxílio na busca pela eficiência energética.

Numa estação elevatória de água, onde o auxílio dos equipamentos eletromecânicos transforma a energia elétrica em trabalho, mais especificamente em energia hidráulica (vazão), pretendeu-se analisar as principais variáveis envolvidas direta ou indiretamente com a operação, e sobre essas variáveis foram elaborados índices de desempenho energético, o objetivo principal desta tese de doutorado. Assim como acontece com os eletrodomésticos e com os automóveis, classificar uma estação elevatória de água torna-se indispensável para que o gestor possa avaliar e planejar melhorias para a unidade de bombeamento.

Inicialmente, pensou-se em avaliar a unidade de bombeamento considerando a melhor solução de bombeamento para as configurações existentes, como: desnível, demanda e objetivos de abastecimento de água; porém, diante da não aplicabilidade de restrições de ordem financeira, política e administrativas, envolvidas para a execução dessas obras, optou-se por avaliar a unidade de bombeamento como foi projetada, como foi construída e como se encontra em operação.

3.1 Variáveis para a composição dos IDEs - Índices de Desempenho Energético

A simples observação de variáveis associadas à operação de uma estação elevatória de água não permite interpretações diretas que auxiliem efetivamente na análise da eficiência energética. A determinação de índices pode auxiliar análises comparativas, com valores padrão e, assim, mensurar o quanto um sistema pode estar distante da eficiência.

Os índices de desempenho energético podem mostrar o desempenho do sistema, com relação ao consumo de energia elétrica, porém, para que seja possível

extrair conclusões, é necessário que seja feita uma análise individualizada dos índices e, em seguida, uma análise sistêmica dos mesmos, para se chegar a algumas conclusões e agregar subsídios para a tomada de decisões.

Nos primeiros ensaios da construção da metodologia para a obtenção de índices, pensou-se em um índice global, no qual estariam inclusas todas as variáveis envolvendo uma estação elevatória de água, que estivessem ligadas à eficiência do sistema. Do ponto de vista prático, seria muito interessante obter-se números que expressassem tal eficiência do sistema de forma direta e acredita-se que esse seja mesmo o anseio dos gestores dos sistemas de abastecimento de água; entretanto, esse índice global poderia estar escondendo deficiências do sistema, onde pontos eficientes, como, por exemplo, a eficiência de uma tubulação, estaria melhorando os índices de pontos menos eficientes, como, por exemplo, um motor antigo, dificultando a localização do problema para solucioná-lo. Diante do exposto, pensou-se em trabalhar com índices parciais que, de forma isolada, não são conclusivos, mas servem como parâmetros de observação, além de indicarem problemas em determinados pontos da estação elevatória.

Assim, pensou-se na adoção de índices em seis diferentes pontos de observação relativos à eficiência das tubulações, motores, bombas, dos conjuntos motobomba, e outros dois relativos à operação e ao financeiro. Os quatro primeiros são medidos pontualmente, durante a operação da unidade elevatória de água, enquanto que os dois últimos são analisados baseados nos valores medidos e contabilizados nas contas mensais de energia elétrica. Esses índices, portanto, analisam mensalmente pontos de ordem operacional e financeira, exclusivamente para contratos de fornecimento de energia nas tarifas verde e azul, conforme a resolução 456 de 29/11/2000 da ANEEL.

Os seis grupos de índices relativos ao desempenho energético ficaram divididos da seguinte forma:

- IDET – Índice de desempenho energético das tubulações;
- IDEM – Índice de desempenho energético dos motores;
- IDEB – Índice de desempenho energético das bombas;
- IDEC – Índice de desempenho energético dos conjuntos;
- IDEO – Índice de desempenho energético operacional;
- IDEF – Índice de desempenho energético financeiro.

Na impossibilidade da obtenção de dados para a determinação dos índices de desempenho energético dos motores, foi proposto um grupo de índices, que permite avaliar o desempenho energético dos conjuntos motor e bomba, denominado IDEC, o qual substitui os índices IDEM e IDEB.

Na sequência, serão descritos e ilustrados todos esses grupos de índices de forma detalhada.

3.1.1 Índice de Desempenho Energético dos Tubos – IDET

Avaliar a eficiência energética das tubulações é tarefa diretamente ligada ao trabalho realizado pelos conjuntos motobomba para vencer a resistência no interior da tubulação: quanto maior for o esforço para realizar o trabalho, menor é o aproveitamento energético; por esse motivo, esse índice é de grande importância na avaliação da eficiência energética de uma estação elevatória de água, principalmente quando se trata de linhas de recalque extensas.

Considerando que existem estações elevatórias com as mais diversas configurações de vazão recalcada, altura geométrica, diâmetro dos tubos, rugosidade das paredes internas dos tubos, distância da linha de recalque, singularidades e válvulas, para classificar a eficiência energética de uma linha de adução, é necessário considerar uma variável que considere todos os itens descritos anteriormente.

De maneira geral, para que seja possível o recalque com a vazão desejada para atender a demanda, é necessário vencer a resistência do atrito da água com as paredes internas do tubo, mais a energia para que a água passe pelas singularidades. A somatória dessas energias é a perda de carga total na tubulação. Quanto maior for o atrito e a vazão, maior será a perda de carga, porém, adutoras mais extensas terão sempre uma perda de carga maior, portanto avaliar somente essa variável pode estar deixando de observar esse detalhe importante.

Dividindo-se a perda de carga total pela distância da adutora, obtém-se a perda de carga unitária, normalmente representada pela unidade de metros coluna de água por quilômetros de tubulação. Essa variável considera todas as perdas na tubulação, bem como a sua extensão. Com a perda de carga unitária, torna-se possível comparar a eficiência de uma adutora mais extensa com outra mais curta e

avaliar qual é mais eficiente, independentemente de suas características. A Equação 24 representa a perda de carga unitária, ilustrando a relação entre a perda de carga total e a distância da linha de recalque.

$$\Delta h_u = \frac{\Delta h}{L} \dots\dots\dots(24)$$

onde:

Δh_u – Perda de carga unitária – m/km;

Δh – Perda de carga total – metros;

L – Distância total da adutora incluindo recalque e sucção – metros.

Considerando o exposto, a perda de carga unitária de uma tubulação pode ser considerada como um indicador de eficiência energética, que expressa a resistência da linha de recalque como um todo, desde a sucção até o final. A Figura 3.1 ilustra as variáveis envolvidas na formação do índice de desempenho energético do tubo.

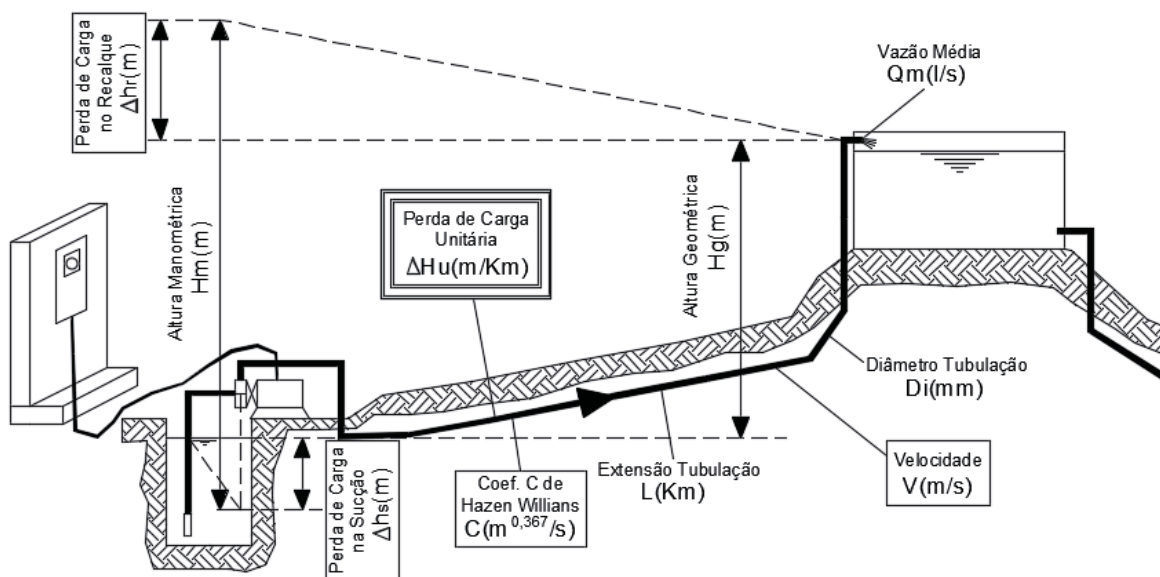


Figura 3.1 – Esquema das variáveis relativas ao desempenho energético da tubulação:

A Equação 25 expressa as variáveis obtidas na EEA para a determinação da altura manométrica do conjunto motobomba.

$$H_m = P_{mn} - P_{mv} \dots\dots\dots(25)$$

onde:

H_m – altura manométrica – mca;

P_{mn} – Pressão no manômetro – mca;

P_{mv} – pressão no manovacômetro – mca;

A altura manométrica pode ser obtida com a subtração das cargas lidas no manômetro situado imediatamente após a bomba, instalado na tubulação de recalque, do valor lido no manovacômetro situado imediatamente antes da bomba, na tubulação de sucção. Para instalações onde a bomba está abaixo do nível de água a pressão poderá ser positiva e para bombas instaladas acima do nível de água, a pressão sempre será negativa.

A altura geométrica e a distância total da adutora podem ser medidas com recursos de topografia ou serem observadas no projeto da adutora. Dessa maneira, aplicando-se os valores na Equação 26, obtém-se a perda de carga unitária da tubulação.

A Equação 26 expressa as variáveis para a determinação da perda de carga unitária.

$$\Delta h_u = \frac{H_m - H_g}{L} \dots\dots\dots(25)$$

onde:

Δh_u – Perda de carga unitária – m/km;

H_m – Altura manométrica – metros;

H_g – Altura geométrica – metros;

L – Distância total da adutora – metros.

Conforme a antiga NB-594/1977 (ABNT, 1977), relativa à elaboração de projetos hidráulicos de redes de distribuição de água potável para o abastecimento público, a perda de carga unitária máxima em uma tubulação deve ser de 8,00 m/km,

e o limite máximo de velocidade para tubos com diâmetro superior a 400 milímetros, era de 2,00 m/s.

Conforme a atual NBR 12.218/1994 (ABNT, 1994b), relativa a projetos de redes de distribuição de água para abastecimento público, que veio a substituir a NB-594/1977 (ABNT, 1977), a velocidade mínima deve ser de 0,60 m/s e máxima de 3,50 m/s, não entrando no mérito de perdas de carga unitárias. A velocidade mínima considera o arraste de sedimentos no interior da tubulação, para evitar o depósito e a obstrução da seção do tubo.

A NBR 12.214/1992 (ABNT, 1992d), relativa a projetos de sistemas de bombeamento de água para abastecimento público se reporta à NBR 12.215/1991 (ABNT, 1991), relativa a projetos de adutoras de água para abastecimento público, quanto ao critério de perda de carga distribuída ao longo da tubulação de recalque. A citada norma menciona apenas que, o cálculo da perda de carga distribuída deve ser feito de preferência pela formula universal, sem estabelecer parâmetros.

Considerando que, a formula de Hazen-Williams é largamente utilizada pelos técnicos no setor de saneamento, e que o coeficiente C referente a rugosidade da parede interna dos tubos é bastante conhecida e utilizada para o dimensionamento, adotou-se essa equação como base para o desenvolvimento do IDET.

De acordo com o exposto, as normas brasileiras atuais não mencionam parâmetros de perda de carga unitária, citam apenas a velocidade, parâmetro que, na realidade, não é o ideal para se dimensionar tubulações de diversos diâmetros, que objetivem a eficiência energética das tubulações. As Figuras 3.2, 3.3 e 3.4 ilustram os gráficos, relacionando a velocidade e a perda de carga unitária para tubos em ferro fundido classe K-7 para os coeficientes de Hazen-Williams iguais a 80, 100 e 120, respectivamente, abrangendo vários diâmetros internos comerciais. Nesses gráficos, pode-se observar que a variação de velocidade em relação à perda de carga unitária nos tubos não varia na mesma forma para os diferentes diâmetros. Tubos com menores diâmetros apresentam velocidades menores para a mesma perda de carga que tubos com diâmetros maiores. À medida que aumenta o coeficiente C relativo à rugosidade das paredes internas do tubo, maior a velocidade no interior do tubo para a mesma perda de carga unitária.

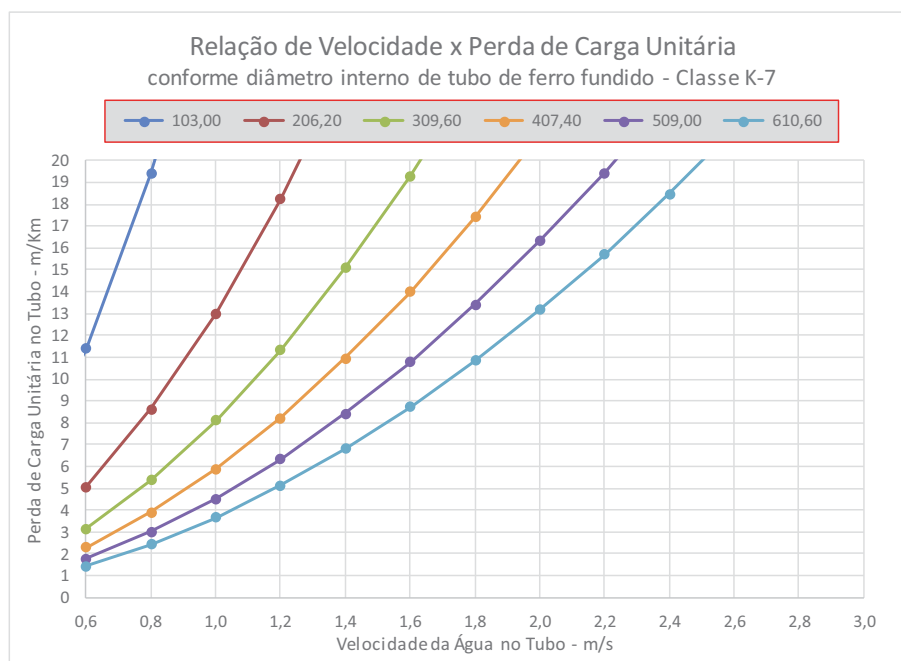


Figura 3.2 – Gráfico da relação entre velocidade e perda de carga unitária, para o coeficiente de Hazen-Williams $C=80$

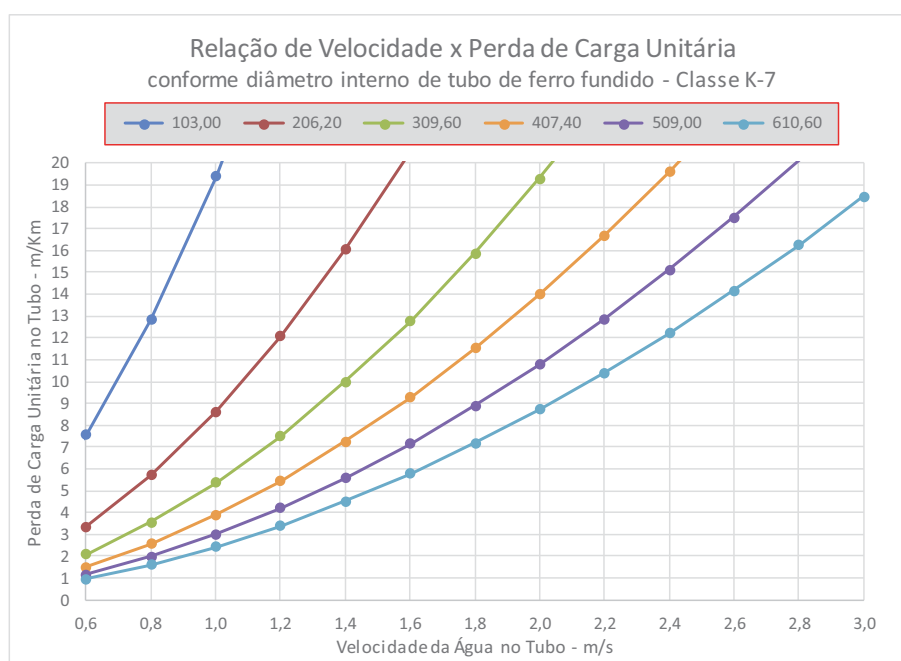


Figura 3.3 – Gráfico da relação entre velocidade e perda de carga unitária, para o coeficiente de Hazen-Williams $C=100$

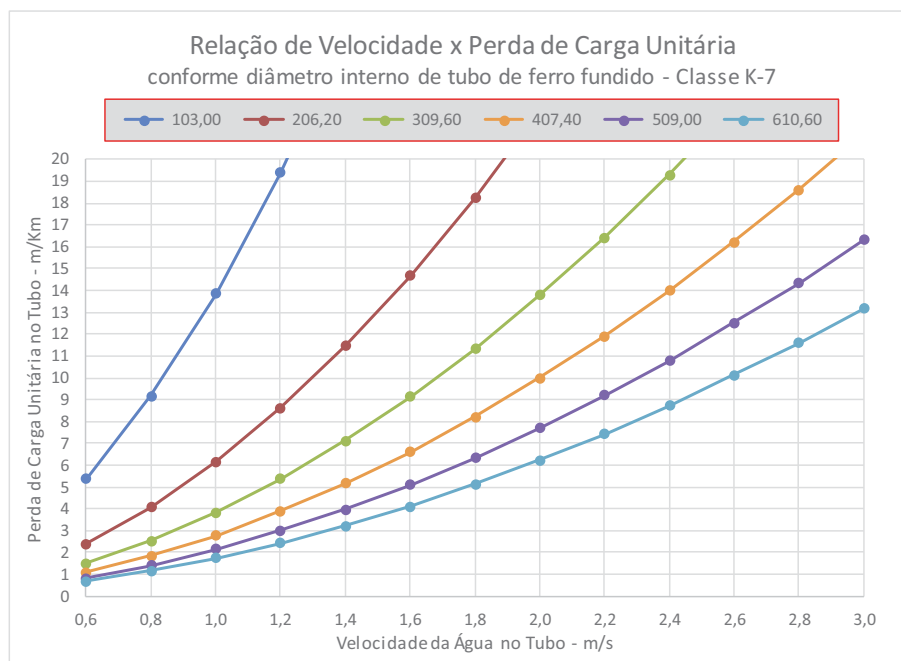


Figura 3.4 – Gráfico da relação entre velocidade e perda de carga unitária, para o coeficiente de Hazen-Williams $C=120$

A perda de carga unitária de uma adutora é um indicador direto da eficiência energética das tubulações, pois quanto maior for essa variável, no caso das estações elevatórias de água, mais energia deverá ser gasta para recalcar o mesmo volume de água. Porém, para que essa variável seja transformada em um índice, que facilite a avaliação da eficiência energética da tubulação, é necessário que sejam criados parâmetros de perda de carga unitária em relação ao índice IDET01, variando de zero até um. Portanto, para o desenvolvimento do índice, é necessário que se estabeleça um limite mínimo, médio e máximo de perda de carga unitária.

Pensando em estabelecer uma relação entre a perda de carga e o índice, buscou-se determinar um limite mínimo, diferente de zero, pois, nesse caso, não haveria escoamento no interior da tubulação.

Conforme mencionado anteriormente, de acordo com o item 5.7.1 da NB 594/77 (ABNT, 1977), norma anterior à atual NBR 12.218/94 (ABNT, 1994b), os limites máximos de vazão das tubulações secundárias serão em função do diâmetro do tubo e do material que determinem uma perda de carga unitária de 8 metros por quilômetro. Para a tubulação principal, que é o caso, o limite é dado pela velocidade, tanto na norma de 1977 quanto na de 1994, porém, na mais antiga o limite é de 2,00 metros

por segundo para tubos com diâmetro superior a 400 milímetros e, na atual, é de 3,50 metros por segundo, sem especificar o diâmetro. Conforme mencionado anteriormente, a velocidade não é proporcional à perda de carga unitária nas tubulações, além de não representar bem um limitante, pois tubos com menores diâmetros têm perdas de carga unitária mais elevadas que tubos com maiores diâmetros para a mesma velocidade.

Baseado na premissa da antiga NB 594/77 (ABNT, 1977), essa perda de carga unitária de 8 metros por quilômetro foi relacionada com o coeficiente C da Equação de Hazen Williams no valor de 100, que é um parâmetro médio de rugosidade nas tubulações. Considerando que, independente do material do tubo, para efeito da eficiência energética, a rugosidade das paredes internas da tubulação é que vai determinar a perda de carga unitária, para a adoção do coeficiente $C=100$, não se levou em consideração o material do tubo a ser avaliado.

O coeficiente C normalmente varia de 60 a 140, sendo que alguns autores apresentam valores no máximo de 150 e outros no mínimo de 55. O valor de C igual a 60 é aplicado para a pior situação, em que a tubulação é de Ferro Fundido e tem mais de 50 anos; porém, esse valor pode variar com o diâmetro da tubulação. O valor de C igual a 140 é utilizado para tubulações de Ferro Fundido novo com revestimento em epóxi, ou até mesmo para tubos em PVC com baixa rugosidade. Diante do exposto, adotou-se como limites o valor de C entre 60 e 140.

Para relacionar a perda de carga unitária com o coeficiente C , adotou-se a perda de carga unitária de 8 m/km, o coeficiente C igual a 100, e o diâmetro nominal de um tubo de 100 milímetros em Ferro Fundido Classe K-7, que tem um diâmetro interno de 103,00 milímetros. A partir dessas informações, determinou-se a vazão para essas condições e se obteve um valor de 5,16 litros por segundo.

Com essa vazão, elaborou-se uma planilha de cálculo com auxílio da Equação de Hazen Williams, variando o coeficiente C de 60 até 140 para o mesmo diâmetro e mesma vazão e foram determinadas as perdas de carga unitárias respectivas aos valores de C nesse intervalo. Esse mesmo procedimento foi feito para os diâmetros nominais de 200, 300, 400, 500 e 600 milímetros. A partir desse procedimento, obteve-se a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Planilha de cálculo, das perdas de carga unitária, a partir de uma vazão e diâmetro interno fixo, variando o coeficiente C de Hazen-Williams.

Q (l/s)	5,16	32,09	93,54	192,67	346,25	559,03
Coef. C	Diâmetro da Tubulação					
	103,00	206,20	309,60	407,40	509,00	610,60
60	20,57	20,59	20,58	20,58	20,58	20,58
70	15,47	15,48	15,48	15,47	15,48	15,47
80	12,08	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09
90	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72
100	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
110	6,70	6,71	6,71	6,71	6,71	6,71
120	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71
130	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92
140	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29
	Perda de Carga Unitária na Tubulação					

Como a vazão para os vários diâmetros foi calculada com perda de carga unitária de 8 metros por quilômetro e coeficiente C igual a 100, as perdas de carga unitárias se mantiveram as mesmas para os valores de C com diferentes diâmetros.

Sobre a Tabela 3.1, elaborou-se um gráfico da relação do coeficiente C da Equação de Hazen-Williams em relação à perda de carga unitária, conforme pode-se observar na Figura 3.5.

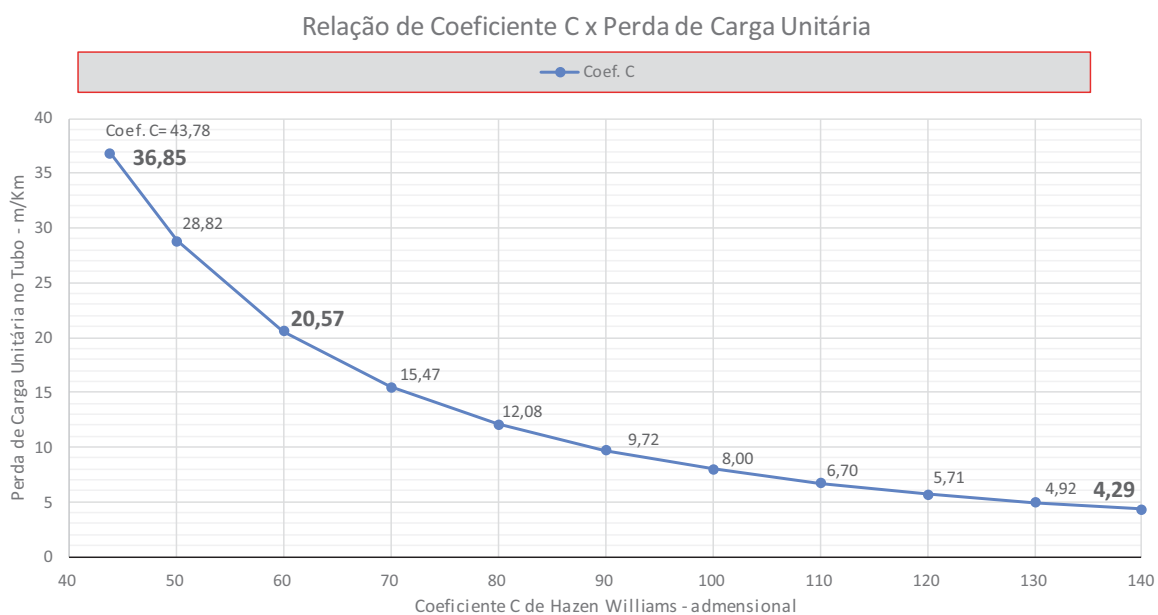


Figura 3.5 – Gráfico da relação entre o coeficiente C da Equação de Hazen-Williams e a perda de carga unitária.

Esse gráfico dá subsídios para a parametrização do índice IDET1 relativo à perda de carga unitária. Para o IDET1 máximo, igual a um, adotou-se a perda de carga unitária mínima de 4,29 metros por quilômetro obtido conforme apresentado na Tabela 3.1, considerando que ocorre nas tubulações mais lisas onde há as menores perdas. Para um limite satisfatório, adotou-se uma perda de carga unitária de 20,57 metros por quilômetro para o índice IDET1 médio ou 0,50, situação que ocorre em tubos com um dos menores valores de C, ou seja, tubulações mais antigas e rugosas, deixando valores abaixo para situações onde provavelmente esteja havendo obstrução na tubulação, quer seja por ar na tubulação, por rugosidade das paredes do tubo, ou até por falhas mecânicas das válvulas.

Com esses valores máximo e médio, relacionou-se o índice IDET1 com a perda de carga unitária de forma linear, permanecendo, portanto, o valor de 36,85 metros por quilômetro, o valor máximo de perda de carga unitária aceitável em uma tubulação, onde o coeficiente C é igual a 43,78, abaixo desse valor o IDET1 será sempre zero. Para valores de perda de carga unitária igual ou inferior a 4,29 metros por quilômetro, o IDET1 será sempre um. A partir desses parâmetros, estabeleceu-se a Equação 27, que representa o IDET1 independente do material do tubo.

$$IDET1 = 1,1318 - \frac{\Delta h_u}{32,56} \dots\dots\dots(27)$$

onde $4,29 \text{ m/km} \leq \Delta h_u \leq 36,85 \text{ m/km}$;

Δh_u – perda de carga unitária em metros por quilômetro.

3.1.2 Índice de Desempenho Energético dos Motores – IDEM

O índice de desempenho energético do motor instalado em uma estação elevatória de água é a relação entre o rendimento do motor em operação com o rendimento mínimo preconizado na legislação brasileira. A Figura 3.6 ilustra as variáveis envolvidas na determinação do índice IDEM1.

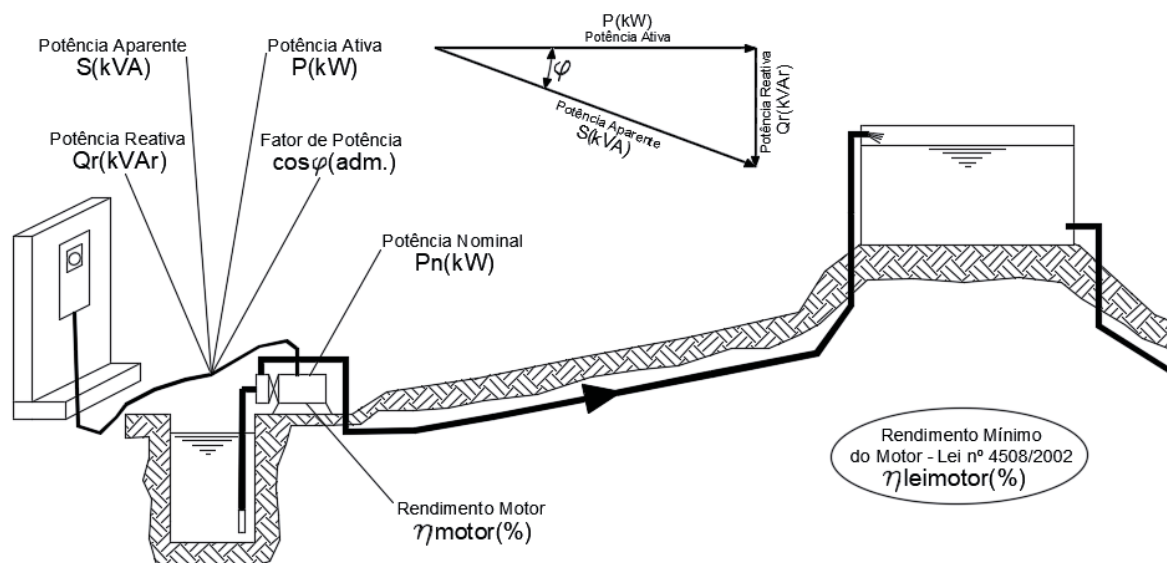


Figura 3.6 – Esquema das variáveis relativas ao desempenho energético do motor

Conforme lei federal nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, decreto federal nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001, art. 2º do decreto federal nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002 e portaria interministerial nº 553, de 8 de dezembro de 2005, fica estabelecido que os níveis mínimos de rendimento nominal a serem atendidos pelos motores elétricos de indução trifásicos estão definidos na Tabela 3.2 relativa aos rendimentos nominais mínimos.

Atualmente, no mercado, existem motores com rendimento superior ao preconizado na legislação brasileira, como é o caso dos motores com ímã permanente, que atingem um rendimento de até 97%; entretanto, como parâmetro, será utilizado o rendimento determinado pela Tabela 3.2.

Motores com potência superior ao apresentado na Tabela 3.2 são construídos somente sob encomenda e não dispõem de valores de rendimento na legislação; nesse caso, para efeito de cálculo, deverá ser adotado como parâmetro o último rendimento lido na Tabela 3.2, para o número de polos a que está ligado o motor.

Tabela 3.2 – Relação entre a potência do motor e rendimentos nominais mínimos conforme portaria interministerial nº 553/2005.

Potência Nominal		Motores Elétricos			
		Polos			
CV ou HP	kW	2	4	6	8
1,0	0,8	80,0	80,5	80,0	70,0
1,5	1,1	82,5	81,5	77,0	77,0
2,0	1,5	83,5	84,0	83,0	82,5
3,0	2,2	85,0	85,0	83,0	84,0
4,0	3,0	85,0	86,0	85,0	84,5
5,0	3,7	87,5	87,5	87,5	85,5
6,0	4,5	88,0	88,5	87,5	85,5
7,5	5,5	88,5	89,5	88,0	85,5
10,0	7,5	89,5	89,5	88,5	88,5
12,5	9,2	89,5	90,0	88,5	88,5
15,0	11,0	90,2	91,0	90,2	88,5
20,0	15,0	90,2	91,0	90,2	89,5
25,0	18,5	91,0	92,4	91,7	89,5
30,0	22,0	91,0	92,4	91,7	91,0
40,0	30,0	91,7	93,0	93,0	91,0
50,0	37,0	92,4	93,0	93,0	91,7
60,0	45,0	93,0	93,6	93,6	91,7
75,0	55,0	93,0	94,1	93,6	93,0
100,0	75,0	93,6	94,5	94,1	93,0
125,0	90,0	94,5	94,5	94,1	93,6
150,0	110,0	94,5	95,0	95,0	93,6
175,0	132,0	94,7	95,0	95,0	
200,0	150,0	95,0	95,0	95,0	
250,0	185,0	95,4	95,0		

Os motores, de maneira geral, perdem rendimento quando vibram e aquecem acima de um limite aceitável, fato que ocorre nas seguintes situações:

- Estado de conservação ruim;
- Tempo de uso superior à vida útil;
- Motor desalinhado com a bomba;
- Desalinhamento entre o rotor e o estator;

- Ventilação deficiente;
- Fixação na base inadequada ou com folga;
- Enrolamento com menor número de espiras ou com fios mais finos;
- Falta de lubrificação e atrito dos rolamentos.

Para determinação do rendimento do motor, é necessário conhecer a relação entre a potência ativa fornecida ao motor e a sua potência nominal; para isso, é necessário fazer a leitura da potência fornecida ao motor nos medidores de energia ou através das curvas de carga fornecidas pela concessionária de energia elétrica. Em algumas situações, os medidores medem a potência aparente e o fator de potência. Nesse caso, com o auxílio da Equação 28, é possível determinar a potência ativa que está sendo consumida pelo motor.

$$P = S * \cos\varphi \dots\dots\dots(28)$$

onde:

P – Potência ativa em kW;

S – Potência aparente em kVA;

$\cos\varphi$ – fator de potência (adimensional).

Com a relação das potências, através da curva de rendimento fornecida pelos fabricantes de motores, como ilustrado na Figura 3.7, traça-se uma reta partindo da relação encontrada até a curva A, relativa ao rendimento do motor; dessa interseção, traça-se outra reta paralela ao eixo X até encontrar o rendimento do motor em operação.

A Figura 3.7 é relativa às curvas de desempenho de um motor de gaiola, WEG W22 IR3 Premium, com potência de 175 cv, 60Hz, 4 polos, 1785 rpm, 220/380/440 V (WEG, 2016).

Curvas de Desempenho

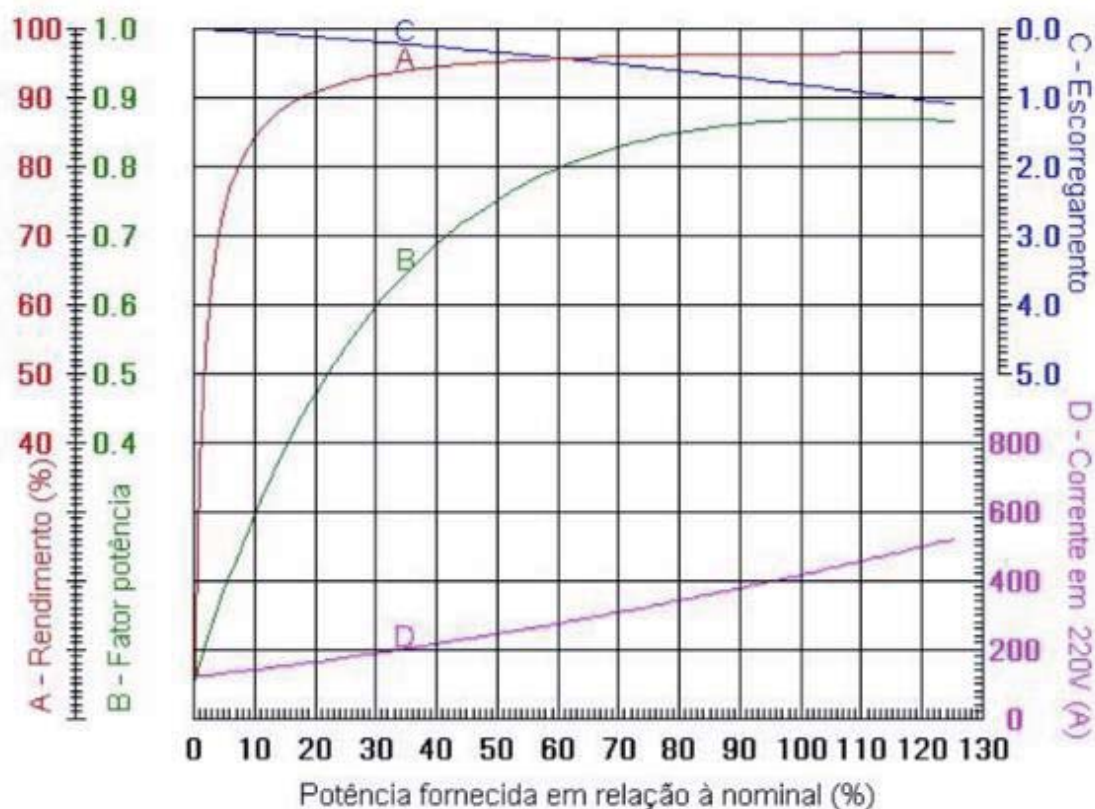


Figura 3.7 – Curva de desempenho do motor WEG W22 IR3 Premium

Fonte: WEG (2016)

Com a relação entre o rendimento do motor em operação com o rendimento estabelecido pela legislação federal, determina-se, conforme a Equação 29, o índice de desempenho energético do motor IDEM1.

$$IDEM1 = \frac{\eta_{motor}}{\eta_{leimotor}} \dots\dots\dots(29)$$

onde:

IDEM1 – Índice de desempenho energético do motor;

η_{motor} – rendimento observado no gráfico das curvas dos motores - %;

$\eta_{leimotor}$ – rendimento para motores proposto pela legislação - %.

O IDEM1 varia de 0,00 a 1,00, porém em casos em que o rendimento do motor for superior ao proposto pela legislação, o que pode ocorrer, por exemplo, com motores de ímã permanente que possuem alto rendimento, o índice continua sendo 1,00, valor máximo. Esse parâmetro para estabelecer o índice foi adotado, pois atende à legislação pertinente no país e permite uma equiparação entre diferentes tipos de motores.

O fato de existirem motores com rendimento superior ao preconizado na legislação passa a ser uma excelência na eficiência energética, mas não desqualifica os equipamentos que atendem à legislação.

A maneira mais precisa de se determinar o rendimento de um motor é calculando a relação entre a potência útil (ou potência mecânica disponível no eixo do motor) e potência absorvida (ou potência elétrica ativa retirada da rede), conforme pode-se observar na Equação 30. Quanto à potência ativa, através de potenciômetros e medidor de fator de potência, é possível medir e obter a potência absorvida, porém, para se medir a potência mecânica, conforme ilustrado na Equação 31, é necessário medir a rotação do motor e o conjugado ou torque do motor. Com o auxílio de um tacômetro, em alguns tipos de motor, é possível medir a sua rotação; entretanto, para medir o torque do motor, é necessário o auxílio de um torquímetro, a ser instalado no eixo do motor.

Para que seja feita a análise de eficiência dos motores e das bombas, é necessário que sejam disponibilizados, pelo fabricante, gráficos com as curvas do rendimento do motor e da bomba, para que seja possível avaliar a eficiência dos equipamentos; caso contrário, essa avaliação somente seria possível com a análise desses equipamentos nas bancadas dos laboratórios. Para grandes elevatórias, isso se torna impraticável, devido aos elevados custos e pela paralisação da operação do equipamento até que sejam realizados os testes, por modificar a condição de alinhamento em que está operando, além da dificuldade de mobilização. Esse tipo de equipamento não é simples de se instalar em um motor no campo de trabalho, sendo viável somente em laboratórios especializados e devidamente equipados. Devido a essa dificuldade, optou-se no trabalho por determinar o rendimento, através da curva de rendimento fornecido pelo fabricante de motores.

$$\eta_{motor} = \frac{P_{mecânica}}{P_{elétrica}} \dots\dots\dots(30)$$

onde:

η_{motor} – Rendimento do motor - %;

$P_{mecânica}$ – Potência mecânica ou potência útil – kW;

$P_{elétrica}$ – Potência elétrica ativa ou potência absorvida – kW.

$$P_{mecânica} = \frac{Co * n}{974} \dots\dots\dots(31)$$

onde:

$P_{mecânica}$ – Potência mecânica ou potência útil – kW;

Co – Conjugado ou torque – Kgf*m;

n – rotação do motor – rpm.

É importante salientar que alguns motores não dispõem da curva de rendimento para verificação. Nesses casos, a alternativa é calcular o rendimento do conjunto, ou seja, o rendimento do motor e da bomba juntos. Mais adiante será apresentado como determinar o rendimento do conjunto.

3.1.3 Índice de Desempenho Energético das Bombas – IDEB

As bombas hidráulicas juntamente com os motores são os responsáveis pelo recalque de água das estações elevatórias. Desde que estejam em bom estado de conservação e instalados adequadamente, podem ser grandes aliados da eficiência energética. O maior indicador dessa eficiência está diretamente relacionado ao rendimento da bomba, frente ao máximo que o equipamento pode atingir em relação ao ponto de funcionamento.

Algumas bombas hidráulicas possuem maior rendimento que outras, devido a diversos fatores, como: volume da carcaça da bomba, local onde abriga o rotor da bomba, rugosidade das paredes internas da carcaça da bomba e formato das pás dos rotores.

A determinação do índice de desempenho energético da bomba IDEB1 está relacionada diretamente à avaliação da eficiência energética da bomba que está

operando na elevatória, frente ao rendimento máximo atingido pela bomba para o rotor que está em operação, sem entrar no mérito se existem bombas com melhores rendimentos para executar o mesmo trabalho; nesse caso, seria necessária a elaboração de novo projeto para buscar os equipamentos com maior rendimento que atendem às necessidades da estação elevatória de água.

A Figura 3.8 ilustra as variáveis relativas à determinação do índice de desempenho energético da bomba – IDEB1.

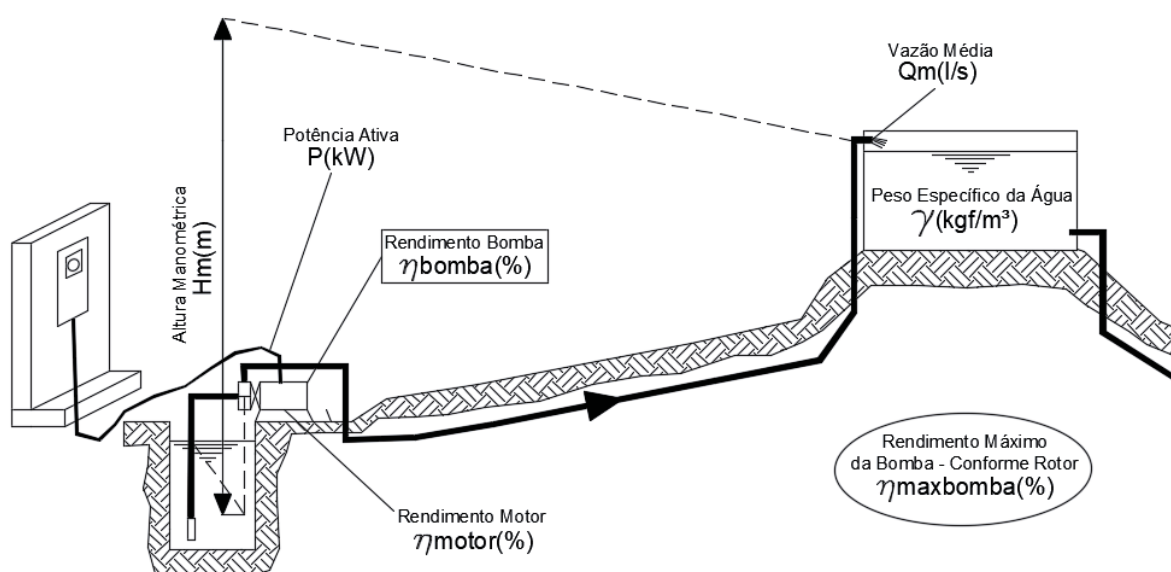


Figura 3.8 – Esquema com as variáveis relativas ao desempenho energético da bomba.

O primeiro procedimento para a determinação do índice de desempenho energético da bomba -IDEB1- é traçar a curva do sistema sobre a curva da bomba e observar no gráfico o rendimento máximo que essa bomba, com o rotor que está em funcionamento, pode atingir. Esse valor é denominado de rendimento máximo da bomba para o rotor instalado, conforme ilustrado na Figura 3.9.

Na sequência, através da Equação 32, determina-se o rendimento da bomba no estado em que está operando. Para isso, é necessário verificar a altura manométrica, a vazão média da bomba, a potência elétrica ativa e o rendimento do motor, sabendo-se que o peso específico da água é 1.000 Kgf/m³.

$$\eta_{bomba} = \frac{\gamma * H_m * Q}{75 * \eta_{motor} * P} \dots\dots\dots(32)$$

onde:

η_{bomba} = Rendimento da bomba em operação - %;

P = Potência Ativa - HP;

γ = Peso específico da água = 1.000 Kgf/m³;

H_m = Altura manométrica - mca;

Q = Vazão - m³/s;

η_{motor} = Rendimento do motor - %.

Analisando a relação entre o rendimento da bomba calculado na Equação 32, conforme informações coletadas na estação elevatória e o rendimento máximo para a curva da bomba com o rotor em operação, conforme ilustrado na Figura 3.9, determina-se o IDEB1.

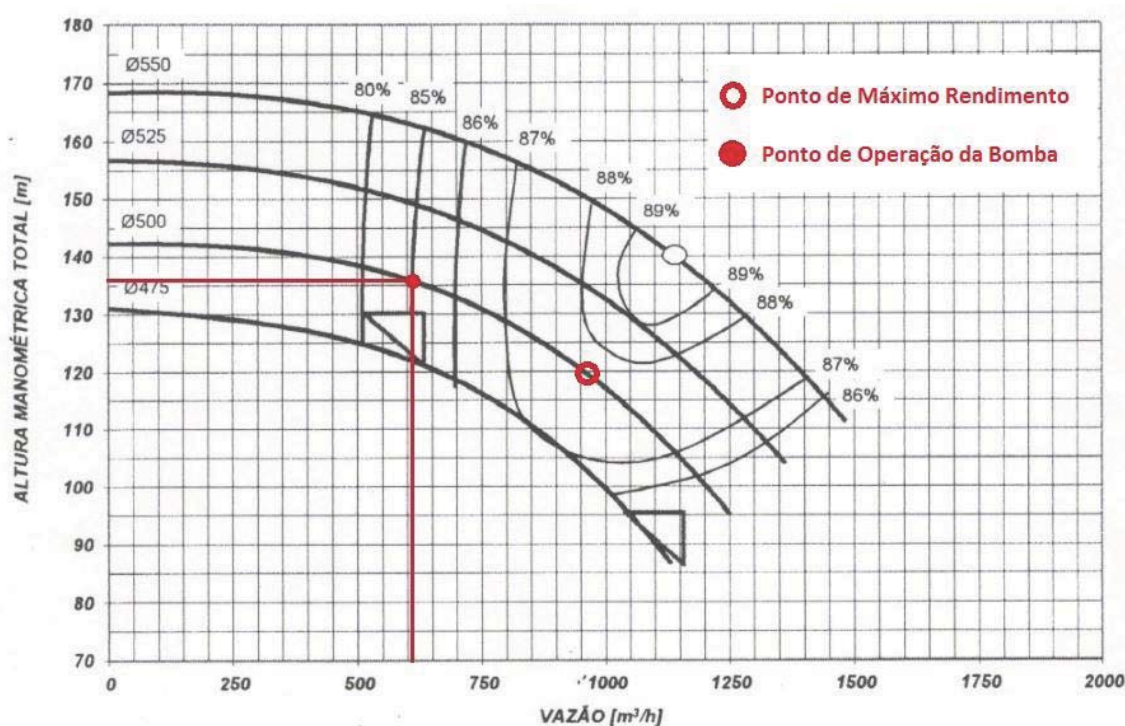


Figura 3.9 – Gráfico das curvas da bomba centrífuga bipartida FBBP 8LN21E utilizada na EEAB Rio Mogi Guaçu em Araras-SP.

A Equação 33 ilustra como se determina o índice de desempenho energético da bomba – IDEB1. O valor máximo para essa relação é um, o que indica que essa bomba está com o rendimento máximo frente ao que se pode atingir; no sentido oposto, quanto menor o número, menor o rendimento da bomba, sendo que zero é o valor mínimo.

$$IDEB01 = \frac{\eta_{bomba}}{\eta_{maxbomba}} \dots\dots\dots(33)$$

onde:

η_{bomba} = Rendimento da bomba em operação - %;

$\eta_{maxbomba}$ = Rendimento máximo da mesma bomba em operação - %;

É importante salientar que o propósito desse índice é avaliar o rendimento da bomba frente ao que pode ser atingido para o ponto de funcionamento, justamente para indicar eventuais perdas que possam estar ocorrendo. É evidente que nem sempre as bombas utilizadas nas estações elevatórias são as mais adequadas, ou seja, as que apresentam maiores rendimentos, o que deveria em tese ser avaliado na concepção do projeto. A indicação dessa natureza necessita de um estudo específico, considerando as bombas hidráulicas disponíveis no mercado, para que, então, seja escolhida a mais eficiente.

Existe um ponto complicado na prática, pois as estações elevatórias de água sofrem variações no seu ponto de funcionamento, ao longo da vida útil, considerando que a demanda, e a rugosidade das paredes internas da tubulação, aumentam com o passar dos anos. Na maioria das vezes, as vazões de início, são bem menores que as vazões finais, quando a ocupação dos lotes estiver concretizada, fato que leva o projetista a adotar bombas maiores com os menores rotores menores para atender necessidade de imediato, fazendo com que o equipamento trabalhe com um rendimento menor que aquele que terá quando atingir a vazão do final. O ideal é que essa bomba fosse trocada a cada escala de demanda pelo equipamento mais eficiente para o ponto de funcionamento, mas na prática, nem sempre é isso que ocorre nas empresas de abastecimento de água, pois em alguns casos enseja a mudança de transformadores, motores e instalações, o que acaba onerando o orçamento.

O rendimento de uma bomba hidráulica depende de vários fatores, como:

- Estado de conservação da carcaça, rotor, retentor e gaxeta das bombas;

- Alinhamento do motor com a bomba;
- Lubrificação dos rolamentos;
- Dimensionamento correto para o trabalho a realizar;
- Vibração do motor;
- Excentricidade do eixo da bomba;
- Cavitação do rotor;
- Perdas físicas da água;
- Mudança do ponto de operação da bomba, com o aumento da carga manométrica e vazão.

3.1.4 Índice de Desempenho Energético dos Conjuntos – IDEC

Existem algumas situações em que determinar o rendimento do motor, torna-se inviável devido às seguintes situações:

- Motores antigos e originários de fabricantes que não disponibilizam os gráficos com as curvas de rendimento;
- Estações elevatórias de água com mais de um conjunto motobomba em operação;
- Diferentes motores operando simultaneamente.

Diante dessas situações, que necessitam de uma avaliação do motor, porém, não há como avaliar a eficiência energética a partir da metodologia apresentada para o IDEM1. Para tanto, foi desenvolvida uma metodologia que determina o desempenho energético do conjunto motor e bomba em um único indicador, denominado de índice de desempenho energético do conjunto – IDEC1.

Através da Equação 34, é possível, com informações coletadas da estação elevatória, determinar o rendimento do conjunto.

$$\eta_{conjunto} = \frac{\gamma * H_m * Q}{P * 75} \dots\dots\dots(34)$$

onde:

P = Potência ativa medida (HP);

γ = Peso específico da água (1.000 Kgf/m³);

H_m = Altura manométrica (metros);

Q = Vazão (m^3/s);

$\eta_{conjunto}$ = Rendimento do conjunto - %.

Conforme a Equação 35, o rendimento do conjunto motobomba é o produto do rendimento do motor pelo da bomba.

$$\eta_{conjunto} = \eta_{motor} * \eta_{bomba} \dots\dots\dots(35)$$

onde:

$\eta_{conjunto}$ = Rendimento do conjunto em operação - %;

η_{motor} = Rendimento do motor em operação - %;

η_{bomba} = Rendimento da bomba em operação - %;

A Figura 3.10 ilustra todas as variáveis relativas à determinação do índice de desempenho energético do conjunto – IDEC1.

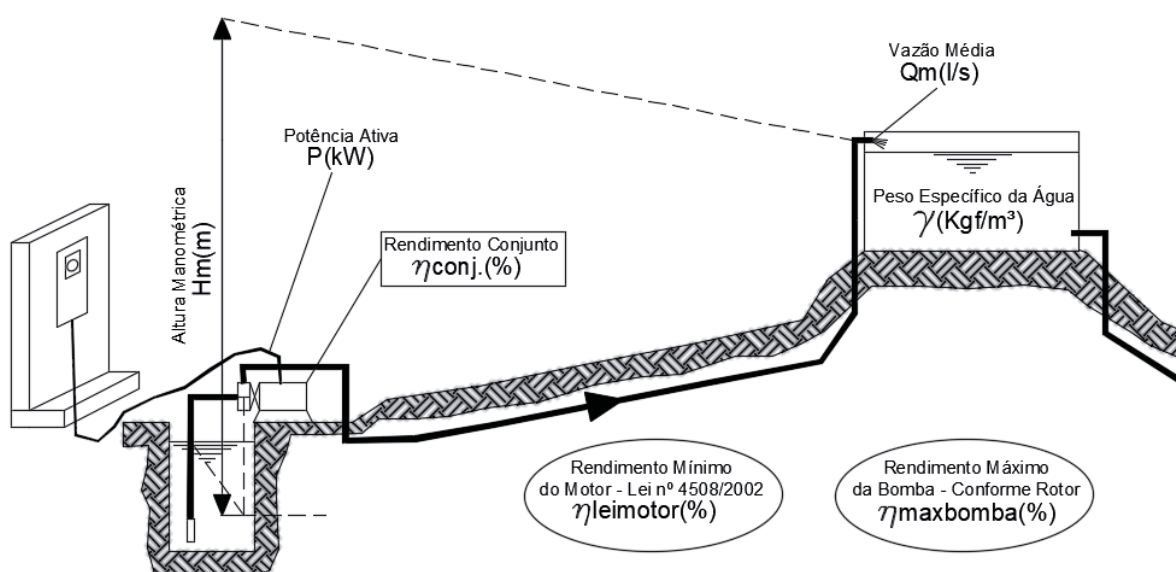


Figura 3.10 – Esquema com as variáveis relativas ao desempenho energético do conjunto motor e bomba.

Comparando o rendimento do conjunto determinado na Equação 34, com o produto do rendimento mínimo do motor, de acordo com a legislação federal relativa ao rendimento de motores, com o rendimento máximo da bomba para o rotor em uso,

é possível determinar o índice de desempenho energético do conjunto -IDEC1- conforme ilustrado na Equação 36.

$$IDEC1 = \frac{\eta_{conjunto}}{\eta_{maxbomba} * \eta_{leimotor}} \dots\dots\dots(36)$$

onde:

$\eta_{conjunto}$ = Rendimento do conjunto em operação - %;

$\eta_{maxbomba}$ = Rendimento máximo da bomba para o rotor em operação - %;

$\eta_{leimotor}$ = Rendimento mínimo do motor exigido pela legislação - %;

Esse índice não contempla os rendimentos isolados, mas dá uma ideia dos rendimentos de uma maneira geral. Aconselha-se somente utilizar esse índice quando não há como determinar os índices de desempenho energético isolados do motor e da bomba.

Existem situações em que mais de um conjunto está em operação; nesses casos, adota-se o IDEC1, que irá avaliar os conjuntos em operação, representando um valor médio.

Apesar de não ser o correto e o ideal, há estações elevatórias de água que trabalham com mais de um conjunto com motores e bombas de diferentes dimensões; nesses casos, tanto para as bombas como para os motores, como metodologia, são adotados os motores com maiores rendimentos previstos na legislação federal, além do maior rendimento dentre todas as bombas em operação. Sem essas considerações, seria inviável estabelecer índices para o bombeamento em paralelo, conforme acontece normalmente nas estações elevatórias de água.

3.1.5 Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO

A partir das contas relativas ao fornecimento de energia elétrica das concessionárias, para as tarifas verde e azul, são disponibilizadas informações que permitem ao gestor avaliar, do ponto de vista operacional e financeiro, o desempenho energético das unidades de bombeamento de água.

Com o intuito de avaliar a eficiência energética das unidades de bombeamento de água, foram desenvolvidos os índices de desempenho energético operacional - IDEOs, que permitem ao gestor avaliar as seguintes características das EEA:

- Relação do consumo de energia ativa com o total consumido;
- Relação do consumo de energia fora do horário de ponta com o total consumido;
- Relação da demanda no horário fora de ponta com a demanda total no horário fora de ponta;
- Relação da demanda no horário de ponta com a demanda total no horário de ponta;
- Relação da demanda ativa e contratada no horário fora de ponta;
- Relação da demanda ativa e contratada no horário de ponta;
- Relação da energia consumida com demanda mensal, que permite avaliar a ociosidade da EEA.

A Tabela 3.3 ilustra todas as variáveis relativas à determinação dos índices de desempenho energético operacional - IDEOs e dos índices de desempenho energético financeiro - IDEFs.

Tabela 3.3 – Planilha com as variáveis disponíveis nas contas de energia elétrica.

ÍNDICES	OPERACIONAIS			FINANCEIROS		
HORÁRIO	PONTA	FORA PONTA	UNID.	PONTA	FORA PONTA	UNID.
Energia Ativa	EAP	EAF	kWh	CEAP	CEAF	R\$
Energia Reativa	ERP	ERF	kVarh	CERP	CERF	R\$
Demanda Ativa	DAP	DAF	kW	CDAP	CDAF	R\$
Demanda Contratada	DCP	DCF	kW			R\$
Demanda Ultrapassagem	DUP	DUF	kW	CDUP	CDUF	R\$
Demanda Reativa	DRP	DRF	kVar	CDRP	CDRF	R\$
Dias do Período Medido	DPM		dias			
Impostos, Taxas e Adicionais				IMP		R\$
Custo Total de Energia Elétrica				CTEE		R\$

Considerando que, os contratos de fornecimento de energia elétrica na tarifa convencional não apresentam o mesmo grau de detalhamento que os apresentados nas contas de energia elétrica para as tarifas azul e verde, os índices de desempenho energético operacional e financeiro, foram desenvolvidos somente para serem aplicados para essas tarifas, entretanto, não se descarta a possibilidade

de se desenvolver os índices para a tarifa convencional, nesse caso os mesmos precisam ser modificados e simplificados.

Na sequência, serão apresentados os seguintes índices de desempenho energético operacional – IDEO:

- IDEO1 – índice determinado a partir da relação entre o consumo de energia ativa e total;
- IDEO2 – índice determinado a partir da relação entre o consumo de energia fora do horário de ponta e a energia total;
- IDEO3F – índice determinado a partir da relação entre demanda no horário fora de ponta com a demanda total no horário fora de ponta;
- IDEO3P – índice determinado a partir da relação da demanda no horário de ponta com a demanda total no horário de ponta;
- IDEO4F – índice determinado a partir da demanda ativa e contratada no horário fora de ponta;
- IDEO4P – índice determinado a partir da demanda ativa e contratada no horário de ponta;
- IDEO5 – índice determinado a partir da relação da energia consumida com demanda do mês.

3.1.5.1 Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO1 – energia ativa.

Esse índice permite identificar a proporção da energia ativa em relação a toda a energia consumida, incluindo a reativa. Espera-se, com as informações desse índice, identificar e comparar como está a energia reativa ao longo do tempo, possibilitando verificar imperfeições nas instalações elétricas da unidade de bombeamento de água.

IDEO1 - Relação entre o consumo da energia ativa, com o consumo total de energia ativa e reativa; esse índice é obtido através da Equação 37.

$$IDEO1 = \frac{(EAP + EAF)}{(EAP + ERP + EAF + ERF)} \dots\dots\dots(37)$$

O ideal é que o índice seja igual a um, indicando que não há energia reativa, porém isso é improvável de ocorrer. Apesar de não haver custos com o fator de potência igual ou superior a 0,92, situação em que há energia reativa, o IDEO1 identifica energia reativa nas instalações.

3.1.5.2 Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO2 – energia consumida fora do horário de ponta.

Através desse índice, é possível identificar a proporção da energia consumida no horário fora de ponta, situação em que, para as tarifas verde e azul, o custo da energia elétrica é menor. Esse índice identifica como o consumo está ocorrendo em relação ao horário fora de ponta.

IDEO2 - Relação do consumo de energia no horário fora de ponta, tanto ativa quanto reativa, com o consumo total de energia compreendido no horário de ponta e fora do horário de ponta, tanto ativa quanto reativa. A Equação 38 ilustra essa relação.

$$IDEO2 = \frac{(EAF + ERF)}{(EAP + ERP + EAF + ERF)} \dots \dots \dots (38)$$

Para IDEO2 igual a um, pode-se afirmar que o consumo de energia está ocorrendo somente no horário fora de ponta, o que é o ideal e se torna mais econômico, pois o custo da energia elétrica no horário fora de ponta é menos oneroso. No sentido oposto, quanto menor que for o índice, mais está sendo gasto com energia no horário de ponta; isso alerta o gestor para prever, por exemplo, um gerador movido a óleo diesel e propor reservatório para armazenamento da água a ser bombeada fora do horário de ponta, ou, simplesmente, mudar o horário de bombeamento.

3.1.5.3 Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO3F – ultrapassagem da demanda ativa fora do horário de ponta.

Índice relativo à ultrapassagem da demanda ativa fora do horário de ponta permite identificar proporcionalmente a ultrapassagem da demanda em relação à demanda contratada para o horário fora da ponta.

IDEO3F - Relação da demanda ativa fora do horário de ponta à demanda ativa mais a demanda de ultrapassagem fora do horário de ponta ocorrida no período. A Equação 39 ilustra essa relação.

$$IDEO3F = \frac{DAF}{DAF + DUF} \dots \dots \dots (39)$$

Quando o índice for igual a um, não há ultrapassagem da demanda, o que é desejável para as empresas gestoras das elevatórias de água; quanto menor for o índice, maiores são os quilowatts relativos à penalidade da ultrapassagem da demanda. Esse índice auxilia na avaliação de como vêm sendo as ultrapassagens e alerta o gestor para a alteração na contratação de energia, necessidade de mudanças nas regras de operação, ou ajustes e troca dos equipamentos, parcial ou totalmente.

3.1.5.4 Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO3P – demanda no horário de ponta.

Esse índice somente existe para contratos na tarifa azul, quando há demanda no horário de ponta, o que não ocorre na tarifa verde.

É relativo à ultrapassagem da demanda ativa no horário de ponta. Permite identificar proporcionalmente a ultrapassagem da demanda em relação à demanda contratada para o horário de ponta.

IDEO3P - Relação da demanda ativa no horário de ponta à demanda ativa mais a demanda de ultrapassagem no horário de ponta ocorrida no período. A Equação 40 ilustra essa relação.

$$IDEO3P = \frac{DAP}{DAP + DUP} \dots \dots \dots (40)$$

Assim com o IDEO3P, quando o índice for igual a um, não há ultrapassagem da demanda e, quanto menor for o índice, maiores são os quilowatts

relativos à penalidade da ultrapassagem da demanda. Esse índice atende exclusivamente aos contratos de fornecimento de energia na tarifa azul.

3.1.5.5 Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO4F – demanda fora do horário de ponta a atingir a demanda contratada.

Esse índice apresenta uma relação entre a demanda no horário fora da ponta e a demanda contratada no horário fora da ponta. Como não há custo para a demanda contratada, esse índice é determinado somente nos índices de desempenho energético operacional.

IDEO4F - Relação da demanda no horário fora da ponta em kW com a demanda contratada. A Equação 41 ilustra essa relação.

$$IDEO4F = \frac{DAF}{DCF} \dots \dots \dots (41)$$

$$Se DAF > DCF \Rightarrow IDEO4F = 1$$

Caso da demanda ativa fora da ponta -DAF- for superior ao valor da Demanda Contratada fora de Ponta DCF, o índice será sempre igual a um. Nessa situação, o índice IDEO3F é que vai apontar a ultrapassagem.

Esse índice complementa o IDEO3F, pois possibilita a identificação do uso da demanda abaixo da demanda contratada; isso acontece quando o índice é inferior a um. Quando o índice for superior a 1 é que está havendo ultrapassagem da demanda contratada. O ideal é que o IDEO4F seja igual a 1, o que representa que o contrato está ajustado às necessidades de demanda da estação elevatória de água. Podem acontecer situações em que o índice e o IDEO4F sejam superiores a 1, entretanto, nesses casos, o índice passa a ser 1, que é o maior valor nessa situação.

Há necessidade de se desmembrar o IDEO4 em dois, pois nem sempre a demanda contratada no horário fora de ponta é a mesma que a do horário de ponta, para o caso exclusivo de contratos na tarifa azul.

3.1.5.6 Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO4P – demanda no horário de ponta a atingir a demanda contratada.

Esse índice apresenta uma relação entre a demanda no horário de ponta e a demanda contratada também no horário de ponta. Como não há custo para a demanda contratada, esse índice é determinado somente nos índices de desempenho energético operacional.

IDEO4P - Relação da demanda no horário de ponta em kW com a demanda contratada. A Equação 42 ilustra essa relação.

$$IDEO4P = \frac{DAP}{DCP} \dots \dots \dots (42)$$

$$Se DAP > DCP \Rightarrow IDEO4P = 1$$

Caso a Demanda Ativa na Ponta – DAP- for superior ao valor da Demanda Contratada na Ponta –DCP-, o índice será sempre igual a um. Nessa situação, o índice IDEO3P é que vai apontar a ultrapassagem.

Para contratos de fornecimento de energia na tarifa verde, não existe o IDEO4P.

Esse índice complementa o IDEO3P, pois possibilita a identificação do uso da demanda abaixo da demanda contratada, isso acontece quando o índice é inferior a um. Quando o índice for superior a 1 é que está havendo ultrapassagem da demanda contratada. O ideal é que o IDEO4P seja igual a 1, o que representa que o contrato está ajustado as necessidades de demanda da estação elevatória de água. Pode acontecer situações em que o índice e IDEO4P sejam superiores a 1, entretanto, nesses casos o índice passa a ser 1, que é o maior valor.

3.1.5.7 Índice de Desempenho Energético Operacional – IDEO5 – ociosidade.

O fator de carga de uma estação elevatória de água é um índice que tem como objetivo indicar a racionalidade no uso de energia elétrica, servindo para verificar o nível de utilização dos conjuntos motobomba. Em determinadas situações, os equipamentos estão superdimensionados para o trabalho a ser realizado. Isso normalmente acontece nas empresas de abastecimento de água, devido ao fato de

que há necessidade de preparar as instalações para o futuro, denominado horizonte de projeto. Vale lembrar que, nos primeiros anos, as instalações ficam superdimensionadas até que a demanda por água aumente e utilize as instalações conforme foram projetadas.

No início, os conjuntos motobomba devidamente projetados para o horizonte de projeto entram em operação apenas por algumas horas por dia, permanecendo parados pelo resto do dia. Depois de um tempo após o adensamento populacional, esses mesmos conjuntos motobomba passam a operar quase o dia todo. Porém, os conjuntos motobomba, trabalhando mais ou menos horas durante o dia, possuem a mesma potência, necessitando de um contrato de demanda igual, considerando que o motor tem a mesma potência.

Uma solução para esse tipo de problema que vem sendo adotada, é a adoção de inversores de frequência nas EEA, que permitem de início trabalhar com menores rotações, portanto menores demandas, e posteriormente com o crescimento do setor de abastecimento de água, aumenta-se a rotação da bomba, a demanda e consequentemente a vazão.

Quanto maior o fator de carga, melhor será o aproveitamento da energia colocada à disposição do consumidor pela concessionária e menor será o custo por energia consumida.

O fator de carga é determinado conforme a Equação 43.

$$FC = \frac{E}{DP * 24 * D_{m\acute{a}x.}} \dots \dots \dots (43)$$

onde:

FC – Fator de carga mensal - adimensional;

E – Energia consumida média no mês em kWh;

D_{máx.} – Demanda de potência máxima no mês em kW;

DP - Número de dias do período de medição (mês).

Como o fator de carga varia de 1 (um) até 0 (zero) pode-se dizer que ele é um índice de desempenho energético operacional, no caso IDE05.

Tsutiya, (2006b), propõe na Tabela 3.4 uma classificação do fator de carga, conforme o valor obtido.

Tabela 3.4 - Classificação do fator de carga.

Fator de Carga	Classificação
0,00 - 0,35	Péssimo
0,35 - 0,55	Ruim
0,55 - 0,75	Regular
0,75 - 0,90	Bom
0,90 - 1,00	Ótimo

Fonte: Tsutiya, (2006b)

Para a determinação do IDE05 proposta na Equação 44, adota-se a maior demanda entre a do horário de ponta e fora de ponta, para a determinação do índice.

$$IDE05 = \frac{EAP + EAF}{DPM * 24 * DM} \dots \dots \dots (44)$$

onde:

DM – Demanda máxima entre a demanda ativa no horário fora de ponta – DAF- ou demanda ativa no horário de ponta - DAP.

3.1.6 Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF

Os índices de desempenho energético financeiros possuem uma proporcionalidade, independente do ano a ser analisado, portanto, mesmo que haja alteração nos custos das energias e demandas, desde que seja para todos os itens da conta de forma proporcional, não haverá distorção do gráfico, permitindo que o gestor possa comparar, por exemplo, o ano de 2015 com o ano de 2016, quer tenha havido reajustes ou não.

Esses índices, assim como os operacionais, são elaborados a partir das informações contidas nas contas das concessionárias relativas ao fornecimento de energia elétrica, para as tarifas verde e azul.

Para avaliar a eficiência energética das unidades de bombeamento de água, foram desenvolvidos os índices de desempenho energético financeiro – IDEF-, os quais permitem ao gestor avaliar as seguintes características das EEA:

- Relação do custo de energia ativa com o custo total das energias ativa e reativa;

- Relação do custo de energia fora do horário de ponta com o custo total das energias no horário fora da ponta e na ponta;
- Relação do custo da demanda no horário fora da ponta com a soma do custo da demanda no horário fora da ponta, mais a ultrapassagem da demanda contratada;
- Relação do custo da demanda no horário de ponta com a soma do custo da demanda no horário de ponta, mais a ultrapassagem da demanda contratada;
- Relação do custo das penalidades com os demais custos, sem considerar os impostos;

Os índices de desempenho energético financeiro – IDEF, bem como, operacional IDEO- são exclusivos para as tarifas verde e azul, sendo inviável para as tarifas convencionais, devido à falta de informação.

Na sequência, serão apresentados os seguintes índices de desempenho energético financeiro – IDEF:

- IDEF1 – Índice determinado a partir da relação entre o custo de energia ativa com a soma da energia ativa e reativa;
- IDEF2 – Índice determinado a partir da relação do custo de energia fora do horário de ponta com o custo total das energias no horário fora da ponta e na ponta;
- IDEF3F – Índice determinado a partir do custo da demanda no horário fora de ponta com a soma do custo da demanda no horário fora de ponta com o custo da demanda de ultrapassagem fora da ponta;
- IDEF3P – Índice determinado a partir do custo da demanda no horário de ponta com a soma do custo da demanda no horário de ponta, com o custo da demanda de ultrapassagem na ponta;
- IDEF6 – Índice determinado a partir do custo das penalidades com os demais custos, sem incluir os impostos.

3.1.6.1 Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF1 – custo relativo da energia ativa.

Assim como no índice IDEO1, esse índice diz respeito à relação da energia ativa com toda a energia consumida, incluindo a reativa, porém sob a análise dos

custos dessas energias. Para o fator de potência inferior a 0,92 há cobrança de penalidade pela concessionária devido a energia reativa. Nesses casos, o IDEF1 será 1,00, enquanto que o IDEO1 será um pouco menor que 1,00, ilustrando que há energia reativa. O objetivo desse índice é sensibilizar o gestor com os custos decorrentes dessa irregularidade, que é possível de ser corrigida.

IDEF1 - Relação entre o custo da energia ativa com o custo de energia ativa e reativa; esse índice é obtido através da Equação 45.

$$IDEF1 = \frac{CEAF + CEAP}{CEAF + CERF + CEAP + CERP} \dots\dots\dots(45)$$

Sempre que o IDEF1 for igual a 1,00, não estará havendo o pagamento pela energia reativa, o que é o desejável.

3.1.6.2 Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF2 – custo relativo da energia fora da ponta.

Considerando que o custo da energia consumida no horário de ponta é superior ao custo fora do horário de ponta, o índice IDEF2, que analisa a relação de custos de energia no horário fora de ponta e a soma do custo no horário de ponta e fora da ponta, apresenta diferença em relação ao IDEO2. Daí a importância de se analisar essa relação do ponto de vista monetário.

IDEF2 - Relação do custo de energia no horário fora de ponta, tanto ativa quanto reativa, com o consumo total de energia compreendendo no horário de ponta e fora do horário de ponta, tanto ativa quanto reativa. A Equação 46 ilustra essa relação.

$$IDEF2 = \frac{CEAF + CERF}{CEAF + CERF + CEAP + CERP} \dots\dots\dots(46)$$

Se o IDEF2 for igual a um, não está sendo usada a elevatória no horário de ponta, o que é desejável para os contratos de fornecimento de energia elétrica na tarifa verde e azul com a concessionária de energia elétrica. No sentido oposto, quanto menor for o índice IDEF2, mais está se usando a elevatória no período em que a

energia é mais cara, o que onera a empresa responsável pelo bombeamento e serve de alerta ao gestor para melhor planejar o recalque de água.

3.1.6.3 Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF3F – custo relativo da demanda de ultrapassagem no horário fora de ponta.

A ultrapassagem de até 5% da demanda contratada não é cobrada, porém acima desse percentual, é cobrado além da demanda medida, a ultrapassagem também, numa proporção maior como penalização. Devido a essas regras de tarifação, a análise sob a ótica operacional e financeira diferem.

IDEF3F - Relação do custo da demanda ativa fora do horário de ponta com o custo da demanda ativa mais o custo da demanda de ultrapassagem fora do horário de ponta ocorrida no período. A Equação 47 ilustra essa relação.

$$IDEF3F = \frac{CDAF}{CDAF + CDUF} \dots\dots\dots(47)$$

A diferença importante desse índice em relação ao IDEO3F é que, se houver ultrapassagem da demanda, o índice IDEF3F será menor, considerando que os custos com a demanda de ultrapassagem são relativamente maiores que o custo da demanda ativa.

3.1.6.4 Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF3P – custo relativo da demanda de ultrapassagem no horário de ponta.

Para a tarifa azul a demanda é medida tanto para o horário fora de ponta como para o horário de ponta, diferentemente da tarifa verde. Portanto, para a tarifa verde não existe o índice IDEF3P. Esse índice tem a mesma característica do IDEF3F.

IDEF3P - Relação do custo da demanda ativa no horário de ponta com o custo da demanda ativa mais o custo da demanda de ultrapassagem no horário de ponta ocorrida no período. A Equação 48 ilustra essa relação.

$$IDEF3P = \frac{CDAP}{CDAP + CDUP} \dots\dots\dots(48)$$

O índice IDEF3 foi fragmentado em dois, pois pode haver diferença entre as demandas contratadas fora do horário de ponta e no horário de ponta.

3.1.6.5 Índice de Desempenho Energético Financeiro – IDEF6 – custo relativo as penalidades.

Esse índice foi desenvolvido pensando em avaliar de maneira geral as penalidades financeiras impostas nas tarifas verde e azul. Essas penalidades são dos custos relativos a: energia reativa, demanda reativa e demanda de ultrapassagem, tanto no horário fora de ponta como no horário de ponta.

Com esse índice, é possível avaliar a proporção das penalidades financeiras aplicadas na cobrança do consumo de energia elétrica. Para IDEF6 igual a um, não está havendo penalidades com energia e demanda reativa nem ultrapassagem, o que é o ideal.

IDEF6 - Relação de todos os custos da energia consumida e demanda utilizada com todos os custos com energia e demanda, tanto no horário fora de ponta como no horário de ponta ocorrida no período. A Equação 49 ilustra essa relação.

$$IDEF6 = \frac{CEAF + CDAF + CEAP + CDAP}{CEAF + CERF + CDAF + CDRF + CDUF + CEAP + CERP + CDAP + CDRP + CDUP} \quad \dots(49)$$

O IDEF6 alerta o gestor para eventuais despesas na conta de fornecimento de energia elétrica, que poderiam ser suprimidas.

3.2 Histórico da determinação dos índices de desempenho energético.

Até a determinação dos índices de desempenho energético, conforme apresentados anteriormente, foram verificadas diversas alternativas, considerando a energia envolvida no sistema de bombeamento.

O desafio na elaboração dos índices foi criar um sistema de avaliação da eficiência energética, independente do porte da estação elevatória de água. À medida que surgiam as ideias relativas aos índices, os mesmos eram estudados considerando as configurações, conforme ilustrado na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Combinações de estações elevatórias de água considerando a vazão, desnível geométrico e extensão da adutora.

Caso	Vazão	Desnível	Extensão
1	Grande	Grande	Grande
2	Grande	Grande	Pequena
3	Grande	Pequeno	Grande
4	Grande	Pequeno	Pequena
5	Pequena	Grande	Grande
6	Pequena	Grande	Pequena
7	Pequena	Pequeno	Grande
8	Pequena	Pequeno	Pequena

A energia necessária para recalcar a água está relacionada com a vazão e a perda de carga, ou melhor, com a altura manométrica da bomba responsável pelo recalque.

Inicialmente pensou-se em classificar a eficiência energética, considerando diretamente a altura manométrica da bomba, porém, comparando, por exemplo, entre os casos 1 e 2 ilustrados na Tabela 3.5, onde se tem vazões e desníveis parecidos, com diferentes extensões de tubulação, a situação do caso 2, com adutora com menor extensão, seria mais favorável, pois haveria menor perda, considerando o comprimento da adutora, não traduzindo, pois, a realidade.

Outra situação seria a comparação entre duas elevatórias com vazão e extensão da tubulação parecidas, porém, com desníveis geométricos diferentes, como se pode observar entre os casos 1 e 3 da Tabela 3.5. Nesses dois casos, a altura manométrica seria muito diferente, dificultando o indicador para avaliar o desempenho energético da estação elevatória.

E, ainda, uma terceira situação envolveria estações elevatórias com desníveis e extensão da tubulação semelhantes, porém com vazões diferentes, como se pode observar entre os casos 1 e 5 da Tabela 3.5. Nesse caso, o diâmetro do tubo em relação à vazão seria fundamental na determinação do índice de desempenho energético.

A vazão, o desnível geométrico, assim como a extensão da tubulação são variáveis impostas nos projetos.

Diante do exposto, a busca pelo indicador deveria considerar a energia despendida para recalcar a água com a vazão, desnível e extensão necessários, sem que essas variáveis influenciassem diretamente no índice de desempenho energético.

Dividindo-se a perda de carga necessária na tubulação para realizar o escoamento pela extensão, determina-se a perda de carga unitária, que traduz a energia necessária para realizar o recalque da água por extensão do tubo. Dessa forma, o fato de a adutora ser mais extensa, não influencia na avaliação. E, considerando que a perda de carga não considera o desnível geométrico nos cálculos, tem-se que isso deixa de lado a influência dessa variável no índice.

Com relação à vazão, a perda de carga unitária será maior sempre que a tubulação estiver com diâmetros menores, situação em que é necessário despendar maior energia para realizar o bombeamento; com isso, a perda de carga unitária considera também a relação entre a vazão e a tubulação, demonstrando ser uma boa variável para avaliar a eficiência energética da tubulação.

Considerando o exposto, a perda de carga unitária acaba representando adequadamente a energia necessária para o recalque da água e, ainda, permite comparar elevatórias com diferentes configurações, conforme ilustrado na Tabela 3.5.

Os motores diferentes das tubulações apresentam diretamente um rendimento, portanto o desafio foi avaliar se o rendimento apresentado é bom ou não. Para essa avaliação, seria necessário um parâmetro. Numa primeira análise, a ideia foi considerar o motor com melhor rendimento no mercado, em relação ao rendimento ao motor em operação, mas, considerando que esse tipo de motor é de alta tecnologia, especial e oneroso, buscou-se algo mais comum, como a eficiência dos motores de alto rendimento, que são obrigatórios, conforme portaria interministerial nº 553, de 8 de dezembro de 2005.

As bombas hidráulicas, assim como os motores, também possuem um rendimento máximo, porém, no caso das bombas, esse rendimento varia, conforme o ponto de operação, considerando a vazão e altura manométrica.

No mercado, existem vários fabricantes de bombas, com diversas opções que permitem obter vários rendimentos. Diante desse universo de opções, qual seria

o parâmetro de eficiência para a bomba, sabendo-se que, dependendo do ponto de funcionamento, os rendimentos podem ser maiores ou menores?

Considerando que, em uma estação elevatória de água, a bomba já foi determinada na elaboração do projeto e que a análise da eficiência será baseada na bomba em operação, a ideia passou a ser a seguinte: como o rendimento da bomba está em relação ao seu máximo para o rotor em uso. Dessa forma, foi considerado o parâmetro para a máxima eficiência da bomba.

Para os índices de desempenho energético relativos às contas de energia elétrica, no início, ao manipular as informações, foram observadas divergências entre os resultados dos índices, quando a análise era sobre a energia, e de quando era sobre os custos, diante disso, foram elaborados os índices de natureza operacional e financeira. Essa diferença pode ser observada em algumas situações para os índices relativos à energia reativa, para o consumo de energia no horário de ponta e para as ultrapassagens das demandas fora do horário de ponta e na ponta.

O desafio na elaboração dos índices baseados nas contas de energia elétrica foi ilustrar de forma adimensional as grandezas analisadas, com o objetivo de despertar no gestor, numa análise breve, a sensação de que, proporcionalmente, as informações são favoráveis ou não.

Com todos esses índices, numa primeira análise, a intenção era construir um índice único que representasse a eficiência energética da estação elevatória de água, independente da configuração, de uma maneira geral, com apenas uma nota, assim como a PROCEL elabora a classificação da eficiência de um determinado eletrodoméstico. Entretanto, após o desenvolvimento do trabalho, foi observado que cada índice tem o seu grau de importância na avaliação e isso pode variar, conforme as configurações da unidade de recalque. Um exemplo disso é quando se faz uma comparação dos índices de duas EEA de diferente porte, onde o IDET para a linha de recalque mais extensa tem um maior peso no consumo específico (kWh/m^3) que uma elevatória com linha de recalque de menor extensão.

4. ESTUDOS DE CASOS

Para a aplicação e validação da metodologia proposta para a determinação dos índices de desempenho energético foram estudadas duas Estações Elevatórias de Água Bruta - EEAB, uma localizada no Rio Mogi Guaçu, na cidade de Araras, e outra no Ribeirão da Penha, na cidade de Itapira-SP. Na sequência, são descritas ambas as EEABs.

4.1 Estação Elevatória de Água Bruta - EEAB Rio Mogi Guaçu do SAEMA - Serviço de Água e Esgoto do Município de Araras-SP.

A cidade de Araras está situada no estado de São Paulo a uma distância de 172 Km da capital, possui uma população de 130.102 habitantes conforme estimativas para 2016 do IBGE, sendo que a empresa responsável pelo abastecimento de água e coleta de esgoto, SAEMA -Serviço de Água e Esgoto do Município de Araras-, possui 45.997 economias⁽⁵⁾ e trata por mês um volume médio de 1.469.592 m³, conforme informações da autarquia.

Os principais mananciais de água do município de Araras-SP, de onde são realizadas as captações superficiais, são os seguintes:

- EEAB Represa da Usina Santa Lúcia, composta pela represa Tambury, situada a montante, e pela represa da Usina Santa Lúcia, de onde é feita a captação;
- EEAB Represa Hermínio Ometto, composta pela represa João Ometto, situada a montante, e represa Hermínio Ometto, de onde é captada a água bruta;
- EEAB Rio Mogi Guaçu, de onde é feita a captação superficial diretamente do Rio Mogi Guaçu, que passa na divisa do município.

Para o estudo de caso dos índices de desempenho energético, foi escolhida a Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB Rio Mogi Guaçu, ilustrada na Figura 4.1, que representa um manancial estratégico para o abastecimento de água da cidade de Araras; inaugurada em novembro de 1982 e situada a 24 quilômetros da estação de tratamento de água - ETA. Apesar de não ser o principal manancial de água do município, mostrou-se de grande importância para Araras entre 2014 e 2015,

(5) – Pontos de ligação de água cadastrados, que podem ser de natureza residencial, comercial ou industrial.

quando houve um verão seco, com baixos índices pluviométricos na região, e os reservatórios ficaram com os níveis muito próximos do volume morto, impossibilitando a captação.

A autorização dada pelo SAEMA para manipulação dos dados e publicação dos mesmos, consta nos documentos ilustrados nas figuras 8.26 e 8.27 do Anexo D



Figura 4.1 - Foto EEAB – Rio Mogi Guaçu – Araras-SP.

Outro importante motivo da escolha dessa EEAB para estudo de caso foi pelo fato de ser a unidade consumidora de energia elétrica com maior consumo específico em relação às demais. Esse elevado consumo específico é devido à distância do manancial em relação à ETA. A Tabela 4.1 ilustra os volumes bombeados, consumo de energia elétrica, custos com energia, consumo específico e custo específico das principais unidades de captação de água bruta do SAEMA, no mês de outubro de 2016.

Vale lembrar que, o corpo técnico do SAEMA sempre esteve à disposição para o fornecimento de informações e nunca impôs restrições para realização do presente trabalho, pelo contrário, sempre colaboraram, inclusive com a instalação dos manômetros e manovacômetros, quando solicitada.

Tabela 4.1 – Consumo e custo específico de energia das captações do SAEMA.

SAEMA - Serviço de Água e Esgoto do Município de Araras-SP INDICADORES DE ENERGIA ELÉTRICA - ELEVATÓRIAS DE ÁGUA BRUTA CONSUMO E CUSTO ESPECÍFICOS						
EEAB	PERÍODO MEDIÇÃO	VOLUME BOMBEADO (m ³)	CONSUMO (kWh)	CUSTO TOTAL (R\$)	CONSUMO ESPECÍFICO (kWh/m ³)	CUSTO ESPECÍFICO (R\$/m ³)
MOGI	07/10/2016 08/11/2016	93.024	79.499	R\$ 41.590,09	0,85	0,45
HERMINIO OMETTO	04/10/2016 03/11/2016	1.056.024	275.532	R\$ 123.190,62	0,26	0,12
TAMBURY	04/10/2016 03/11/2016	320.544	64.242	R\$ 29.174,88	0,20	0,09
TOTAL		1.469.592	419.273	R\$ 193.955,59	0,29	0,13

A Captação de água do Rio Mogi Guaçu é feita em duas etapas de bombeamento: a primeira é realizada diretamente no Rio Mogi Guaçu, conforme ilustra a Figura 4.2, com três linhas de recalque, duas bombas anfíbias da marca Helibombas, que operam tanto dentro como fora da água, e outra submersível da marca Geremias, que trabalha exclusivamente submersa. A segunda etapa de bombeamento é da EEAB em direção à ETA. Os consumos de energia dessas bombas anfíbias e da submersível, da primeira etapa de bombeamento, assim como os das bombas da segunda etapa, estão contabilizados na mesma conta de energia elétrica da EEAB do Rio Mogi Guaçu.



Figura 4.2 – Três linhas de tubulação de captação de água bruta diretamente do Rio Mogi Guaçu.

Após a captação no Rio Mogi Guaçu, a água bruta é despejada em duas caixas de areia, conforme ilustrado nas Figuras 4.3 e 4.4 e, na sequência, após a sedimentação de parte da areia contida na água, é despejada no poço de sucção, conforme ilustrado na Figura 4.5.



Figura 4.3 – Foto das duas caixas de areia após a captação, vistas de fora.



Figura 4.4 – Foto das duas caixas de areia após a captação, vista de dentro



Figura 4.5 – Foto poço de sucção e casa de máquinas, vistos de fora.

A segunda e maior etapa de bombeamento da EEAB do Rio Mogi Guaçu é composta por dois conjuntos motobomba instalados com barriletes, que permitem operar individualmente, em paralelo, ou em série, dependendo da configuração das válvulas de gaveta. No local existe também o espaço para um terceiro conjunto que, atualmente, não está instalado. A especificação dos conjuntos está descrita na Tabela 4.2 e as Figuras 4.6 e 4.7 ilustram respectivamente os dois conjuntos motobomba existentes e o esquema das suas instalações na EEAB do Rio Mogi Guaçu.

Tabela 4.2 – Planilha com os conjuntos motobomba instalados na EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP.

Conjunto	1	2	3
Marca Bomba	Worthington Pumps	Fabricadora de Bombas	V A G O
Modelo Bomba	8LN-21	FBBP 8LN21E	
Rotor Bomba (mm)	500	500	
Marca Motor	Toshiba	Toshiba	V A G O
Modelo do Motor	MIKT	MIKT	
Série	A-7367	A-7367	
Potência Nominal (CV)	600	600	
Tensão (V)	2300	2300	
Rotação Motor (RPM)	1785	1785	

A Figura 8.29 ilustra as curvas da bomba FBBP 8LN21E do conjunto 2, que possui as mesmas curvas da bomba Worthington Pumps 8LN-21 do conjunto 1.



Figura 4.6 – Foto dos conjuntos motobomba 1 e 2 e barriletes da EEAB Rio Mogi Guaçu em Araras-SP.

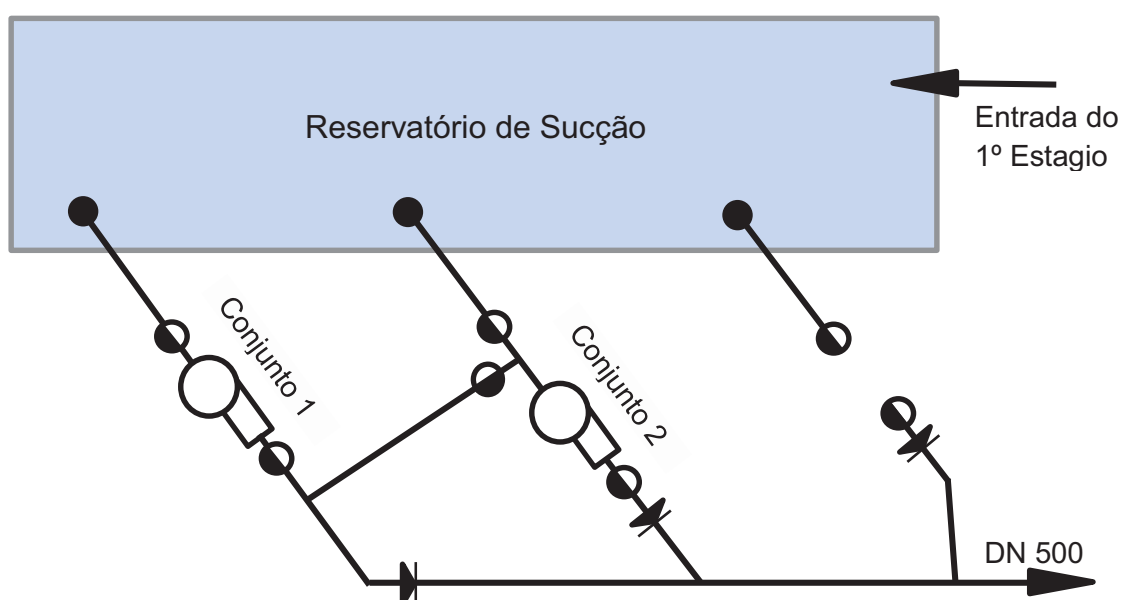


Figura 4.7 – Figura com o esquema dos conjuntos motobomba e linha de recalque da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP.

Para o transporte da água bruta captada no Rio Mogi Guaçu, existe uma adutora em ferro fundido com diâmetro nominal de 500 milímetros, conforme características técnicas ilustradas na Tabela 4.3, que conduz a água recalçada desde a EEAB até um reservatório de transição distante 18.280 metros, sendo que desse reservatório segue até a ETA, por gravidade, numa extensão de 5.720 metros, em tubos de mesmo material e diâmetro.

Tabela 4.3 – Planilha com os dados da linha de recalque da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP.

Tubulação	DN 500
Diâmetro Nominal (mm)	500
Extensão (m)	18.280
Desnível Geométrico Médio (m)	103,75
Material	Ferro Fundido
Classe	K-9
Junta	JGS
Tempo de Uso	34 Anos

Devido à grande extensão da linha de recalque que, conseqüentemente, gerou custos elevados para a execução da obra, o bombeamento foi projetado para ser realizado exclusivamente em uma linha de tubos de ferro fundido, cujo diâmetro comercial é DN 500 mm nas classes de pressão K-7 e K-9. Essa adutora foi projetada para recalcar com os dois conjuntos trabalhando em série, podendo atingir vazões superiores a 300 litros por segundo, conforme se verifica na placa de inauguração da EEAB ilustrada na Figura 4.8; porém, opera na maior parte do tempo com apenas um conjunto bombeando, com uma vazão de 170 a 190 litros por segundo, permitindo trabalhar com uma baixa perda de carga unitária.



Figura 4.8 – Foto da placa de inauguração da EEAB do Rio Mogi Guaçu em Araras-SP.

4.1.1 Ensaios e coleta de dados da EEAB Rio Mogi Guaçu em Araras-SP, para a determinação dos índices de desempenho energético.

Conforme mencionado anteriormente, as instalações da EEAB Rio Mogi Guaçu permitem bombear isoladamente em cada conjunto, em série e em paralelo. No caso dessa EEAB em específico, as bombas trabalhando em série recalcam uma maior vazão do que trabalhando em paralelo, porém devido aos altos custos de promover o bombeamento em série, isso somado ao fato de que há boa disponibilidade de água nas represas Hermínio Ometto e Tambury, não foi possível fazer o estudo de caso com os conjuntos operando em série, mas foram realizados os ensaios com os conjuntos 1 e 2.

Recentemente, o SAEMA adquiriu duas novas bombas e recuperou uma que estava em operação. No conjunto 1 foi instalado a bomba recuperada e no conjunto 2 foi instalada a bomba nova.

Pelo fato de estar operando apenas uma bomba por vez, devido à agenda de manutenção do SAEMA, esses conjuntos operaram em diferentes períodos. Os dados coletados para o estudo de caso do conjunto 1 foi coletado no dia 07 de

novembro de 2016, das 10h00 às 10h30 e para o conjunto 2 foram coletados no dia 30 de novembro de 2016, das 15h00 às 15h30.

No dia da coleta de dados do conjunto 1, foram observados ruído e vibração na carcaça da bomba, sinais característicos de cavitação.

Para a realização dos ensaios foram gentilmente instalados pelo SAEMA dois novos manômetros e manovacuômetros nos conjuntos 1 e 2; na ETA já existia o medidor de vazão ultrassônico e na EEAB Mogi Guaçu já existia o aparelho de monitoramento da energia elétrica, com os quais foi possível realizar os estudos de caso, bem como avaliar os índices de desempenho energético dos conjuntos.

4.1.1.1 Determinação da carga manométrica da sucção e do recalque das bombas da EEAB Mogi Guaçu.

Para a leitura da carga manométrica na sucção foi utilizado manovacuômetro da marca Zurich, com capacidade para medir de 1 a -1 bars, o equivalente a 10 a -10 metros coluna de água, conforme ilustrado na Figura 4.9.



Figura 4.9 – Foto do manovacuômetro Zurich, efetuando a leitura da carga manométrica de sucção no conjunto 1 da EEAB Mogi Guaçu.

Na leitura da carga manométrica da sucção do conjunto 1, o manovacuômetro apresentava certa instabilidade e oscilava bastante, talvez por estar cavitando. Como se pode observar na Figura 4.9; apesar da oscilação, o valor lido na carga de sucção foi de 0,20 metros de coluna d'água. Na leitura da carga manométrica de sucção do conjunto 2, o manovacuômetro se mostrou mais estável e registrou uma carga de 0,80 metros de coluna d'água, pelo fato de o reservatório de sucção estar mais cheio em relação ao dia do ensaio com o conjunto 1.

Para a leitura da carga manométrica no recalque, também foi utilizado manômetro da marca Zurich, com capacidade para medir de 0 a 25 kgf/cm², o correspondente a: 0 a 250 metros coluna de água, conforme ilustrado na Figura 4.10



Figura 4.10 – Foto do manômetro Zurich efetuando a leitura da carga manométrica de recalque no conjunto 1 da EEAB Mogi Guaçu.

Com o auxílio do manômetro situado a jusante da bomba, foi possível obter a carga manométrica de recalque dos conjuntos 1 e 2, com valores respectivamente de 133,00 mca e 140,00 mca.

Apesar das bombas estarem instaladas no mesmo nível, essa diferença da altura manométrica, pode ser devido a variação do nível de água no poço de sucção, as perdas de carga localizadas nas válvulas de retenção e também devido a vazão que esta sendo recalçada.

4.1.1.2 Determinação da vazão dos conjuntos motobomba da EEAB Rio Mogi Guaçu.

A água bombeada do Rio Mogi Guaçu é despejada em um canal na ETA que, em seguida, passa por uma calha Parshall, conforme ilustrado nas Figuras 4.11 e 4.12, equipada com medidor de nível de água ultrassônico e medidor de vazão digital, conforme ilustrado na Figura 4.13.



Figura 4.11 – Foto do despejo de água bruta do Rio Mogi Guaçu e da Represa Hermínio Ometto no canal de entrada da ETA do SAEMA.



Figura 4.12 – Foto da calha Parshall e medidor ultrassônico de nível da água instalado próximo à calha Parshall da ETA do SAEMA.



Figura 4.13 – Foto do medidor de vazão de entrada de água bruta na ETA do SAEMA.

Os operadores e químicos responsáveis pelo tratamento da água na ETA controlam a vazão de entrada, através do medidor de vazão instalado no laboratório e, nos ensaios para os conjuntos 1 e 2, foram medidas, respectivamente, as vazões de 171 e 190 litros por segundo.

4.1.1.3 Determinação da potência ativa e fator de potência dos conjuntos motobomba em funcionamento na EEAB Rio Mogi Guaçu.

Na EEAB Rio Mogi Guaçu, não há como determinar os dados relativos à potência ativa e fator de potência, através das contas de energia elétrica, pois, conforme foi mencionado anteriormente, a EEAB Rio Mogi Guaçu possui dois estágios de bombeamento, portanto, a energia consumida é relativa aos dois estágios e não há como desagregar os consumos.

Há alguns anos atrás, a EEAB Rio Mogi Guaçu do SAEMA possuía um sistema de telemedida e telecomando, que permitia a operação do sistema a distância; com o passar do tempo, esses sistemas foram desativados para contenção de custos, porém os medidores de energia elétrica permaneceram monitorando o consumo, aparelhos que possibilitam aferir a tensão entre as fases, a amperagem de cada fase e o fator de potência, possibilitando a determinação da potência aparente, ativa e reativa. A Figura 4.14 ilustra a foto do medidor de energia dos conjuntos elevatórios da EEAB Rio Mogi Guaçu.

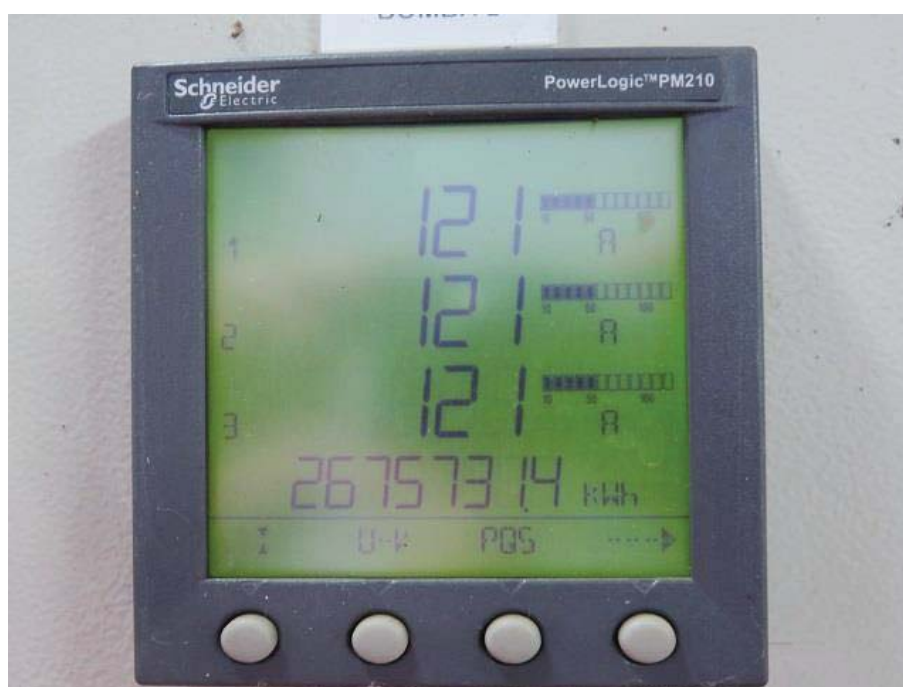


Figura 4.14 – Foto do medidor de energia elétrica dos conjuntos motobomba do segundo estágio de bombeamento da EEAB Rio Mogi Guaçu.

A Tabela 4.4 ilustra as informações observadas e calculadas no medidor de energia elétrica do conjunto 1, e a Tabela 4.5 do conjunto 2.

Como o aparelho mede a diferença de tensão entre duas fases, num sistema trifásico, é necessário determinar a tensão de fase-terra, dividindo-se a tensão fase-fase lida, pela raiz quadrada de três. Com as correntes de cada fase multiplicadas pela tensão fase-terra, determina-se a potência aparente de cada fase. Somando-se as potências aparentes das fases, fasorialmente determina-se a potência aparente total. Com o fator de potência obtido pelo medidor digital de energia, é possível calcular a potência ativa, a potência reativa e o ângulo de fase φ .

Tabela 4.4 – Planilha com as informações observadas e calculadas, relativas ao conjunto 1 da EEAB Mogi Guaçu.

EEAB Mogi Guaçu - Conjunto 1 - 07/11/2016			
Tensão - Volts			
Fase 1-2	Fase 2-3	Fase 3-1	Obs.
2.416	2.376	2.428	Medido
1.395	1.372	1.402	Fase-Terra
Corrente - Amperes			
Fase 1	Fase 2	Fase 3	
118	118	118	Medido
Potência Aparente - kVA			
Fase 1	Fase 2	Fase 3	
165	162	165	Calculado
Pot. Aparente kVA		492	Calculado
Fator de Potência		0,92	Medido
Pot. Ativa kW		450,07	Calculado
Angulo φ		23,79	Graus
Pot. Reativa kVAr		198	Calculado

Tabela 4.5 – Planilha com as informações observadas e calculadas, relativas ao conjunto 2 da EEAB Mogi Guaçu.

EEAB Mogi Guaçu - Conjunto 2 - 30/11/2016			
Tensão - Volts			
Fase 1-2	Fase 2-3	Fase 3-1	Obs.
2.359	2.402	2.409	Medido
1.362	1.387	1.391	Fase-Terra
Corrente - Amperes			
Fase 1	Fase 2	Fase 3	
121	121	121	Medido
Potência Aparente - kVA			
Fase 1	Fase 2	Fase 3	
165	168	168	Calculado
Pot. Aparente kVA		501	Calculado
Fator de Potência		0,87	Medido
Pot. Ativa kW		436,28	Calculado
Angulo φ		29,42	Graus
Pot. Reativa kVAr		246	Calculado

4.1.1.4 Determinação dos dados para o cálculo dos índices de desempenho energético operacional e financeiro da EEAB Rio Mogi Guaçu.

O contrato de fornecimento de energia elétrica para EEAB Rio Mogi Guaçu é a modalidade tarifa verde, portanto, todas as informações necessárias para a determinação dos índices operacionais e financeiros da EEAB foram obtidas das contas de energia elétrica. A Figura 4.15 ilustra uma conta da EEAB Rio Mogi Guaçu relativa ao mês de dezembro de 2016.

As contas de onde foram extraídos os dados da EEAB Mogi Guaçu para a elaboração dos índices, constam nas figuras 8.2 a 8.13 no Anexo B.



ELEKTRO
Eletricidade e Serviços S.A.

Rua Ary Antenor de Souza, 321 - 13053-024
 Campinas - SP - CNPJ 02.328.280/0001-97
 Insc. Est. 244.868.522.118
 Av. Baldomero Lefegre, 2032 - 79610-270 - Três Lagoas - MS
 CNPJ 02.328.280/0002-78 - Insc. Est. 28.304.126-9
www.elektro.com.br

Seu Código
18445799

SERVICO DE AGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO MUNICIPIO DE ARARAS
 BL SANTANA, - E E A B 02 MOGI GUACU - RURAL
 ARARAS - SP - CEP 13600-000
 CNPJ - 44699908000100 - IE: 182157503118
 Classificação: SERVIÇO PÚBLICO / HORÁRIA VERDE / TRIFÁSICO

Leitura Anterior: 08/11/2016 Data de Emissão: 08/12/2016
 Leitura Atual: 08/12/2016 Data de Apresentação: 08/12/2016
 Dias do Período: 30 Próxima Leitura: 06/01/2017
 Próximo Vencimento: 08/02/2017

Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica	Controle Nº	Conta do Mês	Vencimento	Valor da Conta (R\$)
888343	FAT-01-20163260002896.53	Dezembro/2016	08/01/2017	R\$62.106,44

Tensão Contratada (kV)	Limites Adequados de Tensão (kV)	Registrador	Demanda Contratada (kW)	Perdas Transformação
13.8	12.834 a 14.49	RM0530315	1080	0,00%

DÉBITOS ANTERIORES

Discriminação da Operação	Qtde.	Preço Médio	Valor
Energia Elétrica	133.420,17	0,465495	62.106,44
Total			62.106,44

Consumo Detalhado	Leit. Ant.	Leit. Atual	Constante	Registrador	Cens. Residual	Prestado	Tarifa (TE)	Valor TE (R\$)	Tarifa (TU)	Valor TU (R\$)	Total (TE+TU) R\$
CONSUMO PONTA kWh	8109	9215	0,216	238,89	0,00	238,89	0,286705	68,49	0,747235	178,50	246,99
CONSUMO FORA PONTA kWh	42991,5	49157,3	21,600	133181,28	0,00	133181,28	0,192814	25.679,21	0,044617	5.942,08	31.621,29
ENERGIA REAT EXC P kWh	16476	19321	0,216	614,52	0,00	614,52	0,236040	145,05			145,05
ENERGIA REAT EXC FP kWh	2745,1	3231,47	21,600	10505,59	0,00	10505,59	0,236040	2.479,73			2.479,73
DEMANDA FORA PONTA kW	5940	6581	0,864	553,82	0,00	1080,00			9,673000	10.446,84	10.446,84
COMP. TRIB. DESC. TARIF											1.299,65
CONSUMO kWh	43072,51	49249,87	21,600	133420,17	0,00						0,00
DEMANDA PONTA kW	798	804	0,864	5,18	0,00						0,00
ENERGIA REAT EXC kWh	2909,21	3424,03	21,600	11120,11	0,00						0,00
DEMANDA REAT EXC P kW	1590	1675	0,216	18,36	0,00						0,00
DEMANDA REAT EXC FP kW	23647	26253	0,216	562,89	0,00						0,00
AD. B. AMAR. kWh						133420,17	0,011593	1.546,71			1.546,71
Subtotal											47.786,26

Informações Gerais

Band. Tarif. Amarela: 09/11-30/11 Verde: 01/12-08/12
 DESCONTO SOBRE TARIFA: R\$ 5.920,66
 APOS VENCIMENTO, CORRECAO MONETARIA MAIS JUROS LEGAIS NA PROXIMA FATUR.
 Conta em dia e benefício para voce! Evite transtornos com protesto, negativacao e corte de energia.

Tributos	Alíquotas	Base Cálculo	Valor (R\$)
ICMS	18,00%	62.106,44	11.179,11
COFINS	4,27%	60.521,51	2.584,27
PIS	0,92%	60.521,51	556,80
Subtotal			14.320,18

Outros Lançamentos

Subtotal	0,00
-----------------	-------------

Figura 4.15 – Conta de energia elétrica da EEAB Rio Mogi Guaçu, referente ao mês de dezembro de 2016

4.2 Estação Elevatória de Água Bruta do Ribeirão da Penha, do SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgotos – Itapira-SP.

A cidade paulista de Itapira, distante 170 Km da capital, possui uma população de 73.410 habitantes, conforme estimativas para 2016 do IBGE, onde a empresa responsável pelo abastecimento de água e coleta de esgoto, SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgotos possui 25.975 economias e trata por mês um volume médio de água de 570.864 m³, conforme informações da autarquia.

Para o estudo de caso dos índices de desempenho energético, foi escolhida a Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB Ribeirão da Penha, principal manancial de água do município de Itapira-SP, cuja captação superficial é responsável por quase a totalidade do volume de água distribuída no município; a Figura 4.16 ilustra o local de captação de água bruta no Ribeirão da Penha, para o abastecimento da cidade de Itapira-SP e a Figura 4.17 ilustra os tubos de sucção na caixa de captação de água.

A autorização dada pelo SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgotos de Itapira-SP para manipulação dos dados e publicação dos mesmos, consta nos documentos ilustrados na figura 8.28 do Anexo E



Figura 4.16 – Foto do Ribeirão da Penha em Itapira-SP, local da captação de água bruta do SAAE Itapira.



Figura 4.17 – Foto das tubulações de sucção de água, instaladas na caixa de captação de água da EEAB Ribeirão da Penha em Itapira-SP.

A escolha dessa EEAB foi devido à facilidade da tratativa e da obtenção de dados com o corpo técnico do SAAE Itapira, bem como pelo fato de a elevatória ter sido contemplada com um diagnóstico hidroenergético realizado pela Rede LEHNS – Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da equipe de consultoria da Eletrobrás e da Universidade Federal de Itajubá –UNIFEI–, através do programa PROCEL SANEAR, para modernização do sistema de bombeamento e melhoria da eficiência energética da EEAB Ribeirão da Penha, ilustrada na Figura 4.18.



Figura 4.18 - Foto da fachada da EEAB Ribeirão da Penha - Itapira-SP.

Para o recalque de água bruta, a EEAB Ribeirão da Penha possui 4 conjuntos motobomba conforme descrito na Tabela 4.6, e duas adutoras que seguem até a Estação de Tratamento de Água - ETA, conforme descrito na Tabela 4.7.

Tabela 4.6 – Planilha com os conjuntos motobomba instalados na EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP.

Conjunto	A	B	C	D
Marca Bomba	KSB	KSB	KSB	IMBIL
Modelo Bomba	ETA 150-50	ETA 150-50	ETA 150-50	ITAP 200-400
Rotor Bomba (mm)	410	410	410	385
Marca Motor	WEG	WEG	WEG	WEG
Carcaça do Motor	315 S/M	315 S/M	315 S/M	315 S/M
Modelo do Motor	Alto Rend.	Alto Rend.	Alto Rend.	Alto Rend.
Potência Nominal (CV)	175	175	175	250
Rotação Motor (RPM)	1785	1785	1785	1785

A Figura 8.30 ilustra as curvas da bomba KSB ETA 150-50, que equipam os conjuntos A, B e C, e as Figuras 8.31 e 8.32 são relativas as curvas da bomba IMBIL ITAP 200-400, que equipa o conjunto D.

Tabela 4.7 – Planilha com os dados das linhas de recalque da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP.

Tubulações	DN 250	DN 400
Diâmetro Nominal (mm)	250	400
Extensão (m)	440,00	420,00
Desnível Geométrico (m)	59,37	59,37
Material	Ferro Fundido	Ferro Fundido
Classe	K-7	K-7
Junta	JGS	JGS
Tempo de Uso	50 Anos	30 Anos

As informações relativas à extensão das adutoras e desnível geométrico foram obtidas no Diagnóstico Hidroenergético SAAE Itapira – Produto IV, realizado pela Rede LEHNS – Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da equipe de consultoria da Eletrobrás e da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.

As tubulações de DN 250 mm e DN 400 mm estão interligadas próximo à saída da EEAB, por um tubo com DN 250 mm, conforme ilustrado na Figura 4.19.

Os conjuntos motobomba A, B e C ilustrados na Figura 4.20, recalcam diretamente na adutora com DN 400 mm, enquanto que o conjunto motobomba D, ilustrado nas Figuras 4.20 e 4.21, recalca a água bruta diretamente na adutora DN 250 mm, conforme ilustrado na Figura 4.22. O conjunto D foi repotencializado e, por esse motivo, os operadores da EEAB evitam recalcar água exclusivamente pela adutora com DN 250 mm.

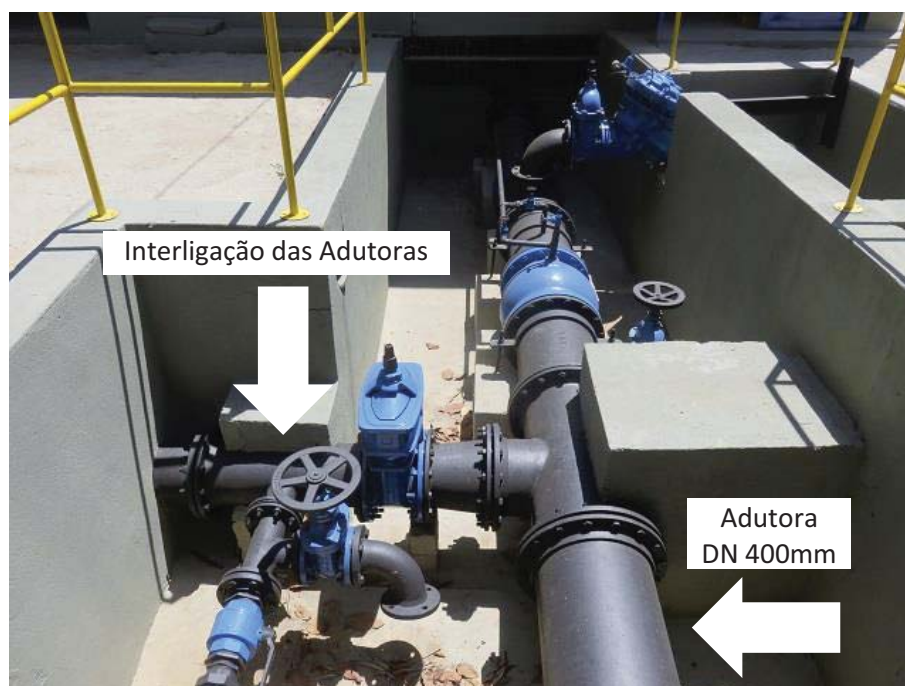


Figura 4.19 – Foto com a tubulação de saída da EEAB Ribeirão da Penha e interligação com tubo DN 250 mm.



Figura 4.20 – Foto dos conjuntos motobomba A, B, C e D da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP.



Figura 4.21 – Foto do conjunto motobomba D da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP.

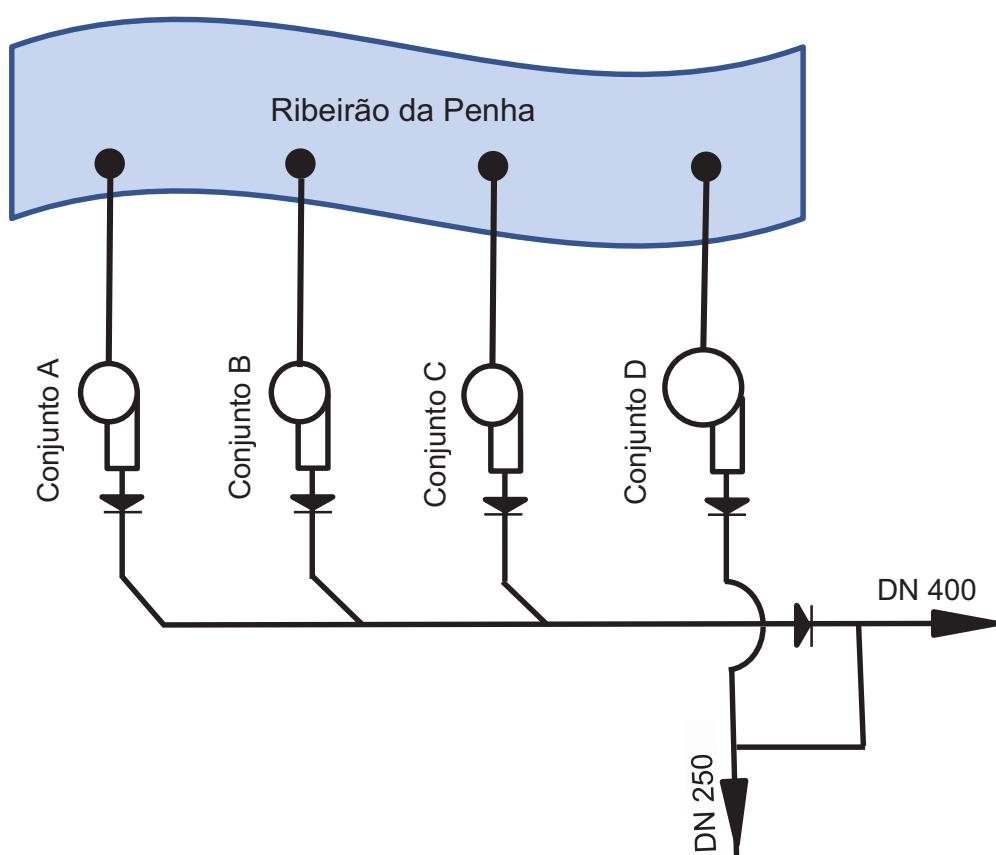


Figura 4.22 – Figura com o esquema dos conjuntos motobomba e linhas de recalque da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP.

O conjunto motobomba A possui um inversor de frequência, porém trabalha na maior parte do tempo com a rotação nominal do motor. Com relação às instalações elétricas, foram projetadas para que seja possível operar com no máximo três conjuntos em paralelo, deixando sempre a quarta bomba como reserva.

4.2.1 Ensaios e coleta de dados da EEAB Ribeirão da Penha em Itapira-SP, para a determinação dos índices de desempenho energético.

Como a EEAB Ribeirão da Penha possui quatro conjuntos motobomba (dos quais três podem operar em paralelo) e duas adutoras, foi possível fazer oito ensaios de bombeamento com as configurações ilustradas na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Planilha com as oito configurações de operação ensaiadas da EEAB Ribeirão da Penha.

Ensaio	Conjuntos Motobomba				Adutoras	
	A	B	C	D	250	400
T0						
T1						
T2						
T3						
T4						
T5						
T6						
T7						

Todos os ensaios foram realizados no dia 29 de setembro de 2016, no período das 8h45 às 15h30.

Para a realização dos ensaios, havia alguns problemas e restrições, como:

- Defeito nos medidores de pressão de sucção e recalque do conjunto C;
- Receio dos operadores da EEAB Ribeirão da Penha de bombear com o conjunto D exclusivamente na adutora de 250 milímetros;
- Rápida redução dos níveis dos reservatórios do sistema.

Diante dessas dificuldades encontradas não foi possível realizar todos os ensaios desejados, porém os que foram realizados atingiram seus objetivos.

Os ensaios T0 e T7 realizaram-se conforme o costume dos operadores da ETA, os demais tiveram lugar para determinar os índices de desempenho energético dos conjuntos trabalhando isoladamente com uma e duas adutoras, e dos conjuntos trabalhando em paralelo com uma e duas adutoras também.

Considerando que a ideia principal desse trabalho foi o desenvolvimento de uma metodologia para a determinação de índices de desempenho energético de estações elevatórias de água, de forma que a coleta dos dados fosse fácil e de preferência dispensasse a instalação de equipamentos sofisticados nos equipamentos e tubos, para que o desempenho energético pudesse ser monitorado, a EEAB Ribeirão da Penha, com o auxílio da distribuidora de energia elétrica, a CPFL, atingiram esse objetivo da metodologia.

4.2.1.1 Determinação da carga manométrica na sucção e no recalque das bombas da EEAB Ribeirão da Penha.

O equipamento adequado para a determinação da carga manométrica de sucção é o manovacuômetro, que fica instalado imediatamente a montante da carcaça da bomba, conforme ilustrado na Figura 4.23, e o equipamento responsável pela medição da carga manométrica é o manômetro, que fica instalado a jusante da carcaça da bomba, conforme ilustrado na Figura 4.24.

Esses manômetros e manovacuômetros instalados nos quatro conjuntos motobomba da EEAB Ribeirão da Penha, permitem medir facilmente as cargas de sucção e recalque dos conjuntos, através de um sistema de monitoramento remoto, instalado na Estação de Tratamento de Água - ETA, conforme ilustrado na Figura 4.25. Com o telecomando, é possível obter as seguintes informações a distância:

- Carga manométrica na sucção;
- Carga manométrica no recalque;
- Corrente nos motores;
- Níveis dos reservatórios de distribuição.



Figura 4.23 – Foto do medidor da carga manométrica de sucção dos conjuntos motobomba da EEAB Ribeirão da Penha.



Figura 4.24 – Foto do medidor da carga manométrica de recalque dos conjuntos motobomba da EEAB Ribeirão da Penha.

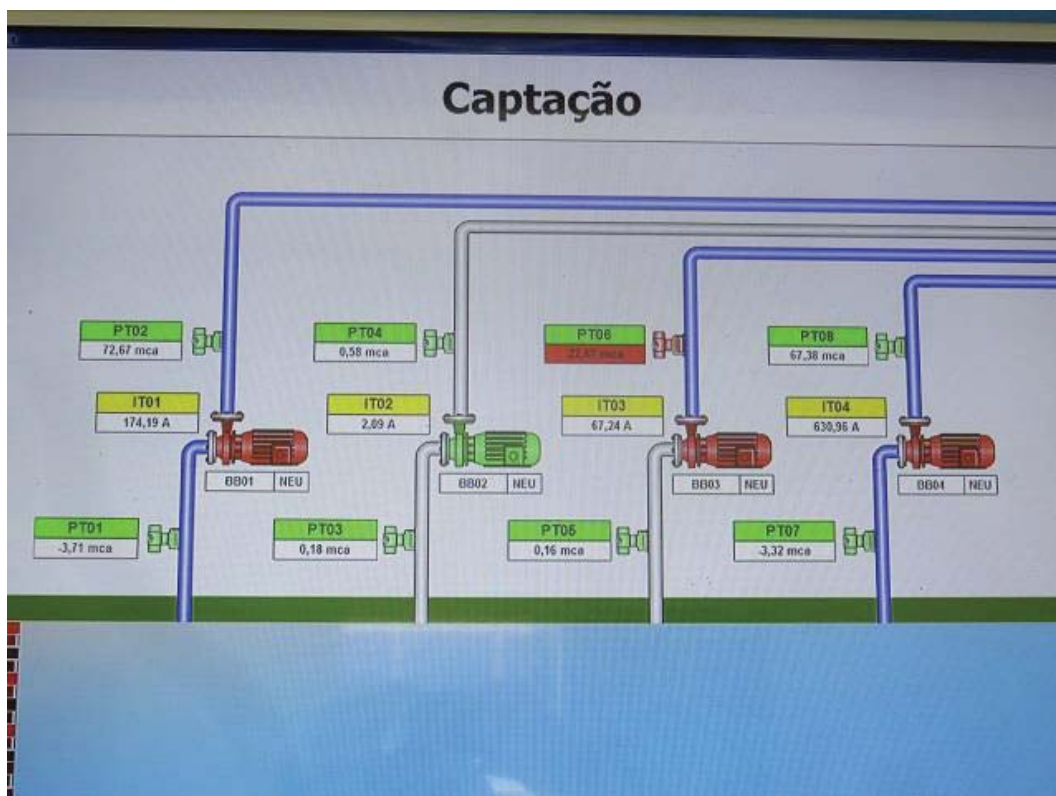


Figura 4.25 – Foto da tela do monitoramento remoto dos conjuntos motobomba da EEAB Ribeirão da Penha.

Na Figura 4.25, estavam em operação os conjuntos em vermelho, ou seja, os conjuntos A, C e D. Conforme pode-se observar, as cargas manométricas na sucção e no recalque dos conjuntos A e D estão coerentes, enquanto que o conjunto C apresentou problemas operacionais no momento de realização das medições.

Para o ensaio T0, são três conjuntos trabalhando em paralelo e foram feitas duas medições de carga na sucção, no recalque e na vazão. Para cada conjunto foram obtidas diferentes cargas, que podem estar ocorrendo devido a maior ou menor resistência oferecida pelas válvulas de retenção ou singularidades a jusante dos conjuntos, ou até mesmo pela imprecisão dos manômetros. Isso ocorreu em todos os ensaios realizados e, para minimizar o problema e considerar valores próximos à realidade adotou-se a média das cargas. A Tabela 4.9 ilustra as medidas realizadas, bem como as médias. As células em destaque ilustram os valores medidos, porém com clara imprecisão, tanto que não entraram na composição da média.

Tabela 4.9 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T0 na EEAB Ribeirão da Penha.

TESTE	DATA	INICIO	FINAL	ADUTORAS	CONJ.		
T0	29/09/2016	08:45	09:59	250 + 400	B//C//D		
Horário Medição	08:45	08:45	08:45	09:45	09:45	09:45	
Conjunto	Conj. B	Conj. C	Conj. D	Conj. B	Conj. C	Conj. D	Média
Hms (mca)	- 3,36	- 0,05	- 3,30	- 3,33	- 0,04	- 3,33	- 3,33
Hmr (mca)	72,58	22,67	67,54	72,54	22,67	66,91	69,89
Vazão (l/s)	359,00			361,51			360,26

Para o ensaio T1, é apenas um conjunto trabalhando isoladamente, em cujo processo foram feitas três medições. A Tabela 4.10 ilustra as medidas realizadas, bem como as médias.

Tabela 4.10 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T1 na EEAB Ribeirão da Penha.

TESTE	DATA	INICIO	FINAL	ADUTORA	CONJ.
T1	29/09/2016	09:59	10:44	400	B
Horário de Medição	10:10	10:31	10:37		
Conjunto	Conj. B	Conj. B	Conj. B		Média
Hms (mca)	- 3,93	- 3,93	- 3,93		3,93
Hmr (mca)	62,71	62,63	62,63		62,63
Vazão (l/s)	130,87	130,00	131,70		130,85

Para o ensaio T2, são dois conjuntos trabalhando em paralelo, em que foram realizadas três medidas. A Tabela 4.11 ilustra as medidas realizadas, bem como as médias.

Tabela 4.11– Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T2 na EEAB Ribeirão da Penha.

TESTE	DATA	INICIO	FINAL	ADUTORA	CONJ.		
T2	29/09/2016	10:45	11:28	400	A//B		
Horário de Medição	10:50	10:50	11:00	11:00	11:15	11:15	
Conjunto	Conj. A	Conj. B	Conj. A	Conj. B	Conj. A	Conj. B	Média
Hms (mca)	-12,02	-3,69	-12,10	-3,68	-12,11	-3,68	-3,68
Hmr (mca)	69,96	69,33	69,96	69,33	69,88	69,33	69,63
Vazão (l/s)	229,70		228,74		230,20		229,55

Para o ensaio T3, com apenas um conjunto trabalhando isoladamente, quando foram feitas três medidas. A Tabela 4.12 ilustra as medidas realizadas, bem como as médias.

Tabela 4.12 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T3 na EEAB Ribeirão da Penha.

TESTE	DATA	INICIO	FINAL	ADUTORA	CONJ.
T3	29/09/2016	11:28	12:12	400	A
Horário de Medição	11:48	11:56	12:04		
Conjunto	Conj. A	Conj. A	Conj. A	Média	
Hms (mca)	- 4,65	- 4,64	- 4,65	4,65	
Hmr (mca)	63,75	63,67	63,75	63,72	
Vazão (l/s)	133,47	133,37	134,22	133,69	

Para o ensaio T4, são dois conjuntos trabalhando em paralelo, com a realização de três medidas. A Tabela 4.13 ilustra as medidas realizadas, bem como as médias.

Tabela 4.13 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T4 na EEAB Ribeirão da Penha.

TESTE	DATA		INICIO	FINAL	ADUTORAS	CONJ.	
T4	29/09/2016		12:23	13:31	250 + 400	A//B	
Horário de Medição	13:08	13:08	13:18	13:18	13:25	13:25	
Conjunto	Conj. A	Conj. B	Conj. A	Conj. B	Conj. A	Conj. B	Média
Hms (mca)	-4,20	-3,73	-4,20	-3,73	-4,20	-3,73	-3,97
Hmr (mca)	69,58	68,71	69,58	68,71	69,63	68,71	69,15
Vazão (l/s)	241,23		241,80		242,02		241,68

Para o ensaio T5, são três conjuntos trabalhando em paralelo, e foram feitas três medidas. Como o conjunto C estava com falhas na medição da carga de sucção e recalque, essas informações estão em destaque na Tabela 4.14, que ilustra as medidas realizadas, bem como as médias.

Tabela 4.14 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T5 na EEAB Ribeirão da Penha.

TESTE	DATA		INICIO	FINAL	ADUTORAS		CONJ.			
T5	29/09/2016		13:31	14:10	250 + 400		A//B//C			
Horário	13:41	13:41	13:41	14:00	14:00	14:00	14:10	14:10	14:10	
Conjunto	Conj. A	Conj. B	Conj. C	Conj. A	Conj. B	Conj. C	Conj. A	Conj. B	Conj. C	Média
Hms (mca)	-3,53	-3,28	-0,08	-3,54	-3,28		-3,53	-3,28	-0,09	-3,41
Hmr (mca)	73,58	73,17	22,67	73,63	73,21	22,67	73,58	73,13	-22,67	73,38
Vazão (l/s)	295,00				295,70		295,94		295,55	

Para o ensaio T6, com apenas um conjunto trabalhando isoladamente, excepcionalmente foram feitas quatro medidas, pois às 15h00 conforme é de costume no SAAE de Itapira-SP, o caminhão pipa iniciou o abastecimento, retirando água da linha de recalque, alterando as cargas manométricas de sucção e recalque, bem como a vazão; após o abastecimento os dados ficaram conforme apresentado antes do evento. Portanto os dados obtidos as 15:00hs em destaque na Tabela 4.15, não foram considerados na determinação das médias

Tabela 4.15 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T6 na EEAB Ribeirão da Penha.

TESTE	DATA	INICIO	FINAL	ADUTORA	CONJ.
T6	29/09/2016	14:20	15:05	250 + 400	D
Horário de Medição	14:24	14:42	15:00	15:04	
Conjunto	Conj. D	Conj. D	Conj. D	Conj. D	Média
Hms (mca)	-3,59	-3,59	-3,63	-3,59	-3,59
Hmr (mca)	62,04	62,04	61,58	62,04	62,04
Vazão (l/s)	193,86	195,26	175,45	195,12	194,75

Para o ensaio T7, são três conjuntos trabalhando em paralelo, quando foram feitas três medidas. Como o conjunto C estava com limitações na medição da carga de sucção e recalque, essas informações estão em destaque na Tabela 4.16, que ilustra as medidas realizadas, bem como as médias. Devido ao erro na medição das cargas na sucção e no recalque do conjunto C, esses valores não entraram na média, porém, a vazão como estava coerente, entrou na composição da média.

Tabela 4.16 – Planilha com os dados de carga e vazão coletados para o ensaio T7 na EEAB Ribeirão da Penha.

TESTE	DATA		INICIO	FINAL	ADUTORAS		CONJ.			
T7	29/09/2016		15:05	15:35	250 + 400		A//C//D			
Horário	15:11	15:11	15:11	15:30	15:30	15:30	15:35	15:35	15:35	
Conjunto	Conj. A	Conj. C	Conj. D	Conj. A	Conj. C	Conj. D	Conj. A	Conj. C	Conj. D	Média
Hms (mca)	-3,71	-0,16	-3,32	-3,73	-0,05	-3,33	-3,71	-0,16	-3,32	-3,52
Hmr (mca)	72,67	22,67	67,38	72,67	22,67	67,29	72,67	22,67	67,38	70,01
Vazão (l/s)	360,07			360,07			358,69			359,61

4.2.1.2 Determinação da vazão dos conjuntos motobomba da EEAB Ribeirão da Penha.

A água bombeada do Ribeirão da Penha é despejada em um reservatório para redução da turbulência da água que, em seguida, passa por um canal e uma calha Parshall, equipada com sensor de nível ultrassônico, conforme ilustrado na Figura 4.26, e medidor digital para registro da vazão e volume acumulado, conforme ilustrado nas Figuras 4.27 e 4.28.



Figura 4.26– Foto da calha Parshall e sensor de nível de água ultrassônico, instalado na ETA do SAAE de Itapira-SP.



Figura 4.27 – Foto do medidor de vazão ultrassônico instalado na ETA do SAAE de Itapira-SP, para o registro da vazão e volume acumulado de entrada.



Figura 4.28 – Foto da identificação do medidor de vazão ultrassônico instalado na ETA do SAAE de Itapira-SP.

Esse painel do medidor de vazão fica instalado próximo à sala de telecomando, onde é possível verificar as cargas manométricas de sucção e recalque, bem como os níveis dos reservatórios e amperagem das bombas. O medidor

ultrassônico de vazão ITS 2000 registra a vazão instantânea e o volume acumulado de entrada de água na ETA. A vazão utilizada para os cálculos dos índices de desempenho energético é registrada a partir dos valores lidos no medidor.

Devido à instabilidade do nível de água na calha Parshall, o medidor de vazão apresenta uma pequena variação. Considerando essa oscilação, foram feitas duas leituras ou mais para cada ensaio e foi determinada a média aritmética das vazões lidas. Essas vazões estão ilustradas nas Tabelas 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 e 4.16. A Tabela 4.17 ilustra as vazões totais adotadas para cada ensaio.

Considerando que os ensaios T0, T4, T5, T6 e T7 foram realizados com o escoamento de água bruta, através de duas adutoras, para que seja possível avaliar o coeficiente C de Hazen-Williams, referente à rugosidade das paredes internas da tubulação e à velocidade de escoamento, é necessário determinar a vazão em cada adutora.

Quanto maior o tempo de uso das tubulações em ferro fundido, maiores as incrustações nas paredes internas, o que provoca maior rugosidade e, conseqüentemente, menor coeficiente C de Hazen-Williams. Conforme AZEVEDO NETTO et al., 2003, a variação do coeficiente C é determinada de acordo com a Tabela 4.18. É importante salientar que, os valores propostos por AZEVEDO NETTO et al., 2003 nem sempre ocorrem dessa forma, pois depende da qualidade da água que está sendo recalçada e da qualidade do tubo.

Tabela 4.17 – Planilha com as vazões totais médias adotadas para a determinação dos índices de desempenho energético.

Ensaio	Vazão Total (l/s)
T0	360,26
T1	130,86
T2	229,55
T3	133,69
T4	241,68
T5	295,55
T6	194,75
T7	359,61

Tabela 4.18 – Planilha com os coeficientes C de Hazen-Williams para tubos em ferro fundido conforme tempo de uso e diâmetro.

Coeficiente C Hazen-Williams		Diâmetro dos Tubos em Ferro Fundido em mm									
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
Tempo de Uso da Tubulação de Ferro Fundido em Anos	Novo	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
	0	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
	5	117	118	119	120	120	120	120	120	120	120
	10	106	108	109	110	110	110	111	112	112	112
	15	96	100	102	103	103	103	104	104	105	105
	20	88	93	94	96	97	97	98	98	99	99
	25	81	86	89	91	91	91	92	92	93	93
	30	75	80	83	85	86	86	87	87	88	89
	35	70	75	78	80	82	82	83	84	85	85
	40	64	71	74	76	78	78	79	80	81	81
	45	60	67	71	73	75	76	76	77	77	78
	50	56	63	67	70	71	72	73	73	74	75

Fonte: AZEVEDO NETTO et al., 2003

A determinação das vazões nas duas adutoras, a partir de uma vazão total lida é possível através de uma consideração e de cálculos com o auxílio da equação de Hazen-Williams. Primeiramente, fixam-se os valores dos diâmetros, da extensão e das perdas de carga unitária das tubulações; essa última variável determinada através da divisão da perda de carga total pela extensão da tubulação. No caso de Itapira, como as extensões são diferentes, as perdas de carga unitárias serão diferentes.

A consideração é de que o coeficiente C seja igual para ambas as adutoras com diferentes diâmetros e diferentes extensões e os cálculos para determinar as vazões, cuja soma seja igual à vazão total lida, alterando apenas o valor do coeficiente C. Os cálculos foram realizados automaticamente pela função “Atingir Meta” da planilha de cálculo, colocando como meta que a diferença entre a vazão total lida no medidor de vazão e a soma das vazões nas adutoras seja zero; dessa forma, é possível obter o coeficiente C das tubulações.

As adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha possuem, respectivamente, 50 e 30 anos, portanto o coeficiente C de Hazen-Williams deveria ser de 70 para a adutora DN 250 e de 87 para a adutora DN 500, conforme informações da Tabela 4.18. Apesar disso, foi considerado que os valores de C fossem iguais, para permitir os cálculos e, conseqüentemente, determinar as vazões. O valor de C pode refletir perdas além da resistência da tubulação, com o caso de uma válvula de retenção com falhas na abertura, acarretando elevada perda de carga e tendo, por consequência, um valor de C baixo; portanto, calcular corretamente o valor do coeficiente C para cada adutora, somente é possível com as leituras de vazão e altura manométrica de cada tubulação em isolado, o que não ocorre na EEAB Ribeirão da Penha.

As Tabelas 4.19, 4.20, 4.21, 4.22 e 4.23 ilustram as vazões calculadas para cada ensaio realizado na EEAB Ribeirão da Penha, que utilizou duas adutoras para o recalque de água bruta.

Tabela 4.19 – Planilha com os dados e cálculos das vazões nas adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha para o ensaio T0.

ENSAIO T0	Diâmetro	Distância	Coef. C	Perda Unit.	Vazão	Perda
	mm	m	$m^{0,367}/s$	m/Km	l/s	m
DN 250	252,00	440,00	65,18	31,48	74,56	13,85
DN 400	416,00	420,00	65,18	32,98	285,70	13,85
					360,26	
Q total =	360,26	l/s	Dif. Q =	- 0,00	Dif Δh	0,00

Tabela 4.20 – Planilha com os dados e cálculos das vazões nas adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha para o ensaio T4.

ENSAIO T4	Diâmetro	Distância	Coef. C	Perda Unit.	Vazão	Perda
	mm	m	$m^{0,367}/s$	m/Km	l/s	m
DN 250	252,00	440,00	43,89	31,25	50,02	13,75
DN 400	416,00	420,00	43,89	32,73	191,66	13,75
					241,68	
Q total =	241,68	l/s	Dif. Q =	- 0,00	Dif Δ h	0,00

Tabela 4.21 – Planilha com os dados e cálculos das vazões nas adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha para o ensaio T5.

ENSAIO T5	Diâmetro	Distância	Coef. C	Perda Unit.	Vazão	Perda
	mm	m	$m^{0,367}/s$	m/Km	l/s	m
DN 250	252,00	440,00	47,23	39,59	61,17	17,42
DN 400	416,00	420,00	47,23	41,48	234,38	17,42
					295,55	
Q total =	295,55	l/s	Dif. Q =	0,00	Dif Δ h	0,00

Tabela 4.22 – Planilha com os dados e cálculos das vazões nas adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha para o ensaio T6.

ENSAIO T6	Diâmetro	Distância	Coef. C	Perda Unit.	Vazão	Perda
	mm	m	$m^{0,367}/s$	m/Km	l/s	m
DN 250	252,00	440,00	54,10	14,23	40,31	6,26
DN 400	416,00	420,00	54,10	14,90	154,44	6,26
					194,75	
Q total =	194,75	l/s	Dif. Q =	- 0,00	Dif Δ h	0,00

Tabela 4.23 – Planilha com os dados e cálculos das vazões nas adutoras DN 250 e DN 400 da EEAB Ribeirão da Penha para o ensaio T7.

ENSAIO T7	Diâmetro	Distância	Coef. C	Perda Unit.	Vazão	Perda
	mm	m	$m^{0,367}/s$	m/Km	l/s	m
DN 250	252,00	440,00	64,29	32,18	74,43	14,16
DN 400	416,00	420,00	64,29	33,71	285,18	14,16
					359,61	
Q total =	359,61	l/s	Dif. Q =	0,00	Dif Δ h	0,00

4.2.1.3 Determinação da potência ativa e fator de potência dos conjuntos motobomba em funcionamento.

Na cidade de Itapira a distribuição de energia é feita pela Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL-, a qual possui uma leitura remota do consumo de energia elétrica. Considerando o exposto, quando necessário, o SAAE de Itapira-SP solicita à empresa, a curva de carga da unidade consumidora de interesse e, de maneira expressa, a distribuidora de energia fornece uma planilha com as informações, como: potência ativa, potência reativa medida a cada cinco minutos e demanda ativa medida a cada quinze minutos. Devido a essa prontidão na resposta e à precisão das informações para a determinação dos índices, foi solicitada a curva de carga à concessionária de energia elétrica (CPFL) e consideradas as informações para determinação dos índices. As informações relativas ao consumo de energia elétrica estão ilustradas nas Tabelas 4.24 e 4.25.

Nos painéis de distribuição de energia elétrica para as bombas, existem amperímetros e voltímetros para medição da corrente e tensão das bombas, porém não tem os “cossímetros” para informar o fator de potência, e ainda os medidores existentes não estavam devidamente calibrados, motivo pelo qual não foram utilizadas as informações desses aparelhos. No monitoramento remoto dos conjuntos, também é informada a corrente relativa aos motores, mas também apresenta imprecisão. Estes fatos demonstram que, em muitos casos, a disponibilidade de recursos para medição nas empresas de saneamento ainda é escassa. Quando existem, muitas vezes apresentam limitações ou problemas.

Para os cálculos dos índices relativos ao desempenho energético da bomba, do motor e do conjunto, foram utilizadas as médias de energia ativa consumida, conforme apresentadas na planilha elaborada a partir dos dados fornecidos pela CPFL, ilustrado nas Tabelas 4.24 e 4.25.

Tabela 4.24 – Planilha com as informações relativas a energia elétrica consumida nos testes 0, 1, 2 e 3 realizados na EEAB Ribeirão da Penha.

Curva de Carga fornecido pela CPFL da EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP em 29/09/2016										
Horário	Energia Ativa	Energia Reativa	Potência Pico	Ângulo φ	Fator de Potência	Teste Executado	Horário	Energia Aparente	Energia Ativa	Energia Ativa
	kWh em 5 minutos	kVAh em 5 minutos	Kw	graus			Início Final	kVAh 5 min.	kWh 60 min.	kWh 60 min.
08:40:00	33,30	24,40		36,23	0,81			41,28	399,60	
08:45:00	33,20	24,25	399,20	36,15	0,81	Teste 0	08:45	41,11	398,40	
08:50:00	33,40	24,30		36,04	0,81	Teste 0		41,30	400,80	
08:55:00	33,40	24,30		36,04	0,81	Teste 0		41,30	400,80	
09:00:00	33,20	24,30	400,00	36,20	0,81	Teste 0		41,14	398,40	
09:05:00	33,20	24,35		36,26	0,81	Teste 0		41,17	398,40	
09:10:00	33,20	24,45		36,37	0,81	Teste 0		41,23	398,40	
09:15:00	33,20	24,35	398,40	36,26	0,81	Teste 0		41,17	398,40	
09:20:00	33,15	24,25		36,19	0,81	Teste 0		41,07	397,80	
09:25:00	33,15	24,20		36,13	0,81	Teste 0		41,04	397,80	
09:30:00	33,15	24,15	397,80	36,07	0,81	Teste 0		41,01	397,80	
09:35:00	33,20	24,15		36,03	0,81	Teste 0		41,05	398,40	
09:40:00	33,15	24,05		35,96	0,81	Teste 0		40,96	397,80	
09:45:00	33,20	24,10	398,20	35,98	0,81	Teste 0		41,02	398,40	Média
09:50:00	33,20	24,25		36,15	0,81	Teste 0	09:50	41,11	398,40	398,57
09:55:00	27,65	21,25		37,54	0,79	Transição		34,87	331,80	
10:00:00	11,55	9,25	289,60	38,69	0,78	Teste 1	10:00	14,80	138,60	
10:05:00	11,55	9,25		38,69	0,78	Teste 1		14,80	138,60	
10:10:00	11,55	9,30		38,84	0,78	Teste 1		14,83	138,60	
10:15:00	11,60	9,30	138,80	38,72	0,78	Teste 1		14,87	139,20	
10:20:00	11,55	9,30		38,84	0,78	Teste 1		14,83	138,60	
10:25:00	11,55	9,25		38,69	0,78	Teste 1		14,80	138,60	
10:30:00	11,55	9,30	138,60	38,84	0,78	Teste 1		14,83	138,60	
10:35:00	11,55	9,25		38,69	0,78	Teste 1		14,80	138,60	Média
10:40:00	11,55	9,25		38,69	0,78	Teste 1	10:40	14,80	138,60	138,67
10:45:00	14,50	9,90	150,40	34,32	0,83	Transição		17,56	174,00	
10:50:00	20,75	10,80		27,50	0,89	Teste 2	10:50	23,39	249,00	
10:55:00	20,75	10,75		27,39	0,89	Teste 2		23,37	249,00	
11:00:00	20,80	10,80	249,20	27,44	0,89	Teste 2		23,44	249,60	
11:05:00	20,75	10,85		27,60	0,89	Teste 2		23,42	249,00	
11:10:00	20,70	10,50		26,90	0,89	Teste 2		23,21	248,40	
11:15:00	20,70	10,50	248,60	26,90	0,89	Teste 2		23,21	248,40	Média
11:20:00	20,80	10,50		26,78	0,89	Teste 2	11:20	23,30	249,60	249,00
11:25:00	15,70	7,15		24,49	0,91	Transição		17,25	188,40	
11:30:00	11,60	3,80	192,40	18,14	0,95	Teste 3	11:30	12,21	139,20	
11:35:00	11,65	3,95		18,73	0,95	Teste 3		12,30	139,80	
11:40:00	11,60	3,95		18,80	0,95	Teste 3		12,25	139,20	
11:45:00	11,60	3,95	139,40	18,80	0,95	Teste 3		12,25	139,20	
11:50:00	11,65	4,00		18,95	0,95	Teste 3		12,32	139,80	
11:55:00	11,60	4,10		19,47	0,94	Teste 3		12,30	139,20	
12:00:00	11,65	4,05	139,60	19,17	0,94	Teste 3		12,33	139,80	
12:05:00	11,60	3,90		18,58	0,95	Teste 3		12,24	139,20	Média
12:10:00	11,60	3,85		18,36	0,95	Teste 3	12:10	12,22	139,20	139,40
12:15:00	11,70	3,80	139,60	17,99	0,95	Transição		12,30	140,40	

Tabela 4.25 – Planilha com as informações relativas à energia elétrica consumida nos testes 4, 5, 6 e 7 realizados na EEAB Ribeirão da Penha.

Curva de Carga fornecido pela CPFL da EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP em 29/09/2016										
Horário	Energia Ativa	Energia Reativa	Potência Pico	Ângulo φ	Fator de Potência	Teste Executado	Horário	Energia Aparente	Energia Ativa	Energia Ativa
	kWh em 5 minutos	kVArh em 5 minutos	Kw	graus			Início Final	kVAh 5 min.	kWh 60 min.	kWh 60 min.
12:20:00	17,95	8,90		26,37	0,90	Transição		20,04	215,40	
12:25:00	21,40	10,85		26,89	0,89	Teste 4	12:25	23,99	256,80	
12:30:00	21,40	10,90	243,00	26,99	0,89	Teste 4		24,02	256,80	
12:35:00	21,40	10,90		26,99	0,89	Teste 4		24,02	256,80	
12:40:00	21,45	10,85		26,83	0,89	Teste 4		24,04	257,40	
12:45:00	21,40	10,75	257,00	26,67	0,89	Teste 4		23,95	256,80	
12:50:00	21,40	10,65		26,46	0,90	Teste 4		23,90	256,80	
12:55:00	21,40	10,60		26,35	0,90	Teste 4		23,88	256,80	
13:00:00	21,40	10,65	256,80	26,46	0,90	Teste 4		23,90	256,80	
13:05:00	21,40	10,75		26,67	0,89	Teste 4		23,95	256,80	
13:10:00	21,50	10,95		26,99	0,89	Teste 4		24,13	258,00	
13:15:00	21,60	10,95	258,00	26,88	0,89	Teste 4		24,22	259,20	
13:20:00	21,45	10,75		26,62	0,89	Teste 4		23,99	257,40	Média
13:25:00	21,40	10,70		26,57	0,89	Teste 4	13:25	23,93	256,80	257,17
13:30:00	23,35	12,70	264,80	28,54	0,88	Transição		26,58	280,20	
13:35:00	28,20	16,60		30,48	0,86	Teste 5	13:35	32,72	338,40	
13:40:00	28,25	16,75		30,66	0,86	Teste 5		32,84	339,00	
13:45:00	28,25	16,80	338,80	30,74	0,86	Teste 5		32,87	339,00	
13:50:00	28,30	16,80		30,70	0,86	Teste 5		32,91	339,60	
13:55:00	28,20	16,65		30,56	0,86	Teste 5		32,75	338,40	
14:00:00	28,20	16,65	338,80	30,56	0,86	Teste 5		32,75	338,40	
14:05:00	28,25	16,70		30,59	0,86	Teste 5		32,82	339,00	Média
14:10:00	28,25	16,80		30,74	0,86	Teste 5	14:10	32,87	339,00	338,85
14:15:00	27,60	17,70	336,40	32,67	0,84	Transição		32,79	331,20	
14:20:00	15,55	11,35		36,13	0,81	Teste 6	14:20	19,25	186,60	
14:25:00	15,40	11,20		36,03	0,81	Teste 6		19,04	184,80	
14:30:00	15,45	11,15	185,60	35,82	0,81	Teste 6		19,05	185,40	
14:35:00	15,45	11,20		35,94	0,81	Teste 6		19,08	185,40	
14:40:00	15,40	11,15		35,91	0,81	Teste 6		19,01	184,80	
14:45:00	15,40	11,15	185,00	35,91	0,81	Teste 6		19,01	184,80	
14:50:00	15,45	11,20		35,94	0,81	Teste 6		19,08	185,40	
14:55:00	15,45	11,20		35,94	0,81	Teste 6		19,08	185,40	Média
15:00:00	15,45	11,30	185,40	36,18	0,81	Teste 6	15:00	19,14	185,40	185,33
15:05:00	17,50	13,15		36,92	0,80	Transição		21,89	210,00	
15:10:00	31,15	19,20		31,65	0,85	Transição		36,59	373,80	
15:15:00	33,10	19,30	327,00	30,25	0,86	Teste 7	15:15	38,32	397,20	
15:20:00	33,10	19,30		30,25	0,86	Teste 7		38,32	397,20	
15:25:00	33,05	19,20		30,15	0,86	Teste 7		38,22	396,60	
15:30:00	33,10	19,20	397,00	30,12	0,87	Teste 7		38,27	397,20	
15:35:00	33,10	19,10		29,99	0,87	Teste 7		38,22	397,20	
15:40:00	33,05	19,10		30,02	0,87	Teste 7		38,17	396,60	Média
15:45:00	33,15	19,25	397,20	30,14	0,86	Teste 7	15:45	38,33	397,80	397,11
15:50:00	33,15	19,35		30,27	0,86	Transição		38,38	397,80	

4.2.1.4 Determinação dos dados para o cálculo dos índices de desempenho energético operacionais e financeiros.

O contrato de fornecimento de energia elétrica para EEAB Ribeirão da Penha é pela tarifa verde, portanto, todas as informações necessárias para a determinação dos índices operacionais e financeiros da EEAB foram obtidas das contas de energia elétrica.

Pelo fato de ser tarifa verde, os índices de IDEO3P, IDEO4P e IDEF3P não serão determinados, por não haver medição da demanda no horário de ponta.

As contas de energia elétrica da EEAB Ribeirão da Penha do mês de janeiro a dezembro de 2015 constam no Anexo C desse trabalho, nas Figuras 8.14 a 8.25. A Figura 4.29 ilustra apenas a conta do mês de janeiro de 2015, onde se pode observar o detalhamento da conta com relação às energias no horário de ponta e fora de ponta, energia reativa, demandas ativa e reativa, adicional de bandeira vermelha e impostos.


Companhia Paulista de Força e Luz Uma empresa do Grupo CPFL Energia				Rod. Campinas-Mogi Mirim, km 2,5, nº 1755 CP 7005 - CEP 13076-970 - Campinas - SP Inscrição Estadual: 244.163.955.115 Inscrição no CNPJ: 33.050.196/0001-88	
SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE R RUI BARBOSA 918 CENTRO 13974-340 ITAPIRA - SP				Nota Fiscal Conta de Energia Elétrica Nº. 201501003109206 série C Data de Emissão 22/01/2015 Data de Apresentação 27/01/2015 Pág. 1 de 2	
Roteiro de leitura		Lote		Cliente	
ITRATR14-0000000000		14		60016683	
				Reservado ao fisco BC74.C2B4.E5CC.8859.FA8A.9699.9047.86EF	
DADOS DA INSTALAÇÃO					
SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA LAD S JOAO 1250 LG BOMBA RECALQUE 13970-330/ITAPIRA - SP			Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia Munic CNPJ 46.378.766/0001-05 Inscrição Estadual: ISENT0 Conta Contrato Nº.330000252931		
ICMS Base de Cálculo R\$ 62.917,18 Aliquota 18,00 Valor R\$ 11.325,11 Total de ICMS 11.325,11		PIS/COFINS Aliquota PIS % 0,63 Aliquota COFINS % 2,95		DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO Nº. 900300864535 Quantidade 171.290 Preço Médio 0,32472544 Valores R\$ 55.622,22	
ATENDIMENTO CPFL 0800 770 41 40 www.cpflempresas.com.br		INSTALAÇÃO 13675907 Segunda Via		CONTA/MÊS JAN/2015	
VENCIMENTO 10/02/2015		TOTAL A PAGAR (R\$) 55.622,22			
ICMS Base de Cálculo R\$ 62.917,18 Aliquota 18,00 Valor R\$ 11.325,11 Total de ICMS 11.325,11		PIS/COFINS Aliquota PIS % 0,63 Aliquota COFINS % 2,95		DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO Nº. 900300864535 Quantidade 171.290 Preço Médio 0,32472544 Valores R\$ 55.622,22	
ATENDIMENTO CPFL 0800 770 41 40 www.cpflempresas.com.br		INSTALAÇÃO 13675907 Segunda Via		CONTA/MÊS JAN/2015	
VENCIMENTO 10/02/2015		TOTAL A PAGAR (R\$) 55.622,22			
DESCRIÇÃO DA CONTA Nº. 900300864535					
		Registrado		Contratado	
		Faturado		Tarifa/Preço	
		Valores R\$			
Consumo Ponta [KWh] - TUSD		9.950		4.640,80	
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD		156.630		3.315,08	
Cons Ponta Band Verde - TE		9.950		2.658,95	
Consumo F Ponta Band Verde-TE		156.630		25.113,35	
Adicional Band Vermelha Ponta				180,06	
Adicional Band Vermelha FPonta				2.834,49	
Consumo Reativo Exc Ponta		165		32,86	
Consumo Reativo Exc Fora Ponta		4.545		904,96	
Demanda [kW] - TUSD		400		2.595,39	
Demanda Reat Exced [KW] -TUSD				87,24	
Descontos Tarifários				7.294,96	
ICMS Desconto Tarifário				1.601,34	
PIS/PASEP				340,32	
COFINS				1.593,61	
ICMS				9.723,77	
Subtotal				62.917,18	
Total Distribuidora				62.917,18	
Crédito do Desconto Tarifário				7.294,96-	
Total a Pagar				55.622,22	

Figura 4.29 – Conta de energia elétrica da EEAB Ribeirão da Penha, referente ao mês de janeiro de 2015 emitida pela CPFL.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 Índices de Desempenho Energético – IDEs relativos a Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP

Nas datas em que foram obtidos os dados para o estudo do desempenho energético da EEAB Rio Mogi Guaçu, o SAEMA estava com boa oferta de água nas Represas Hermínio Ometto e Tambury, as quais possuem um custo específico referente à energia elétrica para o recalque da água bruta bem inferior ao que se gasta no Rio Mogi Guaçu; portanto, essa unidade de bombeamento estava operando somente com um conjunto e intercalando o uso a cada semana. Para realizar os estudos sem interferir na dinâmica de operação do SAEMA, os ensaios foram realizados no dia 07/11/2016 para o conjunto 1, e no dia 30/11/2016 para o conjunto 2.

5.1.1 Determinação dos Índices de Desempenho Energético dos Tubos – IDET da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP

As Tabelas 5.1 e 5.2 ilustram os dados considerados para determinação do IDET1, bem como os resultados.

Tabela 5.1 – Planilha com os dados para determinação do IDET1 do conjunto 1 da EEAB Rio Mogi Guaçu.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Rio Mogi Guaçu - Araras-SP - Bomba 1 - Adutora DN 500mm			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Extensão Tubulação	18,28	Km	Valor obtido no projeto da Linha de Recalque.
Hg - Desnível	103,45	m	Valor obtido no projeto, e observando o nível de água.
Hm - Sucção	0,20	mca	Leitura do Manovacuômetro - 07/11/2016
Hm - Recalque	133,00	mca	Leitura do Manômetro - 07/11/2016
Altura Manométrica	132,80	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	171,00	l/s	Medida na ETA - 07/11/2016
Diâmetro Interno Tubo	504,00	mm	Conforme catálogo da Saint-Gobain
Velocidade	0,86	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	121	$m^{0,367}/s$	Calculado
Δh_u	1,6056	m/Km	Calculado
IDET1	1,00		DADOS REAIS - Coleta de dados em 07/11/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 07/11/2016 - Das 10h00 às 10h30		

Tabela 5.2 – Planilha com os dados para determinação do IDET1 do conjunto 2 da EEAB Rio Mogi Guaçu.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Rio Mogi Guaçu - Araras-SP - Bomba 2 - Adutora DN 500mm			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Extensão Tubulação	18,28	Km	Valor obtido no projeto da Linha de Recalque.
Hg - Desnível	102,85	m	Valor obtido no projeto, e observando o nível de água.
Hm - Sucção	0,80	mca	Leitura do Manovacuômetro - 30/11/2016
Hm - Recalque	140,00	mca	Leitura do Manômetro - 30/11/2016
Altura Manométrica	139,20	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	190,00	l/s	Medida na ETA - 30/11/2016
Diâmetro Interno Tubo	504,00	mm	Conforme catálogo da Saint-Gobain
Velocidade	0,95	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	120	$m^{0,367}/s$	Calculado
Δh_u	1,9885	m/Km	Calculado
IDET1	1,00		DADOS REAIS - Coleta de dados em 30/11/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 30/11/2016 - Das 15h00 às 15h30		

Apesar de os conjuntos motobomba 1 e 2 possuírem as mesmas características, foi identificada uma menor vazão realizada pelo conjunto 1. Essa diferença é provável devido à eventual cavitação que pudesse estar ocorrendo na bomba, por ter ar acumulado na carcaça que abriga o rotor. Há essa suspeita devido à instabilidade incessante do manovacuômetro do conjunto 1.

O IDET1 para os dois conjuntos foi igual a um, ou seja, atingiu o valor máximo, apresentando, portanto, um excelente desempenho energético. Como foi mencionado anteriormente, a EEAB Rio Mogi Guaçu foi projetada para vazões bem superiores ao determinado no ensaio, como: vazão menor, diminuição da perda de carga unitária e da resistência ao recalque de água, melhorando, portanto, o desempenho energético.

Nas Tabelas 5.1 e 5.2, além do IDET1, também foram determinados a velocidade da água no interior da tubulação e o coeficiente C de Hazen Williams para o ponto de operação, para o qual era esperado um valor de 85, conforme Tabela 4.18 apresentada por Azevedo Netto et al. (2003), porém o valor determinado foi de 120 e 121. A velocidade ficou acima do limite mínimo estabelecido pela NBR 12.218/1994 (ABNT, 1994b), que é de 0,60 m/s.

Essas informações relativas ao coeficiente C alto e velocidade baixa ajudam a concluir que essa tubulação está superdimensionada para a vazão analisada, o que, do ponto de vista energético, é favorável.

5.1.2 Determinação dos Índices de Desempenho Energético do Motor – IDEM da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP

Os dois motores da marca Toshiba MIKT série A-7367 de 600 CV, 1785 RPM e tensão de 2.300 volts, que equipam os conjuntos motobomba 1 e 2 são os mesmos de quando foi inaugurada a EEAB Rio Mogi Guaçu há 34 anos atrás e ainda passaram por pelo menos um rebobinamento.

Foram feitos contatos com a empresa fabricante do motor na busca de informações sobre o rendimento, mas foi informado que se trata de motor antigo, e que não possui curvas de rendimento para esse tipo de motor, impossibilitando, portanto, a determinação dos índices de desempenho energético dos motores IDEM1.

Por esse motor ser mais antigo que a lei federal nº 10.295 de 2001 (disciplinadora do rendimento mínimo de motores) determina, a possibilidade de ele apresentar rendimento inferior a 95% é grande. A Figura 5.1 ilustra um dos motores utilizados na EEAB Rio Mogi Guaçu.



Figura 5.1 – Foto do motor Toshiba utilizado na EEAB Rio Mogi Guaçu.

5.1.3 Determinação dos Índices de Desempenho Energético da Bomba – IDEB da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP

As duas bombas utilizadas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no segundo estágio de bombeamento, pertencem à linha FBBP 8LN21E, da empresa FB – Fábrica de Bomba, com rotor de 500 mm; esse tipo de bomba é semelhante à bomba Worthington Pumps USA 8LN-21. Conforme as curvas dessa bomba, o rendimento máximo para rotor de 500 milímetros é de 87,5%, conforme ilustrado na Figura 3.9.

Como não foi obtido o rendimento do motor, não há como determinar o rendimento da bomba, portanto, nesse caso específico da EEAB Rio Mogi Guaçu, foi determinado o índice de desempenho energético do conjunto (motor e bomba) IDEC1.

5.1.4 Determinação dos Índices de Desempenho Energético do Conjunto – IDEC da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP

Como não foi possível determinar o rendimento dos motores dos conjuntos da EEAB Rio Mogi Guaçu, conseqüentemente, não foi possível determinar o rendimento das bombas, então, conforme proposto na metodologia, para esses casos, determina-se o rendimento do conjunto, onde os rendimentos do motor e da bomba estão agregados. As Tabelas 5.3 e 5.4 ilustram os dados e os resultados relativos aos índices de desempenho energético dos conjuntos da EEAB Rio Mogi Guaçu.

Tabela 5.3 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1 do conjunto 1 da EEAB Rio Mogi Guaçu.

IDEC1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO CONJUNTO MOTOR E BOMBA			
EEAB - Rio Mogi Guaçu - Araras-SP - Bomba 1 - Adutora DN 500mm			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Peso Específico da Água	1.000	Kgf/m ³	Peso Específico da Água
Altura Manométrica	132,80	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	171,00	l/s	Medida na ETA - 07/11/2016
Potência Elétrica Ativa	450,07	kW	Calculado a partir da Amperagem e Tensão.
Rend. Conjunto	50,17	%	Rendimento do conjunto Motobomba - Calculado
Rend. Máximo Motor	95,00	%	Rendimento conforme tabela Lei Nº4508/2002.
Rend. Máximo Bomba	87,50	%	Curva de Rendimento - FBBP 8LN21E - 500mm.
IDEC1	0,60		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Motor Toshiba antigo com mais de 34 Anos.		

Tabela 5.4 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1 do conjunto 2 da EEAB Rio Mogi Guaçu.

IDEC1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO CONJUNTO MOTOR E BOMBA			
EEAB - Rio Mogi Guaçu - Araras-SP - Bomba 2 - Adutora DN 500mm			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Peso Específico da Água	1.000	Kgf/m³	Peso Específico da Água
Altura Manométrica	139,20	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	190,00	l/s	Medida na ETA - 30/11/2016
Potência Elétrica Ativa	436,28	kW	Calculado a partir da Amperagem e Tensão.
Rend. Conjunto	60,27	%	Rendimento do conjunto Motobomba - Calculado
Rend. Máximo Motor	95,00	%	Rendimento conforme tabela Lei Nº4508/2002.
Rend. Máximo Bomba	87,50	%	Curva de Rendimento - FBBP 8LN21E - 500mm.
IDEC1	0,73		DADOS REAIS - Coleta de dados em 30/11/2016.
Observação:		Motor Toshiba antigo com mais de 34 Anos.	

Assim como a vazão, o rendimento do conjunto 1 foi inferior ao do conjunto 2.

Através do IDEC1, é possível observar que o conjunto 1 está abaixo do que o limite que pode atingir em relação ao desempenho energético, e esse índice ainda possibilita visualizar o quão distante está a eficiência energética daquilo que deveria ser.

Se, por exemplo, os motores da EEAB Rio Mogi Guaçu fossem trocados por motores novos de alto rendimento, com certeza o IDEC1 iria aumentar, mostrando que houve melhora em relação à situação atual.

A Tabela 5.5 ilustra todas as informações relativas ao IDET1 e IDEC1 para os conjuntos 1 e 2 da EEAB Rio Mogi Guaçu.

Tabela 5.5 – Dados da operação, IDET1 e IDEC1 dos conjuntos 1 e 2 da EEAB Rio Mogi Guaçu.

Teste	Adut.	Conj.	Diam.	Hm	Vazão	Veloc.	Δh_u	Coef. C	IDET1	IDEC1	Energia	Cons. Esp.
	mm		mm	mca	l/s	m/s	m/Km	$m^{0,367}/s$	Tubo	Conj.	kWh	kWh/m³
1	500	1	504,00	132,80	171,00	0,86	1,61	121	1,00	0,60	450,07	0,731
2	500	2	504,00	139,20	190,00	0,95	1,99	120	1,00	0,73	436,28	0,638

Observando os resultados dos índices de desempenho energético da tubulação e dos conjuntos da EEAB Rio Mogi Guaçu, fica claro que o conjunto mais eficiente é o conjunto 2, resultado que se confirma verificando o consumo específico de energia elétrica.

No dia de realização do ensaio do conjunto 1, como foi observado anteriormente, a bomba apresentava sinais de cavitação, ocorrência que pode ser a provável causa do baixo rendimento do conjunto.

5.1.5 Determinação dos Índices de Desempenho Energético Operacional e Financeiro – IDEOs e IDEFs da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP

Como mencionado anteriormente, a EEAB Rio Mogi Guaçu possui dois estágios de bombeamento, portanto o consumo de energia elétrica não é exclusivo dos conjuntos 1 e 2 estudados até aqui; entretanto, os índices operacionais e financeiros podem ser determinados sem dificuldade, utilizando os dados contidos nas contas de energia elétrica fornecidos pela concessionária. Como a análise dos outros índices foi realizada no mês de novembro, a determinação dos índices operacionais e financeiros baseou-se na conta de energia de dezembro de 2016, referente a novembro de 2016, cujas informações estão contidas na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Planilha com os dados para determinação e os índices IDEOs e IDEFs da EEAB Rio Mogi Guaçu – Dez/2016 - referente a novembro de 2016.

EEAB - Rio Mogi Guaçu - Araras-SP - Dez/2016 - Referente: Nov/2016 - Tarifa VERDE						Verde
ÍNDICES	OPERACIONAIS			FINANCEIROS		
HORÁRIO	PONTA	FORA PONTA	UNID.	PONTA	FORA PONTA	UNID.
Energia Ativa	239	133.181	kWh	246,99	31.621,29	R\$
Energia Reativa	615	10.506	kVArh	145,05	2.479,73	R\$
Demanda Ativa	-	554	kW	-	10.446,84	R\$
Demanda Contratada	-	1.080	kW	-	-	R\$
Demanda Ultrapassagem	-	-	kW	-	-	R\$
Demanda Reativa	-	563	kVAr	-	-	R\$
Dias do Período Medido	30		dias			
Impostos, Taxas e Adicionais				17.166,54		R\$
Custo Total de Energia Elétrica				62.106,44		R\$
ÍNDICES	OPERACIONAIS			FINANCEIROS		
Discriminação dos Indices	Indices	Valores		Indices	Valores	
Energia Reativa	IDEO1	0,923		IDEF1	0,924	
Energia Fora da Ponta	IDEO2	0,994		IDEF2	0,989	
Demanda de Ultrapassagem Ponta	IDEO3P	Não Tem		IDEF3P	Não Tem	
Demanda de Ultrap. Fora da Ponta	IDEO3F	1,000		IDEF3F	1,000	
Dem. Contratada x Consumida Ponta	IDEO4P	Não Tem		X-X-X-X-X-X-X		
Dem. Contr. x Cons. Fora da Ponta	IDEO4F	0,513		X-X-X-X-X-X-X		
Fator de Carga - Osciosidade	IDEO5	0,335		X-X-X-X-X-X-X		
Penalidades	X-X-X-X-X-X-X			IDEF6	0,942	

Para melhor visualização e compreensão dos índices operacionais e financeiros, foi elaborado um gráfico tipo radar, apresentado na Figura 5.2.

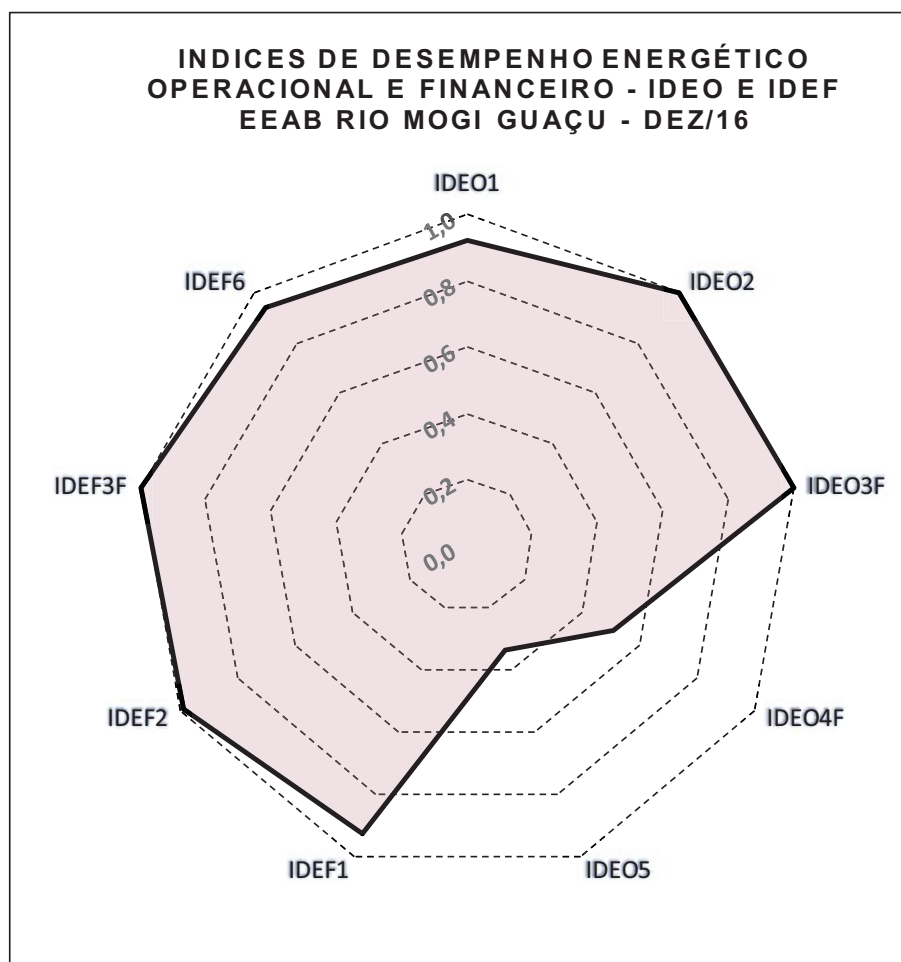


Figura 5.2 – Gráfico radar com os índices de desempenho energético operacional e financeiro da EEAB Rio Mogi Guaçu - Dez/16 – referente a novembro de 2016.

5.1.6 Determinação dos Índices de Desempenho Energético Operacional e Financeiro – IDEOs e IDEFs durante o ano de 2015 da EEAB Rio Mogi Guaçu – Araras-SP

Para a determinação dos índices IDEO e IDEF é necessário obter as informações contidas nas contas de energia elétrica, portanto, é possível elaborar um histórico desses índices relativo a algum tempo anterior. Vale lembrar que 2015 não foi um ano fácil para o SAEMA de Araras, época em que foi necessário utilizar a EEAB Rio Mogi Guaçu com bastante intensidade para garantir o abastecimento de água de

Araras-SP, sendo preciso acionar os dois conjuntos motobomba para trabalharem em série, algo que nunca tinha ocorrido anteriormente, pois os reservatórios sempre suportaram as estiagens ocorridas. Com isso, o SAEMA passou a gastar muito além do normal com o consumo de energia elétrica.

Diante desse cenário adverso, foram determinados os índices de desempenho energético operacionais e financeiros da EEAB Rio Mogi Guaçu para todo o ano de 2015 como estudo de caso. As Tabelas 5.7 e 5.8 apresentam informações interessantes, como: as demandas e energias consumidas, nos horários de ponta e fora de ponta, respectivamente, enquanto que as Tabelas 5.9 e 5.10 apresentam informações financeiras, como: os custos das demandas e energias consumidas, nos horários de ponta e fora de ponta respectivamente. Todas essas informações são relativas ao ano de 2015.

Na Tabela 5.7 as colunas das demandas contratadas estão zeradas, enquanto que, na Tabela 5.8, são apresentados os valores; isso se deve ao fato de que o contrato de fornecimento de energia elétrica da EEAB Rio Mogi Guaçu é de tarifa verde. Outra informação contida na Tabela 5.8 é a coluna observações com a expressão “em série”, que se refere ao acionamento das duas bombas em série para o recalque de água, algo que raramente é utilizado na EEAB Rio Mogi Guaçu e que somente foi acionado devido à estiagem ocorrida.

Tabela 5.7 – Planilha com as demandas e energia consumida no horário de ponta, no ano de 2015, relativas à EEAB Rio Mogi Guaçu.

MÊS	HORÁRIO DE PONTA - P					
	DEMANDA ATIVA (kW)	DEMANDA CONTRAT. (kW)	DEMANDA ULTRAP. (kW)	DEMANDA REATIVA (kVAr)	ENERGIA ATIVA (kWh)	ENERGIA REATIVA (kVArh)
	DAP	DCP	DUP	DRP	EAP	ERP
dez-15	0	0	0	0	31.115	1.852
nov-15	0	0	0	0	69.162	3.625
out-15	0	0	0	0	72.959	3.704
set-15	0	0	0	0	43.782	2.593
ago-15	0	0	0	0	19.759	1.574
jul-15	0	0	0	0	42.809	2.719
jun-15	0	0	0	0	23.827	1.805
mai-15	0	0	0	0	48.628	2.921
abr-15	0	0	0	0	48.803	2.863
mar-15	0	0	0	0	26.496	2.077
fev-15	0	0	0	0	27.558	1.891
jan-15	0	0	0	0	30.186	2.165
Total					485.085	29.789

Tabela 5.8 – Planilha com as demandas e energia consumida no horário fora de ponta, no ano de 2015, relativas à EEAB Rio Mogi Guaçu.

MÊS	HORÁRIO FORA DE PONTA - FP						DIAS MEDIDOS DPM	OBSERVAÇÕES
	DEMANDA ATIVA (kW)	DEMANDA CONTRAT. (kW)	DEMANDA ULTRAP. (kW)	DEMANDA REATIVA (kVar)	ENERGIA ATIVA (kWh)	ENERGIA REATIVA (kVarh)		
	DAF	DCF	DUF	DRF	EAF	ERF		
dez-15	1.179	1.080	99	58	318.946	13.694	30	Em Série
nov-15	1.177	1.080	97	55	808.013	30.434	33	Em Série
out-15	1.169	1.080	89	58	722.002	26.482	29	Em Série
set-15	1.191	1.080	111	33	509.846	21.859	32	Em Série
ago-15	602	950	0	0	199.973	11.491	30	
jul-15	1.133	950	0	58	393.336	18.900	29	Em Série
jun-15	526	500	26	16	270.809	14.990	32	
mai-15	1.101	500	601	48	519.967	22.573	30	Em Série
abr-15	1.109	500	609	52	555.379	23.004	30	Em Série
mar-15	1.090	500	590	54	333.050	18.101	31	Em Série
fev-15	1.039	500	539	0	285.552	14.126	29	Em Série
jan-15	505	500	0	20	307.498	15.725	30	
Total					5.224.370	231.379	365	

Nas Tabelas 5.9 e 5.10, é possível observar a grande variação dos custos com energia ativa e reativa nos horários de ponta e fora de ponta, respectivamente, reflexo das operações emergenciais ocorridas no ano de 2015, para a realização do abastecimento de água na cidade de Araras-SP.

Tabela 5.9 – Planilha com os custos das demandas e energia consumida no horário de ponta, no ano de 2015, relativas à EEAB Rio Mogi Guaçu.

MÊS	HORÁRIO DE PONTA - P					
	DEMANDA ATIVA (R\$)	DEMANDA CONTRAT. (R\$)	DEMANDA ULTRAP. (R\$)	DEMANDA REATIVA (R\$)	ENERGIA ATIVA (R\$)	ENERGIA REATIVA (R\$)
	CDAP		CDUP	CDRP	CEAP	CERP
dez-15	0,00		0,00	0,00	33.630,73	507,92
nov-15	0,00		0,00	0,00	74.754,79	994,22
out-15	0,00		0,00	0,00	78.858,18	1.015,96
set-15	0,00		0,00	0,00	45.499,82	697,92
ago-15	0,00		0,00	0,00	19.972,02	418,01
jul-15	0,00		0,00	0,00	43.270,47	722,41
jun-15	0,00		0,00	0,00	24.083,98	479,46
mai-15	0,00		0,00	0,00	49.151,96	775,95
abr-15	0,00		0,00	0,00	49.328,81	760,46
mar-15	0,00		0,00	0,00	25.087,80	503,94
fev-15	0,00		0,00	0,00	25.481,51	443,68
jan-15	0,00		0,00	0,00	27.910,92	507,94
Total	0,00		0,00	0,00	497.030,99	7.827,87

Tabela 5.10 – Planilha com os custos das demanda e energia consumida no horário fora de ponta no ano de 2015 da EEAB Rio Mogi Guaçu.

MÊS	HORÁRIO FORA DE PONTA - FP						IMPOSTOS	CUSTO
	DEMANDA ATIVA (R\$) CDAF	DEMANDA CONTRAT. (R\$)	DEMANDA ULTRAP. (R\$) CDUF	DEMANDA REATIVA (R\$) CDRF	ENERGIA ATIVA (R\$) CEAF	ENERGIA REATIVA (R\$) CERF	IMPOSTOS E OUTROS (R\$) CIMP	CUSTO TOTAL DA CONTA (R\$) CTEE
dez-15	10.856,59		2.152,13	629,22	93.232,57	3.755,82	79.009,10	223.774,08
nov-15	10.832,66		2.095,82	598,89	236.194,25	8.346,93	170.261,21	504.078,77
out-15	10.761,13		1.927,52	629,22	211.051,89	7.262,84	156.302,07	467.808,81
set-15	10.294,42		2.265,77	341,51	144.344,93	5.883,35	101.214,53	310.542,25
ago-15	4.970,25		-	-	55.356,36	3.052,63	40.060,85	123.830,12
jul-15	9.348,73		-	563,43	108.883,06	5.020,78	81.165,55	248.974,43
jun-15	4.342,74		508,22	156,22	74.965,12	3.981,96	57.444,49	165.962,19
mai-15	9.084,87		11.666,17	472,77	143.937,08	5.996,48	134.350,93	355.436,21
abr-15	9.149,08		11.817,26	506,47	153.739,78	6.111,01	107.852,12	339.264,99
mar-15	8.930,52		11.377,18	529,05	75.583,04	4.391,75	55.881,12	182.284,40
fev-15	8.490,25		10.367,07	-	59.849,69	3.314,33	46.586,19	154.532,72
jan-15	4.121,58		-	197,00	64.449,34	3.689,35	37.117,78	137.993,91
Total	101.182,82		54.177,14	4.623,78	1.421.587,11	60.807,23	1.067.245,94	3.214.482,88

Sobre essas informações fornecidas pelas contas de energia elétrica foram elaborados alguns gráficos com apenas as informações, para servir de base de comparação com os resultados obtidos pelos índices de desempenho energético operacional e financeiro. Esses gráficos são:

- Custo total em relação à energia ativa consumida (R\$/kWh) para realizar o bombeamento da água bruta do Rio Mogi Guaçu até a ETA, no ano de 2015, conforme ilustrado na Figura 5.3.

- Energias ativa e reativa consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015, conforme apresentado na Figura 5.4.

- Demandas ativa, reativa e contratada da EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015, conforme ilustrado na Figura 5.5.

- Custo total com o fornecimento de energia elétrica e das penalidades, como: energia reativa, demanda reativa e ultrapassagem da demanda contratada, da EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015, conforme apresentado na Figura 5.6.

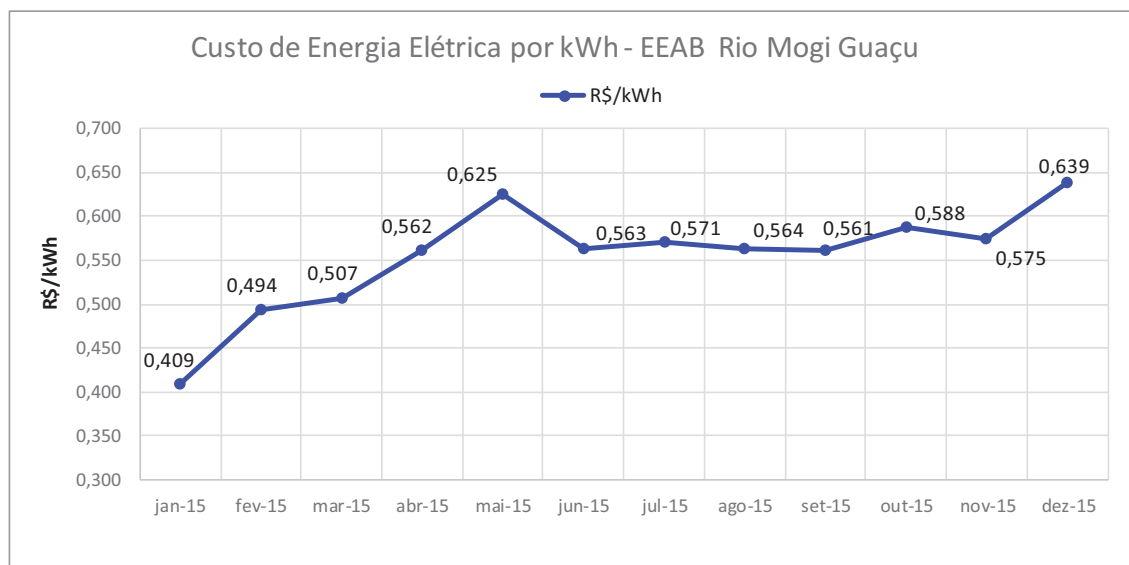


Figura 5.3 – Gráfico da relação entre o custo total com a energia ativa consumida (kWh) para realizar o bombeamento da água bruta do Rio Mogi Guaçu até a ETA, no ano de 2015.

Na Figura 5.3, observa-se a elevação do custo da energia elétrica ao longo do ano, considerando que a bandeira vermelha permaneceu durante todo o ano e que houve reajustes nos meses de março e setembro. A oscilação dos custos foi devida às alterações das demandas contratadas, das ultrapassagens que ocorreram e da variação do consumo de energia.

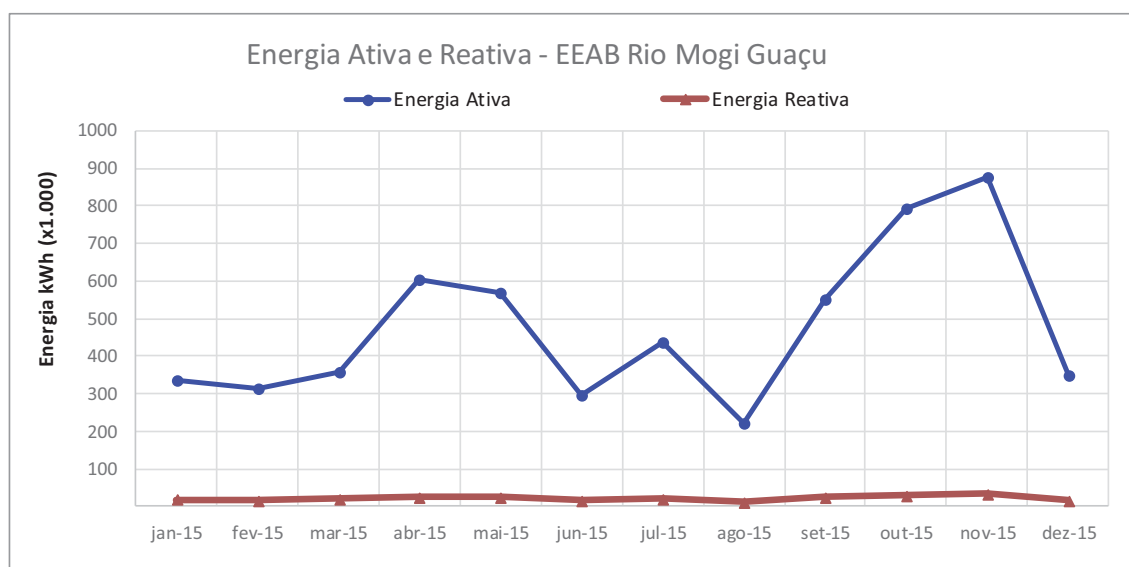


Figura 5.4 – Gráfico das energias ativa e reativa consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

Nos meses de outubro e novembro, a EEAB Mogi Guaçu foi mais solicitada, em decorrência do rebaixamento dos níveis das represas que abastecem a cidade, tornando-se indispensável a captação de água no Rio Mogi Guaçu; essa informação pode ser observada nos gráficos das Figuras 5.4 e 5.5, em que se observa a elevação do consumo de energia no período.

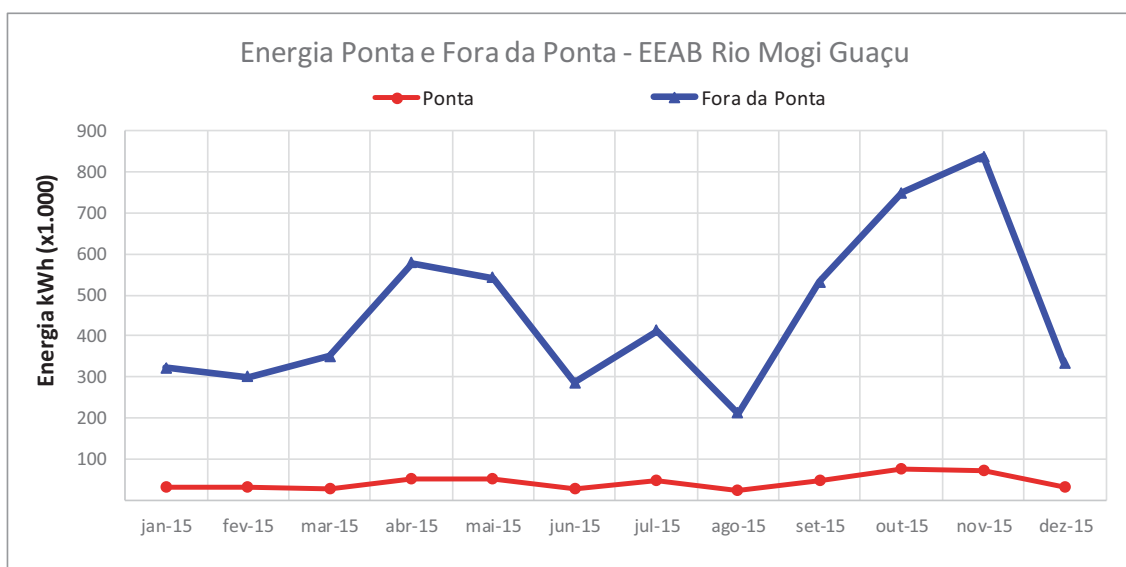


Figura 5.5 – Gráfico das energias ativa e reativa consumidas no horário de ponta e fora de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

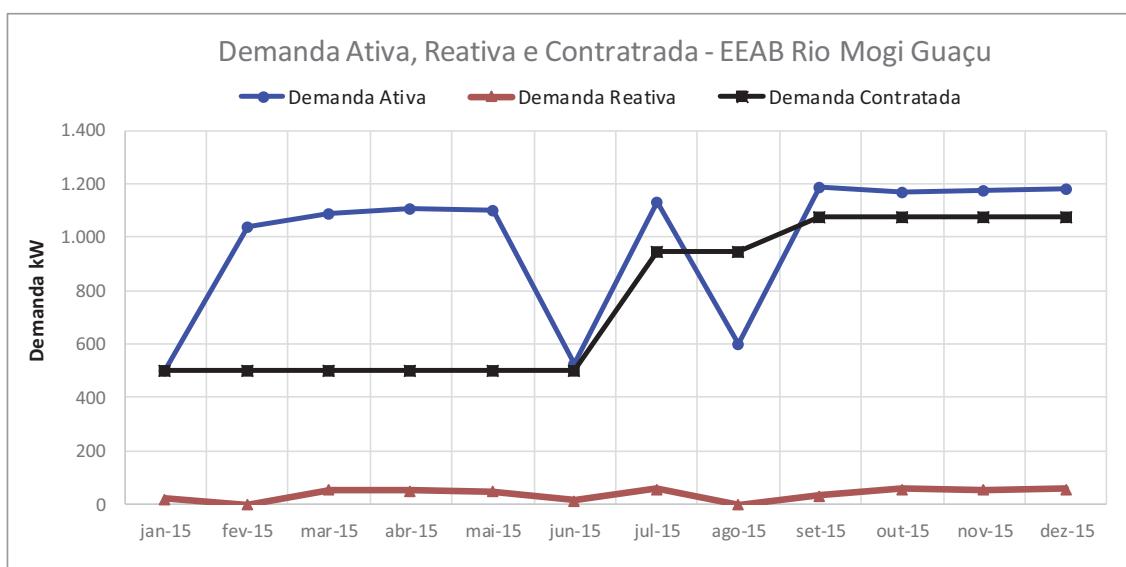


Figura 5.6 – Gráfico das demandas ativa, reativa e contratada da EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

O gráfico da Figura 5.6 ilustra as dificuldades enfrentadas pelo SAEMA de Araras-SP, com relação à demanda contratada para realizar o bombeamento de água na EEAB Rio Mogi Guaçu, onde houve ultrapassagem da demanda contratada na maioria dos meses, o que gerou penalidades nas contas de energia elétrica, conforme ilustrado no gráfico da Figura 5.7.

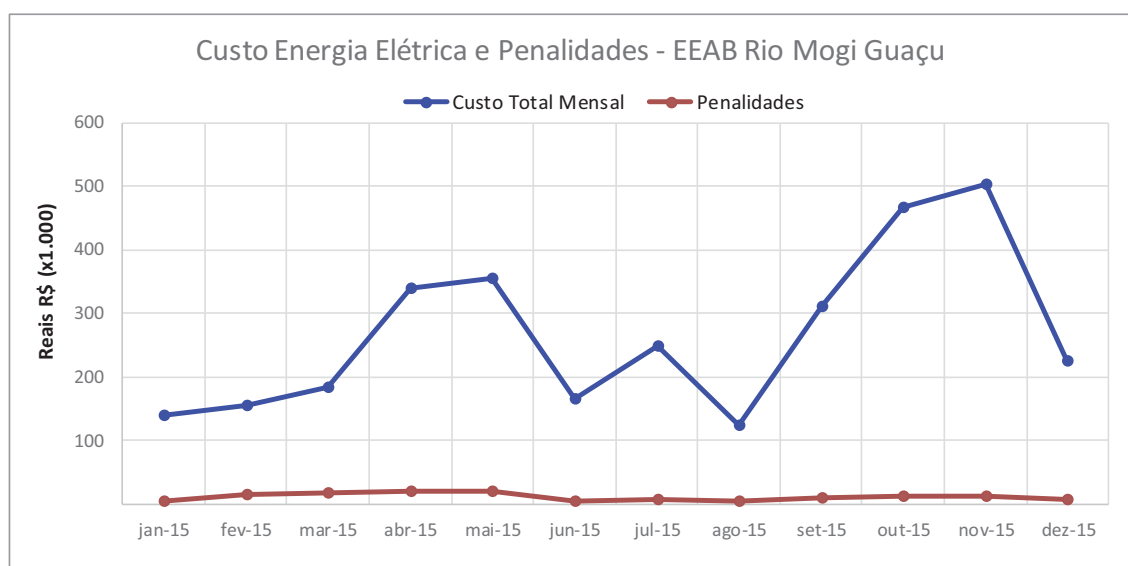


Figura 5.7 – Gráfico do custo total com o fornecimento de energia elétrica e das penalidades da EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

Nas Figuras 5.8 a 5.19 estão ilustrados todos os gráficos relativos aos índices de desempenho energético operacional e financeiro da EEAB Rio Mogi Guaçu para o ano de 2015. Esses gráficos representam as seguintes variáveis:

- IDEO1 – índice obtido da relação entre a energia ativa e as energias ativa e reativa consumidas, cujo gráfico está ilustrado na Figura 5.8;
- IDEF1 – índice obtido da relação entre os custos da energia ativa e das energias ativa e reativa consumidas, conforme gráfico apresentado na Figura 5.9;
- IDEO2 – índice obtido da relação entre as energias fora do horário de ponta e total consumidas, cujo gráfico está apresentado na Figura 5.10;
- IDEF2 – índice obtido da relação entre os custos das energias fora do horário de ponta e total consumidas, conforme gráfico apresentado na Figura 5.11;
- IDEO3F – índice obtido da relação entre a demanda ativa e a demanda ativa mais a de ultrapassagem, no horário fora de ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.12;

- IDEF3F – índice obtido da relação do custo da demanda ativa com a demanda ativa mais a de ultrapassagem, no horário fora de ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.13;

- IDEO3P – índice obtido da relação da demanda ativa com a demanda ativa mais a de ultrapassagem no horário de ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.14;

- IDEF3P – índice da relação do custo da demanda ativa com a demanda ativa mais a de ultrapassagem no horário de ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.15;

- IDEO4F – índice da relação da demanda ativa fora da ponta e da demanda contratada fora da ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.16;

- IDEO4P – índice da relação da demanda ativa na ponta e da demanda contratada na ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.17;

- IDEF5 – índice da relação dos custos das penalidades entendidas como custos de energia reativa, da demanda reativa e ultrapassagens das demandas, tudo tanto no horário fora de ponta como no horário de ponta, com todos os custos de energias, demandas e ultrapassagens, conforme gráfico apresentado na Figura 5.18;

- IDEO6 – índice da ociosidade dos conjuntos motobomba ou fator de carga, conforme gráfico apresentado na Figura 5.19.

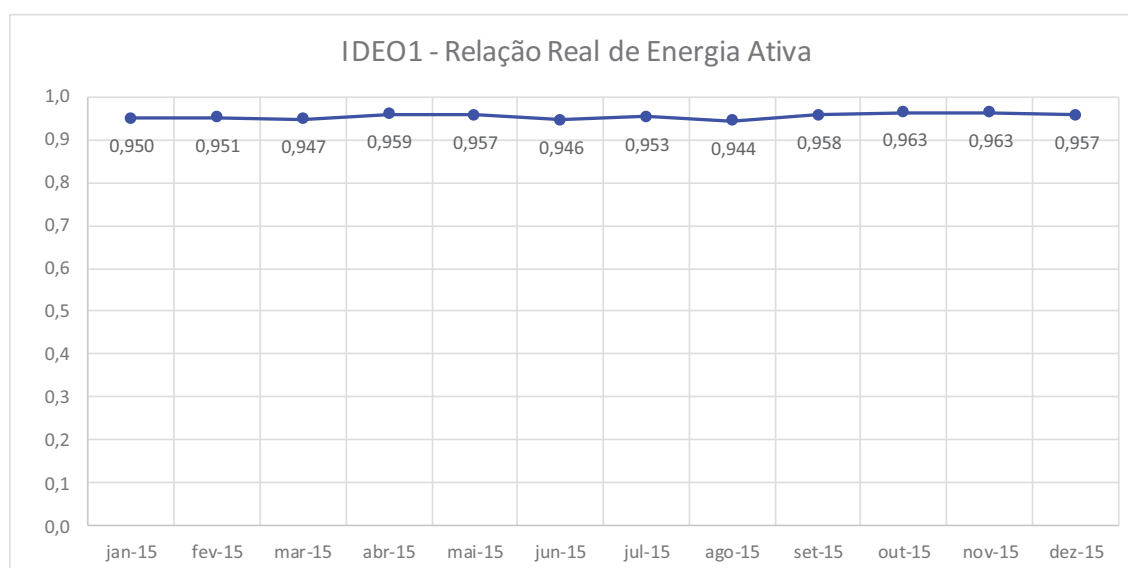


Figura 5.8 – Gráfico do IDEO1 – Relação entre a energia ativa e as energias ativa e reativa consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

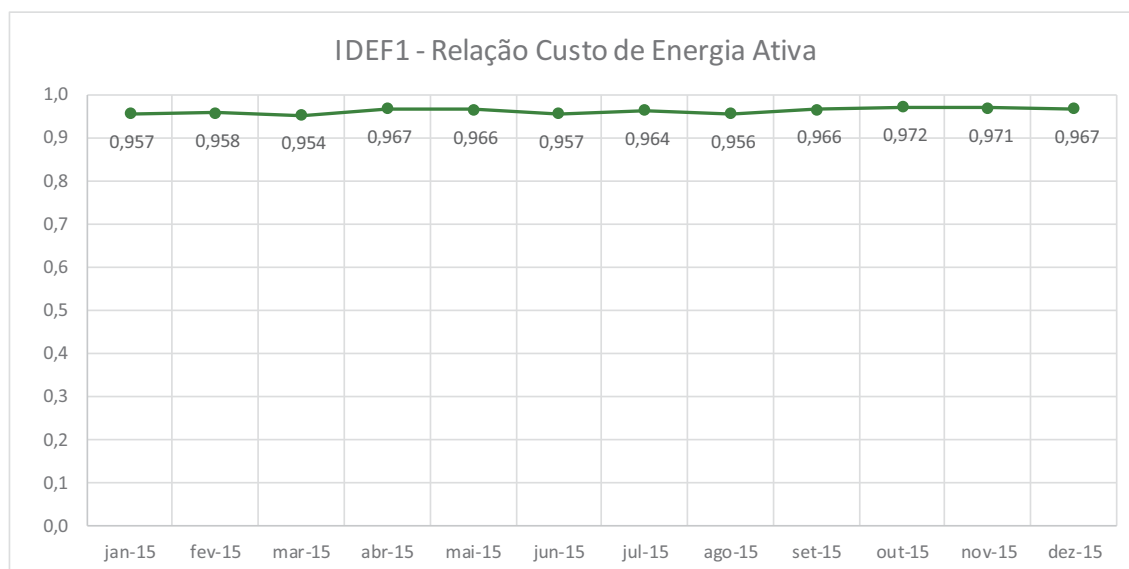


Figura 5.9 – Gráfico do IDEF1 – Relação entre os custos da energia ativa e das energias ativa e reativa consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

As Figuras 5.8 e 5.9 apresentam-se de forma bastante semelhante e ilustram que há energia reativa na EEAB Rio Mogi Guaçu, o que gera custos para a empresa de saneamento que poderiam ser suprimidos. Apesar de ser uma pequena parcela, mostra a necessidade de sanar essa irregularidade.

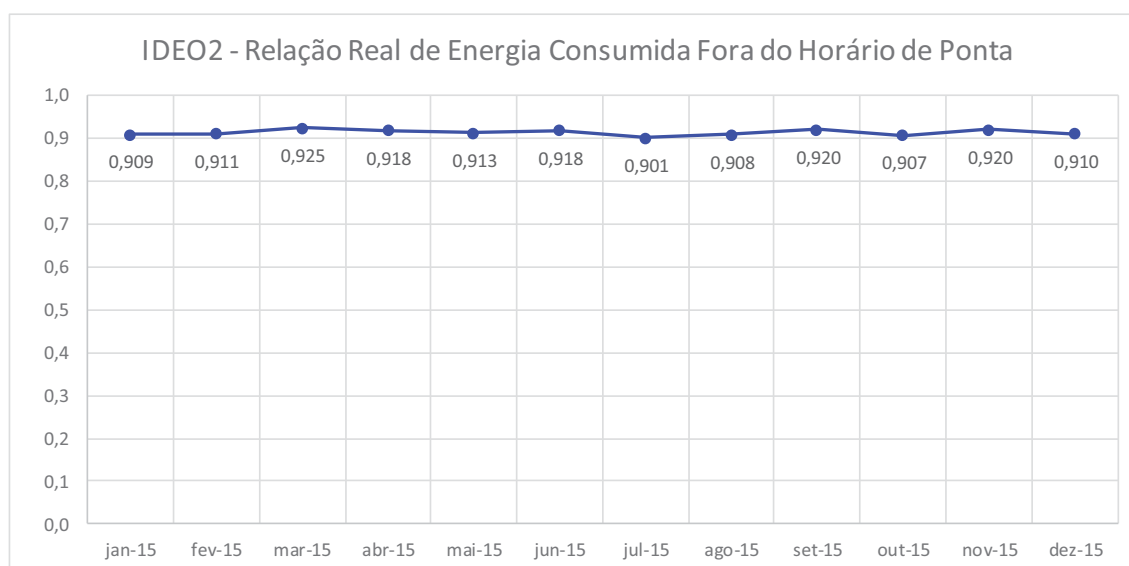


Figura 5.10 – Gráfico do IDEO2 – Relação entre as energias fora do horário de ponta e total consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

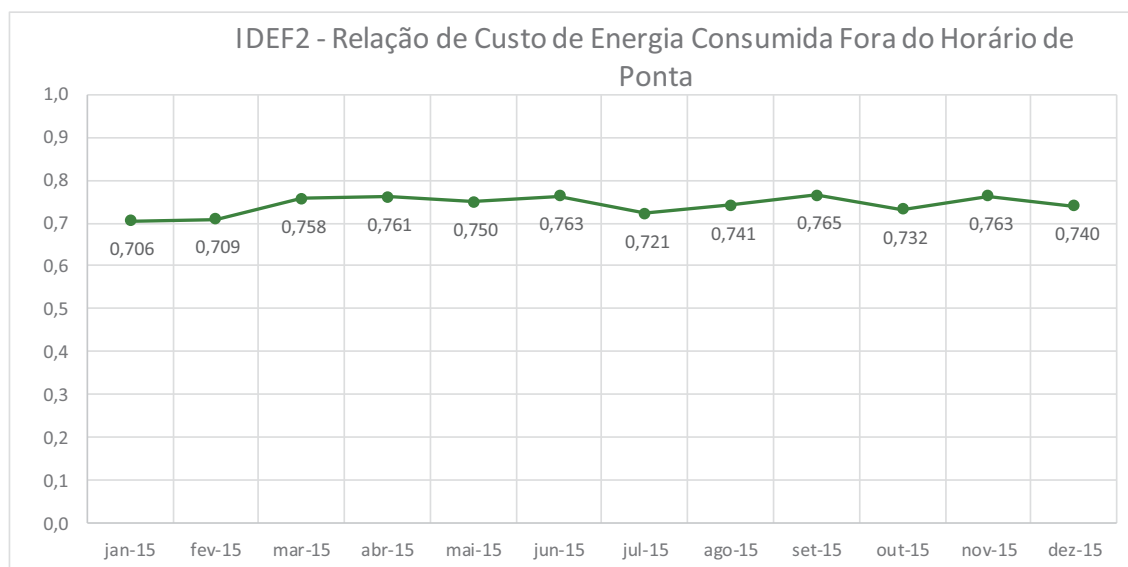


Figura 5.11 – Gráfico do IDEF2 – Relação entre os custos das energias fora do horário de ponta e total consumidas na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

Os gráficos apresentados nas Figuras 5.10 e 5.11 ilustram a utilização da energia no horário fora de ponta em relação ao total, sendo que a diferença entre o IDEO2 e o IDEF2 dá-se pelo custo da energia no horário de ponta. Esses dois gráficos se complementam, pois o IDEO2 ilustra que apenas um pequeno percentual está sendo utilizado para o uso da energia no horário de ponta, enquanto que o IDEF2 mostra que, em relação aos custos, essa diferença não é tão pequena e alerta para a necessidade de avaliar a possibilidade de reduzir ou até mesmo de zerar a utilização das bombas no horário de ponta.

Os gráficos das Figuras 5.12 e 5.13 ilustram a utilização das demandas fora do horário de ponta acima do estabelecido no contrato de fornecimento de energia pela concessionária. No início de 2015, a EEAB foi obrigada a trabalhar com sua potência máxima, ou seja, os dois conjuntos motobomba em série. Ocorre que isso foi inédito para a EEAB Rio Mogi Guaçu, pelo fato de não existir um contrato da demanda requerida para o novo cenário; permaneceu quatro meses com ultrapassagem da demanda contratada, como se pode observar nos gráficos das Figuras 5.12 e 5.13, relativos ao IDEO3F e IDEF3F, respectivamente.

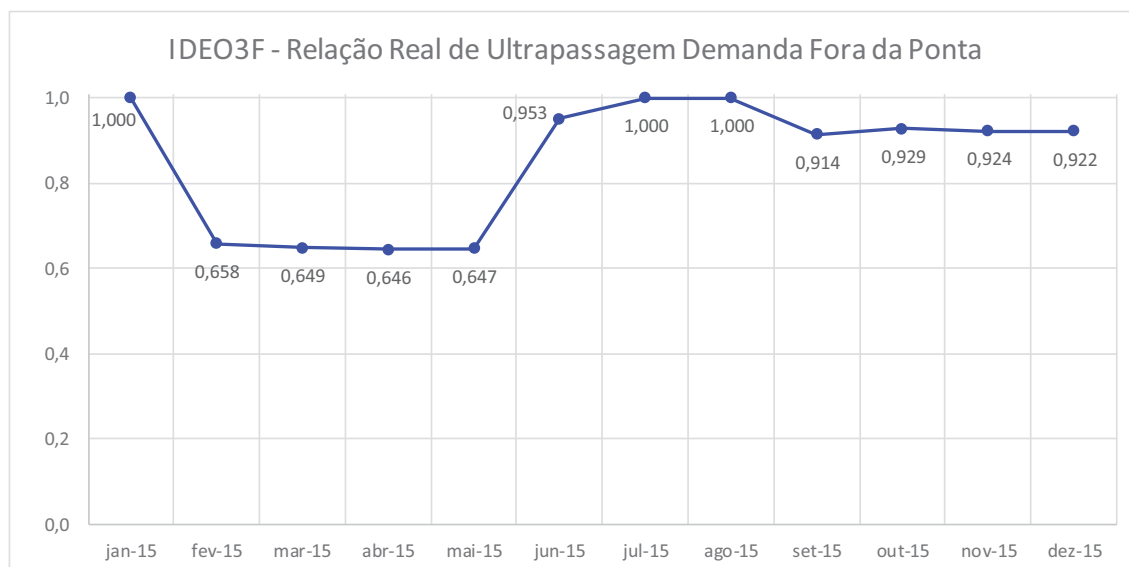


Figura 5.12 – Gráfico do IDEO3F – Relação da demanda ativa e a demanda ativa mais a de ultrapassagem, no horário fora de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

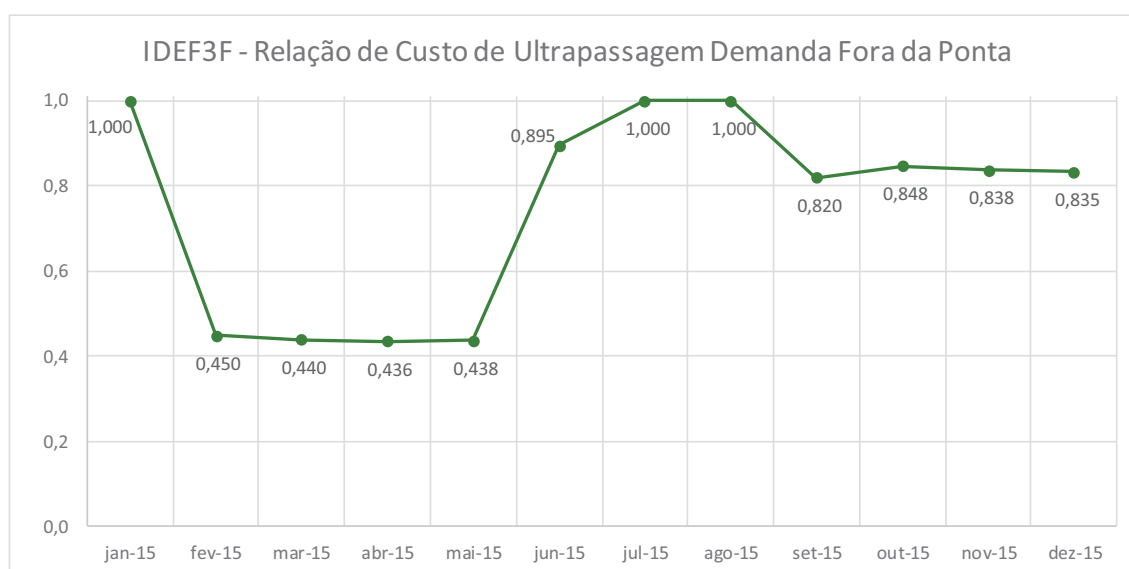


Figura 5.13 – Gráfico do IDEF3F – Relação do custo da demanda ativa e da demanda ativa mais da de ultrapassagem, no horário fora de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

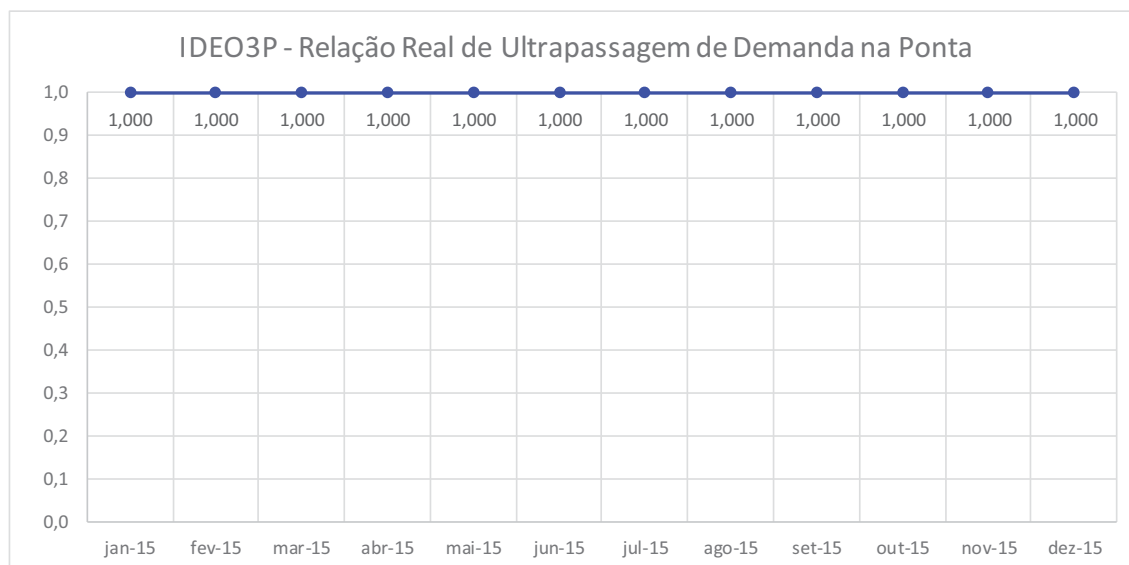


Figura 5.14 – Gráfico do IDEO3P – Relação da demanda ativa, com a soma da demanda ativa mais a de ultrapassagem, no horário de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

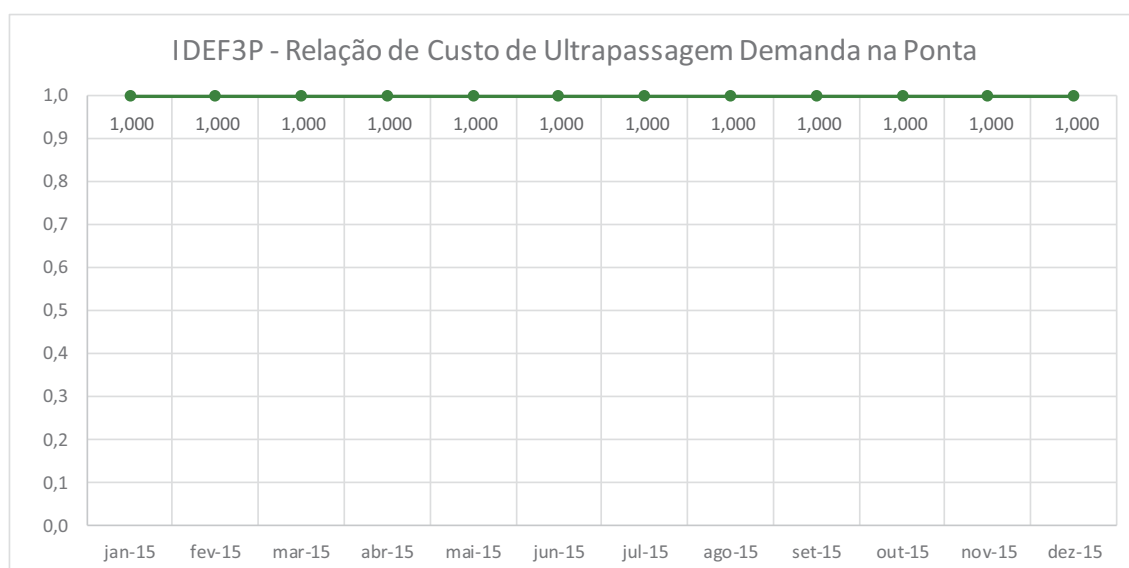


Figura 5.15 – Gráfico do IDEF3P – Relação do custo da demanda ativa e da demanda ativa mais a ultrapassagem, no horário de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

Os gráficos das Figuras 5.14 e 5.15 ilustram a utilização das demandas no horário de ponta acima do estabelecido no contrato de fornecimento de energia pela concessionária. Como se pode observar em ambos os gráficos os índices são sempre iguais a um, pelo fato de que o fornecimento de energia para a EEAB Rio Mogi Guaçu

é cobrado pela tarifa verde, modalidade em que não é considerada a demanda no horário de ponta.

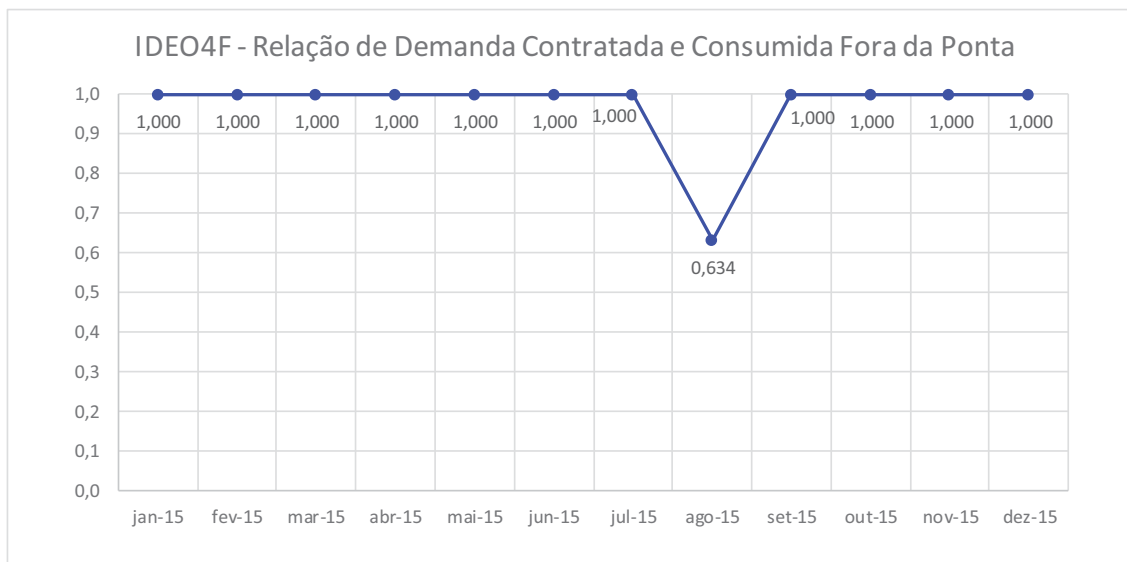


Figura 5.16 – Gráfico do IDEO4F – Relação da demanda ativa fora da ponta e da demanda contratada fora da ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

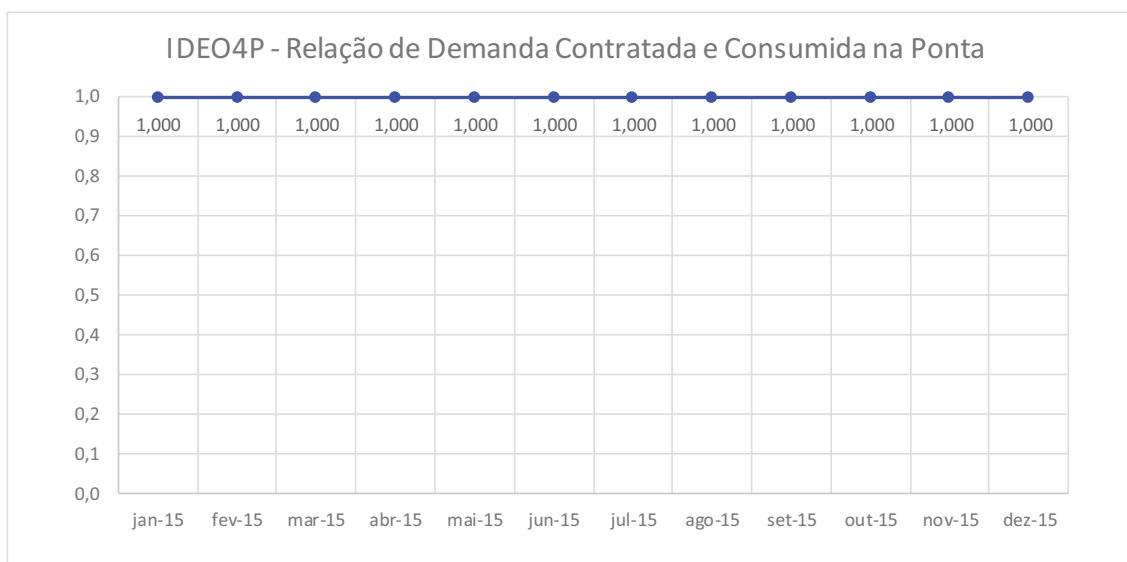


Figura 5.17 – Gráfico do IDEO4P – Relação da demanda ativa na ponta e da demanda contratada de ponta na EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

O gráfico da Figura 5.16 ilustra o IDEO4F, que tem como objetivo identificar se a demanda está sendo subutilizada em relação ao contrato. Esse índice ilustra a necessidade de se rever a demanda contratada. No mês de agosto de 2015, houve

uma demanda utilizada abaixo da contratada, conforme se pode observar no gráfico da Figura 5.6. O gráfico da Figura 5.17 não se altera, pois não há demanda no horário de pico para o contrato verde de fornecimento de energia da EEAB Rio Mogi Guaçu.

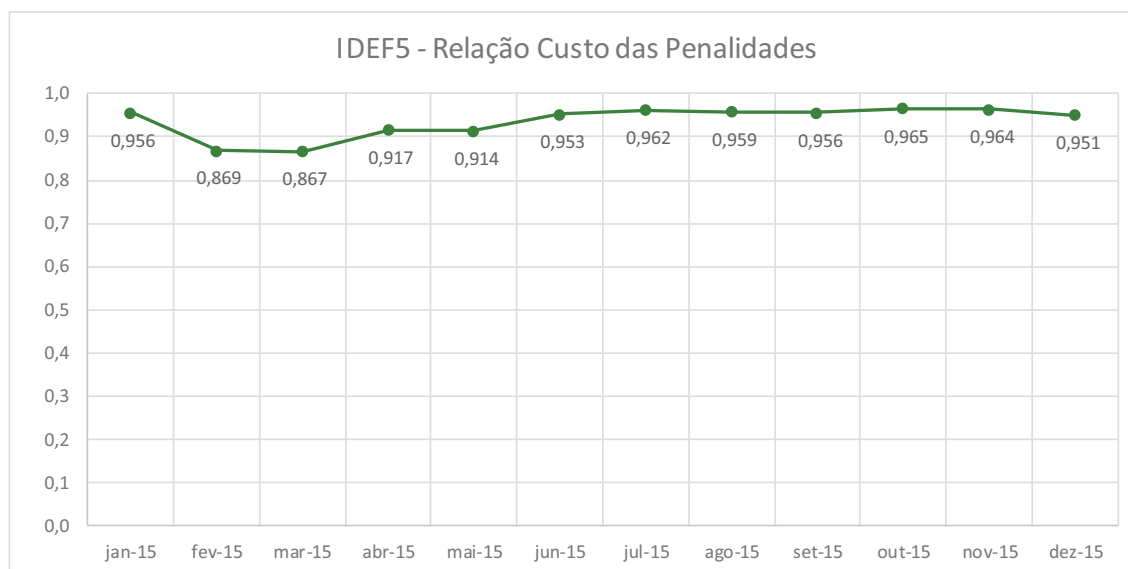


Figura 5.18 – Gráfico do IDEF5 – Relação dos custos de penalidades da EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

O gráfico da Figura 5.18 ilustra as penalidades proporcionais às despesas de energia com a EEAB Rio Mogi Guaçu. Observando o gráfico, é possível identificar que nos meses de fevereiro e março, apesar de não serem os meses com os maiores valores pagos, proporcionalmente, foram os meses que sofreram maiores penalidades durante o ano de 2015.

O IDEO6 é o fator de carga, que permite avaliar a ociosidade da EEAB Rio Mogi Guaçu. O gráfico relativo ao IDEO6 está ilustrado na Figura 5.19.

Como essa elevatória é estratégica para o SAEMA, era esperado o IDEO6 baixo, o que não seria previsível e interessante em elevatórias de água tratada, que são utilizadas constantemente. Nos meses de outubro e novembro de 2015, devido a estiagem e escassez de água nos reservatórios Hermínio Ometto e Tambury, a captação de água bruta pela EEAB Mogi Guaçu foi utilizada quase que no seu limite, o que se comprova com o IDEO6 próximo de 1 nos referidos meses.

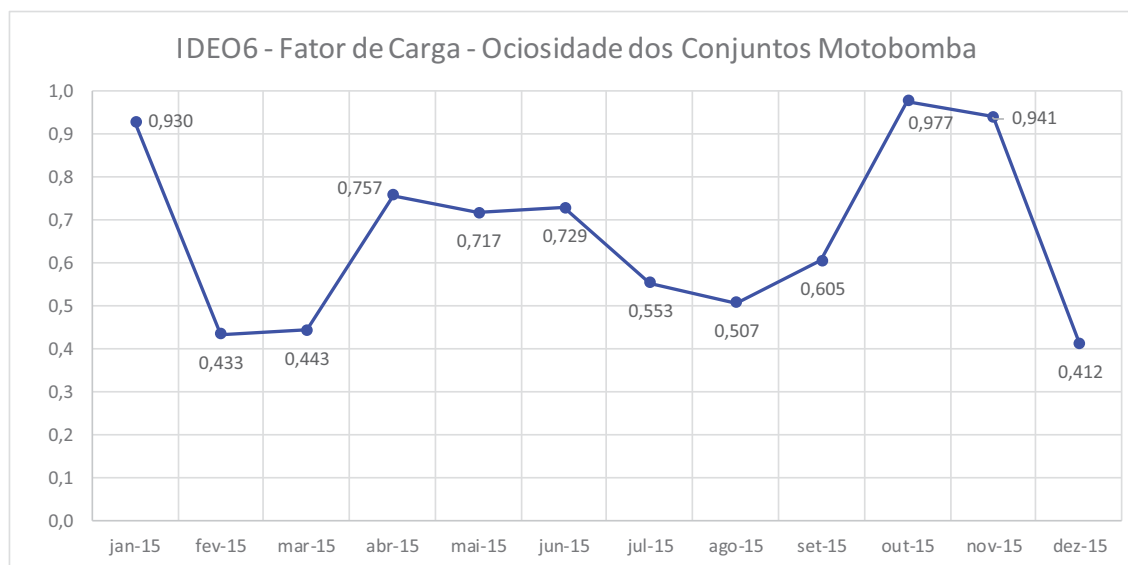


Figura 5.19 – Gráfico do IDEO6 – Ociosidade dos conjuntos motobomba ou fator de carga da EEAB Rio Mogi Guaçu, no ano de 2015.

5.2 Índices de Desempenho Energético – IDEs relativos à Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP

Como a EEAB Ribeirão da Penha é o principal manancial de água bruta da cidade de Itapira-SP, essa elevatória trabalha 24 horas por dia para suprir a demanda do município.

Nessa elevatória, todos os ensaios foram realizados no dia 29 de setembro de 2016, nos períodos da manhã e da tarde, durante um dia comum para o SAAE de Itapira-SP, no que diz respeito ao fornecimento de água. Os períodos dos oito ensaios realizados pode ser observado nas Tabela 4.24 e 4.25.

Considerando as instalações da EEAB Ribeirão da Penha, com quatro conjuntos motobomba e duas adutoras, bem como a possibilidade de operação, foram realizados oito ensaios com diferentes configurações, conforme mencionado na metodologia.

5.2.1 Determinação dos Índices de Desempenho Energético dos Tubos – IDET da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP

As Tabelas de 5.11 a 5.23 ilustram os dados considerados para determinação do IDET1, bem como os resultados. Considerando que alguns ensaios foram realizados em duas adutoras, nessa situação foram obtidos dois índices, um para cada adutora.

Tabela 5.11 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T0, para o tubo DN 250 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas B, C e D - Adutora DN 250mm (Ensaio T0)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Ext. Tubulação 250mm	0,44	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,33	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	69,89	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	73,22	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	74,56	l/s	Calculada com o C equivalente através do "Atingir Metas"
Diâmetro Interno Tubo	252,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	1,49	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	65	$m^{0,367}/s$	Calculado - C equivalente
Δh_u	31,4830	m/Km	Calculado
IDET1	0,16		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 8h45 às 9h50		

Tabela 5.12 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T0, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas B, C e D - Adutora DN 400mm (Ensaio T0)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Ext. Tubulação 400mm	0,42	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,33	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	69,89	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	73,22	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	285,70	l/s	Calculada com o C equivalente através do "Atingir Metas"
Diâmetro Interno Tubo	416,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	2,10	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	65	$m^{0,367}/s$	Calculado - C equivalente
Δh_u	32,9821	m/Km	Calculado
IDET1	0,12		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 8h45 às 9h50		

Tabela 5.13 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T1, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bomba B - Adutora DN 400mm (Ensaio T1)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Extensão Tubulação	0,42	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,93	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	62,66	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	66,59	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	130,86	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Diâmetro Interno Tubo	416,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	0,96	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	43	$m^{0,367}/s$	Calculado
Δh_u	17,1825	m/Km	Calculado
IDET1	0,60		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 10h00 às 10h40		

Tabela 5.14 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T2, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A e B - Adutora DN 400mm (Ensaio T2)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Extensão Tubulação	0,42	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,68	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	69,63	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	73,32	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	229,55	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Diâmetro Interno Tubo	416,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	1,69	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	52	$m^{0,367}/s$	Calculado
Δh_u	33,2024	m/Km	Calculado
IDET1	0,11		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 10h50 às 11h20		

Tabela 5.15 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T3, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bomba A - Adutora DN 400mm (Ensaio T3)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Extensão Tubulação	0,42	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 4,65	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	63,72	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	68,37	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	133,69	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Diâmetro Interno Tubo	416,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	0,98	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	39	$m^{0,367}/s$	Calculado
Δh_u	21,4286	m/Km	Calculado
IDET1	0,47		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 11h30 às 12h10		

Tabela 5.16 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T4, para o tubo DN 250 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A e B - Adutora DN 250mm (Ensaio T4)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Ext. Tubulação 250mm	0,44	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,97	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	69,15	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	73,12	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	50,02	l/s	Calculada com o C equivalente através do "Atingir Metas
Diâmetro Interno Tubo	252,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	1,00	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	44	$m^{0,367}/s$	Calculado - C equivalente
Δh_u	31,2462	m/Km	Calculado
IDET1	0,17		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 12h25 às 13h25		

Tabela 5.17 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T4, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A e B - Adutora DN 400mm (Ensaio T4)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Ext. Tubulação 400mm	0,42	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,97	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	69,15	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	73,12	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	191,66	l/s	Calculada com o C equivalente através do "Atingir Metas"
Diâmetro Interno Tubo	416,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	1,41	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	44	$m^{0,367}/s$	Calculado - C equivalente
Δh_u	32,7341	m/Km	Calculado
IDET1	0,13		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 12h25 às 13h25		

Tabela 5.18 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T5, para o tubo DN 250 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A, B e C - Adutora DN 250mm (Ensaio T5)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Ext. Tubulação 250mm	0,44	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,41	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	73,38	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	76,79	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	61,17	l/s	Calculada com o C equivalente através do "Atingir Metas"
Diâmetro Interno Tubo	252,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	1,23	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	47	$m^{0,367}/s$	Calculado - C equivalente
Δh_u	39,5909	m/Km	Calculado
IDET1	0,00		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 13h35 às 14h10		

Tabela 5.19 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T5, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A, B e C - Adutora DN 400mm (Ensaio T5)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Ext. Tubulação 400mm	0,42	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,41	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	73,38	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	76,79	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	234,38	l/s	Calculada com o C equivalente através do "Atingir Metas"
Diâmetro Interno Tubo	416,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	1,72	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	47	$m^{0,367}/s$	Calculado - C equivalente
Δh_u	41,4762	m/Km	Calculado
IDET1	0,00		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 13h35 às 14h10		

Tabela 5.20 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T6, para o tubo DN 250 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas D - Adutora DN 250mm (Ensaio T6)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Ext. Tubulação 250mm	0,44	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,59	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	62,04	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	65,63	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	40,31	l/s	Calculada com o C equivalente através do "Atingir Metas"
Diâmetro Interno Tubo	252,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	0,81	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	54	$m^{0,367}/s$	Calculado - C equivalente
Δh_u	14,2273	m/Km	Calculado
IDET1	0,69		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 14h20 às 15h00		

Tabela 5.21 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T6, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas D - Adutora DN 400 (Ensaio T6)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Ext. Tubulação 400mm	0,42	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,59	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	62,04	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	65,63	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	154,44	l/s	Calculada com o C equivalente através do "Atingir Metas"
Diâmetro Interno Tubo	416,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	1,14	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	54	$m^{0,367}/s$	Calculado - C equivalente
Δh_u	14,9048	m/Km	Calculado
IDET1	0,67		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 14h20 às 15h00		

Tabela 5.22 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T7, para o tubo DN 250 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A, C e D - Adutora DN 250mm (Ensaio T7)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Ext. Tubulação 250mm	0,44	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,52	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	70,01	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	73,53	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	74,43	l/s	Calculada com o C equivalente através do "Atingir Metas"
Diâmetro Interno Tubo	252,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	1,49	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	64	$m^{0,367}/s$	Calculado - C equivalente
Δh_u	32,1818	m/Km	Calculado
IDET1	0,14		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 15h15 às 15h45		

Tabela 5.23 – Planilha com os dados para determinação do IDET1, conforme ensaio T7, para o tubo DN 400 mm da EEAB Ribeirão da Penha.

IDET1 - ÍNDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA TUBULAÇÃO			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A, C e D - Adutora DN 400mm (Ensaio T7)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Ext. Tubulação 400mm	0,42	Km	Informação conforme relatório LENHS
Hg - Desnível	59,37	m	Informação conforme relatório LENHS
Hm - Sucção	- 3,52	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Hm - Recalque	70,01	mca	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Altura Manométrica	73,53	mca	Soma da Hm Sucção e Hm Recalque
Vazão	285,18	l/s	Calculada com o C equivalente através do "Atingir Metas"
Diâmetro Interno Tubo	416,00	mm	Informação relatório LENHS - Tubo de Ferro Fundido
Velocidade	2,10	m/s	Calculado
Coef. C - Hazen Williams	64	$m^{0,367}/s$	Calculado - C equivalente
Δh_u	33,7143	m/Km	Calculado
IDET1	0,10		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Dados da Medição Realizada no dia 29/09/2016 - Das 15h15 às 15h45		

Observando os ensaios, é possível verificar algumas situações interessantes com a comparação dos ensaios T1 com o T3; ambos possuem os conjuntos motobomba semelhantes e recalcam na mesma adutora com DN 400 mm, porém o índice IDET1 é 0,60 e 0,47, respectivamente, enquanto que o esperado é que fossem idênticos. Diante dessa observação, é possível concluir que há uma maior resistência para o escoamento do conjunto A, relativo ao ensaio T3, do que o do conjunto B do ensaio T1. A partir dessas informações, é imediato concluir que existe uma resistência adicional para o recalque do conjunto A; talvez, problemas com a válvula de retenção, ou simplesmente obstrução da tubulação na saída da bomba. O interessante é que, no ensaio T3 com o conjunto A, a vazão é superior à do ensaio T1 com o conjunto B, apesar de ter maior resistência para o escoamento. Diante desse caso específico, numa análise preliminar do operador de bomba, o conjunto A tem um maior rendimento que o conjunto B, o que na realidade não é verdade no que se refere à resistência do escoamento.

Do ponto de vista de eficiência das tubulações, o ensaio T6 com o conjunto D em operação, recalcando água nas duas adutoras; é o ensaio que apresentou melhor valor do IDET1, pois tem uma vazão menor e, ainda, utiliza as duas adutoras, com isso o IDET1 ficou em 0,69 e 0,67, respectivamente, para as adutoras DN 250mm e DN 400mm.

O índice IDET1 se mostrou interessante também para avaliar a relação de vazão com a capacidade de escoamento com menor perda de carga, o que pode ser observado comparando os ensaios T1 e T3 com o ensaio T2, este último com um IDET1 de 0,11 enquanto que esse índice é de 0,60 e 0,47 para os conjuntos B e A, respectivamente. À medida que a tubulação fica sujeita a maiores vazões, sua eficiência é reduzida.

Poucos índices IDET1 ficaram acima de 0,50, que seria um valor médio, e isso despertou a curiosidade quanto à eficiência da tubulação. Observando a Tabela 4.18 apresentada por Azevedo Netto et al. (2003), obtém-se os valores do coeficiente C da Hazen Williams de 70 e 87, respectivamente, para as adutoras com DN 250 mm com 50 anos de uso e DN 400 mm com 30 anos de uso. Na verdade, o maior valor de C determinado foi de 65 e no ensaio T0, que possui a maior vazão, enquanto que os ensaios com as menores vazões, como é o caso dos ensaios T1 e T3, têm valores de C de 43 e 39, respectivamente. O normal seria obter os maiores valores C quanto menor for a vazão, como ocorreu na EEAB Rio Mogi Guaçu. Talvez uma das razões dos valores baixos do coeficiente C de Hazen-Williams e consequente elevada perda de carga na tubulação, seja o mau funcionamento das válvulas de retenção.

No decorrer dos estudos de casos junto ao corpo técnico do SAAE de Itapira-SP, foram passadas essas observações e alertas, entretanto, devido ao planejamento do SAAE na cidade, não houve tempo hábil para verificar as válvulas de retenção até o fechamento deste trabalho, mas ficou agendada a revisão. Nesse tipo de análise e o diagnóstico é sutil e de grande importância para verificar perdas energéticas na tubulação, sendo que o auxílio do índice IDET1 facilita a verificação. Até meados de junho de 2017, não havia sido feito a revisão.

Com a análise dos índices de desempenho energético da tubulação de cada combinação factível de entrar em operação, é possível avaliar a eficiência da tubulação, adotar para a operação de bombeamento as combinações mais eficientes, com o intuito de reduzir custos da EEAB, bem como identificar eventuais interferências que estejam ocorrendo na adutora.

5.2.2 Determinação dos Índices de Desempenho Energético do Motor – IDEM da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP

Como mencionado na metodologia, quando a análise de rendimento é sobre um motor que não apresenta um gráfico de rendimento e sobre conjuntos motobomba trabalhando em série ou paralelo, não é possível avaliar o rendimento do motor isoladamente. Dos ensaios realizados na EEAB Ribeirão da Penha, somente três deles foram realizados com apenas um conjunto em operação, que são os ensaios T1, T3 e T6, os quais apresentam os índices de desempenho energético nas Tabelas 5.24, 5.25 e 5.26.

Tabela 5.24 – Planilha com os dados para determinação do IDEM1, conforme ensaio T1, para o motor do conjunto B da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEM1 - ÍNDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO MOTOR			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bomba B - Adutora DN 400mm (Ensaio T1)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Potência Elétrica Ativa	138,67	kW	Curva de Carga das 10:00 as 10:40 - CPFL
Potência Nominal	128,71	kW	Conjunto 175 CV - Conforme Placa do Motor WEG
Rotação Motor	1.785	rpm	Motor de 4 Polos - Conforme Placa do Motor WEG
Relação de Potências	107,74	%	Relação entre as Potências Ativa e Nominal.
Rendimento Medido	96,00	%	Conforme Gráfico do motor da WEG.
Rendimento Lei	95,00	%	Conforme tabela Lei Federal Nº 4508/2002.
IDEM1	1,00		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Motor de Alto Rendimento WEG - Informações do fabricante		

Tabela 5.25 – Planilha com os dados para determinação do IDEM1, conforme ensaio T3, para o motor do conjunto A da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEM1 - ÍNDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO MOTOR			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bomba A - Adutora DN 400mm (Ensaio T3)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Potência Elétrica Ativa	139,40	kW	Curva de Carga das 11:30 as 12:10 - CPFL
Potência Nominal	128,71	kW	Conjunto 175 CV - Conforme Placa do Motor WEG
Rotação Motor	1.785	rpm	Motor de 4 Polos - Conforme Placa do Motor WEG
Relação de Potências	108,31	%	Relação entre as Potências Ativa e Nominal.
Rendimento Medido	96,00	%	Conforme Gráfico do motor da WEG.
Rendimento Lei	95,00	%	Conforme tabela Lei Federal Nº 4508/2002.
IDEM1	1,00		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Motor de Alto Rendimento WEG - Informações do fabricante		

Tabela 5.26 – Planilha com os dados para determinação do IDEM1, conforme ensaio T6, para o motor do conjunto D da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEM1 - ÍNDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO MOTOR			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas D - Adutoras DN 250 e 400 mm (Ensaio T6)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Potência Elétrica Ativa	185,33	kW	Curva de Carga das 14:20 as 15:00 - CPFL
Potência Nominal	183,87	kW	Conjunto 250 CV - Conforme Placa do Motor WEG
Rotação Motor	1.785	rpm	Motor de 4 Polos - Conforme Placa do Motor WEG
Relação de Potências	100,79	%	Relação entre as Potências Ativa e Nominal.
Rendimento Medido	96,00	%	Conforme Gráfico do motor da WEG.
Rendimento Lei	95,00	%	Conforme tabela Lei Federal Nº 4508/2002.
IDEM1	1,00		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Motor de Alto Rendimento WEG - Informações do fabricante		

Nos três índices determinados para os ensaios T1, T3 e T6, a relação de potência sempre esteve acima de 100% e abaixo de 115%, que corresponde ao fator de serviço de 1,15 desses motores, portanto os mesmos apresentaram o máximo de rendimento, que é um 1% acima do exigido pela lei federal nº 4508/2002.

5.2.3 Determinação dos Índices de Desempenho Energético da Bomba – IDEB da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP

Com a relação entre o rendimento calculado da bomba e o rendimento máximo da bomba para o rotor em operação, determina-se o índice de desempenho energético das bombas – IDEB1; as Tabelas 5.27, 5.28 e 5.29 ilustram as planilhas de cálculo com a informações a respeito das variáveis necessárias para a obtenção do índice, bem como os IDEB1 para os ensaios T1, T3 e T6.

Eventualmente, esses índices de desempenho energético da bomba podem agregar o desempenho do motor, pois o que está sendo avaliado no motor é simplesmente o seu rendimento, considerando a sua subutilização, quando o motor possui uma potência nominal acima do necessário para o trabalho a ser realizado pela bomba, excluindo suas eventuais imperfeições, relativo a instalação e manutenção.

Tabela 5.27 – Planilha com os dados para determinação do IDEB1, conforme ensaio T1, para o motor do conjunto B da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEB1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA BOMBA			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bomba B - Adutora DN 400mm (Ensaio T1)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Peso Especifico da Água	1.000	Kgf/m ³	Peso Específico da Água.
Altura Manométrica	66,59	mca	Altura Manométrica da Sucção e Recalque
Vazão	130,86	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Potência Elétrica Ativa	138,67	kW	Curva de Carga das 10:00 as 10:40 - CPFL
Rendimento do Motor	96,00	%	Conforme Gráfico do motor da WEG.
Rend. Bomba Máximo	76,00	%	Curva de Rend. da Bomba KSB 150-50 - 410mm.
Rend. Bomba Calculado	65,08	%	Rendimento da Bomba - Calculado.
IDEB1	0,86		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.

Tabela 5.28 – Planilha com os dados para determinação do IDEB1, conforme ensaio T3, para o motor do conjunto A da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEB1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA BOMBA			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bomba A - Adutora DN 400mm (Ensaio T3)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Peso Especifico da Água	1.000	Kgf/m ³	Peso Específico da Água.
Altura Manométrica	68,37	mca	Altura Manométrica da Sucção e Recalque
Vazão	133,69	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Potência Elétrica Ativa	139,40	kW	Curva de Carga das 9:59 AM as 10:44 AM - CPFL
Rendimento do Motor	96,00	%	Rendimento conforme curva da WEG
Rend. Bomba Máximo	76,00	%	Curva de Rend. da Bomba KSB 150-50 - 410mm.
Rend. Bomba Calculado	67,91	%	Rendimento da Bomba - Calculado.
IDEB1	0,89		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.

Tabela 5.29 – Planilha com os dados para determinação do IDEB1, conforme ensaio T6, para o motor do conjunto A da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEB1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA BOMBA			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas D - Adutoras DN 250 e 400 mm (Ensaio T6)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Peso Especifico da Água	1.000	Kgf/m ³	Peso Específico da Água.
Altura Manométrica	65,63	mca	Altura Manométrica da Sucção e Recalque
Vazão	194,75	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Potência Elétrica Ativa	185,33	kW	Curva de Carga das 14:20 as 15:00 - CPFL
Rendimento do Motor	96,00	%	Conforme Gráfico do motor da WEG.
Rend. Bomba Máximo	85,00	%	Curva de Rend. da Bomba IMBIL ITAP 200-400 - 385mm.
Rend. Bomba Calculado	71,43	%	Rendimento da Bomba - Calculado.
IDEB1	0,84		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.

Observando os índices de desempenho energético das bombas dos ensaios T1, T3 e T6, pode-se observar que foram obtidos os IDEB1 igual a 0,86, 0,89 e 0,82, respectivamente, porém o ensaio que apresenta o melhor rendimento da bomba não é o mais eficiente. Essas informações podem ser verificadas na Tabela 5.35. Dos três ensaios citados, o T6 é o mais eficiente, apesar de apresentar o menor IDEB1; isso ocorreu, pois o IDET1 do T6 é superior que o dos outros ensaios e, nesse caso, em específico, esse índice determinou o ensaio mais eficiente.

5.2.4 Determinação dos Índices de Desempenho Energético do Conjunto – IDEC da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP

Nos ensaios T2 e T4, existem dois conjuntos trabalhando em paralelo, enquanto que nos ensaios T0, T5 e T7, três conjuntos estão recalçando água em paralelo. Para esses casos, não há como determinar o rendimento do motor e bombas isoladamente. Nessas situações, aplica-se a determinação do índice de desempenho energético do conjunto, em que se analisa o rendimento dos motores e das bombas conjuntamente.

As Tabelas 5.30 a 5.34 ilustram as planilhas de cálculo com a informações a respeito das variáveis necessárias para a obtenção do índice, bem como os IDEC1 para os ensaios T0, T2, T4, T5 e T6.

Tabela 5.30 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1, conforme ensaio T0, para os conjuntos B, C e D da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEC1 - ÍNDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO CONJUNTO MOTOR E BOMBA			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas B, C e D - Adutoras DN 400 e 250mm (Ensaio T0)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Peso Específico da Água	1.000	Kgf/m ³	Peso Específico da Água
Altura Manométrica	73,22	mca	Altura Manométrica da Sucção e Recalque
Vazão	360,26	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Potência Elétrica Ativa	398,57	kW	Curva de Carga das 8:45 as 9:50 - CPFL
Rend. dos Conjuntos	65,80	%	Rendimento dos conjuntos Motobomba - Calculado
Rend. Máximo Motor	95,00	%	Conforme tabela Lei Federal Nº 4508/2002.
Rend. Máximo Bomba	85,00	%	Curva de Rend. da Bomba IMBIL ITAP 200-400 - 385mm.
IDEC1	0,81		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Adotado o rendimento da Bomba D, a mais eficiente.		

Tabela 5.31 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1, conforme ensaio T2, para os conjuntos A e B da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEC1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO CONJUNTO MOTOR E BOMBA			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A e B - Adutora DN 400mm (Ensaio T2)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Peso Específico da Água	1.000	Kgf/m³	Peso Específico da Água
Altura Manométrica	73,32	mca	Altura Manométrica da Sucção e Recalque
Vazão	229,55	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Potência Elétrica Ativa	249,00	kW	Curva de Carga das 10:50 as 11:20 - CPFL
Rend. dos Conjuntos	67,20	%	Rendimento dos conjuntos Motobomba - Calculado
Rend. Máximo Motor	95,00	%	Conforme tabela Lei Federal Nº 4508/2002.
Rend. Máximo Bomba	76,00	%	Curva de Rend. Bomba KSB ETA 150-50 - 410mm.
IDEC1	0,93		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.

Tabela 5.32 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1, conforme ensaio T4, para os conjuntos A e B da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEC1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO CONJUNTO MOTOR E BOMBA			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A e B - Adutoras DN 400 e 250mm (Ensaio T4)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Peso Específico da Água	1.000	Kgf/m³	Peso Específico da Água
Altura Manométrica	73,12	mca	Altura Manométrica da Sucção e Recalque
Vazão	241,68	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Potência Elétrica Ativa	257,17	kW	Curva de Carga das 12:25 as 13:25 - CPFL
Rend. dos Conjuntos	68,32	%	Rendimento dos conjuntos Motobomba - Calculado
Rend. Máximo Motor	95,00	%	Rendimento conforme tabela Lei Nº4508/2002.
Rend. Máximo Bomba	76,00	%	Curva de Rendimento - KSB 150-50 - 410mm.
IDEC1	0,95		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.

Tabela 5.33 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1, conforme ensaio T5, para os conjuntos A, B e C da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEC1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO CONJUNTO MOTOR E BOMBA			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A, B e C - Adutoras DN 400 e 250mm (Ensaio T5)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Peso Específico da Água	1.000	Kgf/m³	Peso Específico da Água
Altura Manométrica	76,79	mca	Altura Manométrica da Sucção e Recalque
Vazão	295,55	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Potência Elétrica Ativa	338,85	kW	Curva de Carga das 13:35 as 14:10 - CPFL
Rend. dos Conjuntos	66,59	%	Rendimento dos conjuntos Motobomba - Calculado
Rend. Máximo Motor	95,00	%	Rendimento conforme tabela Lei Nº4508/2002.
Rend. Máximo Bomba	76,00	%	Curva de Rend. da Bomba KSB ETA 150-50 - 410mm.
IDEC1	0,92		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.

Tabela 5.34 – Planilha com os dados para determinação do IDEC1, conforme ensaio T7, para os conjuntos A, C e D da EEAB Ribeirão da Penha.

IDEC1 - INDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO CONJUNTO MOTOR E BOMBA			
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Bombas A, C e D - Adutoras DN 400 e 250mm (Ensaio T7)			
Variável	Valor	Unidade	Origem dos Dados
Peso Específico da Água	1.000	Kgf/m³	Peso Específico da Água
Altura Manométrica	73,53	mca	Altura Manométrica da Sucção e Recalque
Vazão	359,61	l/s	Valor médio obtido no dia 29/09/2016
Potência Elétrica Ativa	397,11	kW	Curva de Carga das 15:15 as 15:45 - CPFL
Rend. dos Conjuntos	66,20	%	Rendimento dos conjuntos Motobomba - Calculado
Rend. Máximo Motor	96,00	%	Rendimento conforme tabela Lei Nº4508/2002.
Rend. Máximo Bomba	85,00	%	Curva de Rend. da Bomba IMBIL ITAP 200-400 - 385mm.
IDEC1	0,81		DADOS REAIS - Coleta de dados em 29/09/2016.
Observação:	Adotado o rendimento da Bomba D, a mais eficiente.		

A Tabela 5.35 ilustra a planilha com os dados, bem como os índices IDET1, IDEM1 e IDEB1 obtidos nos oito ensaios realizados na EEAB Ribeirão da Penha. Essa planilha facilita a análise do desempenho energético dos ensaios realizados.

No caso dos ensaios T0 e T5, que possuem dois tipos de bombas diferentes em operação, foi adotado o maior rendimento máximo das bombas em análise para determinação do IDEC1.

Tabela 5.35 – Planilha com os dados referente aos oito ensaios realizados na EEAB Ribeirão da Penha para determinação do IDET1, IDEM1, IDEB1 e IDEC1.

Ensaio	Tubos	Conjuntos	Diam.	Hm	Vazão	Veloc.	Δh	Coef.C	IDET1	IDEM1	IDEB1	IDEC01	Energia	Cons. Esp.	Mais
	DN mm		mm	mca	l/s	m/s	m/Km	$m^{0,367}/s$	Tubo	Motor	Bomba	Conj.	kWh	kWh/m³	Efic.
T0	250	B // C // D	252	73,22	74,56	1,49	31,48	65	0,16			0,81	398,57	0,307	6
	400	B // C // D	416	73,22	285,70	2,10	32,98	65	0,12						
T1	400	B	416	66,59	130,86	0,96	17,18	43	0,60	1,00	0,86		138,67	0,294	3
T2	400	A // B	416	73,32	229,55	1,69	33,20	52	0,11			0,93	249,00	0,301	5
T3	400	A	416	68,37	133,69	0,98	21,43	39	0,47	1,00	0,89		139,40	0,290	2
T4	250	A // B	252	73,12	50,02	1,00	31,25	44	0,17			0,95	257,17	0,296	4
	400	A // B	416	73,12	191,66	1,41	32,73	44	0,13						
T5	250	A // B // C	252	76,79	61,17	1,23	39,59	47	0,00			0,92	338,85	0,318	7
	400	A // B // C	416	76,79	234,38	1,72	41,48	47	0,00						
T6	250	D	252	65,63	40,31	0,81	14,23	54	0,69	1,00	0,84		185,33	0,264	1
	400	D	416	65,63	154,44	1,14	14,90	54	0,67						
T7	250	A // C // D	252	73,53	74,43	1,49	32,18	64	0,14			0,81	397,11	0,307	6
	400	A // C // D	416	73,53	285,18	2,10	33,71	64	0,10						

Observando-se a coluna do consumo específico de energia elétrica por volume de água bruta recalçada, é possível avaliar quais ensaios são os mais eficientes do ponto de vista energético; no caso, o ensaio T6 acabou sendo o mais eficiente. Nesse ensaio, foi verificado o melhor índice IDET1, enquanto que o ensaio menos eficiente foi justamente o que obteve menor IDET1, mostrando que esse índice para a EEAB Ribeirão da Penha é fundamental para verificação da eficiência energética.

Entre os ensaios T3 e T1, respectivamente, o segundo e terceiro mais eficientes, pode-se observar que, apesar de o ensaio T3 possuir um IDET1 menor que o T1, acaba sendo mais eficiente, pois o índice IDEB1 do ensaio T3 é superior ao do T1. Isso deixa claro que, a análise de eficiência global dos conjuntos não tem como ser verificada por um índice ou outro, pois dependendo das configurações das instalações, o índice pode ter maior peso na determinação do conjunto mais eficiente.

Entretanto, esses índices auxiliam na identificação do que precisa ser melhorado e onde é possível obter ganho para melhorar o desempenho energético do conjunto.

5.2.5 Determinação dos Índices de Desempenho Energético Operacional e Financeiro – IDEOs e IDEFs- da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP

Toda a energia consumida na EEAB Ribeirão da Penha foi relativa aos conjuntos motobomba, que foram analisados nos estudos de desempenho energético. Essa elevatória possui somente um estágio de bombeamento.

Os índices operacionais e financeiros foram determinados a partir das informações disponíveis nas contas de energia elétrica fornecidas pela concessionária. Como a análise dos outros índices foi realizada no mês de setembro, a determinação dos índices operacionais e financeiros, também foram obtidos na conta de energia de setembro de 2016, com vencimento em outubro de 2016, cujas informações estão contidas na Tabela 5.36.

Tabela 5.36 – Planilha com os dados para determinação e os índices IDEO e IDEF da EEAB Ribeirão da Penha relativo a setembro de 2016.

IDEO e IDEF - INDICES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO OPERACIONAL E FINANCEIRO						
EEAB - Ribeirão da Penha - Itapira-SP - Referente - Set/2016 - Tarifa VERDE						Verde
ÍNDICES	OPERACIONAIS			FINANCEIROS		
HORÁRIO	PONTA	FORA PONTA	UNID.	PONTA	FORA PONTA	UNID.
Energia Ativa	9.255	157.000	kWh	8.145,73	44.807,16	R\$
Energia Reativa	420	8.955	kVArh	114,11	2.433,16	R\$
Demanda Ativa	-	408	kW	-	2.812,54	R\$
Demanda Contratada	-	395	kW	-	-	R\$
Demanda Ultrapassagem	-	13	kW	-	-	R\$
Demanda Reativa	-	48	kVAr	-	389,26	R\$
Dias do Período Medido	31		dias			
Impostos, Taxas e Adicionais				20.044,15		R\$
Custo Total de Energia Elétrica				78.746,11		R\$
ÍNDICES	OPERACIONAIS		FINANCEIROS			
Discriminação dos Indices	Indices	Valores	Indices	Valores		
Energia Reativa	IDEO1	0,947	IDEF1	0,954		
Energia Fora da Ponta	IDEO2	0,945	IDEF2	0,851		
Demanda de Ultrapassagem Ponta	IDEO3P	Não Tem	IDEF3P	Não Tem		
Demanda de Ultrap. Fora da Ponta	IDEO3F	0,969	IDEF3F	1,000		
Dem. Contratada x Consumida Ponta	IDEO4P	Não Tem				
Dem. Contr. x Cons. Fora da Ponta	IDEO4F	1,000				
Fator de Carga - Osciosidade	IDEO5	0,548				
Penalidades			IDEF6	0,950		

Para melhor visualização e compreensão dos índices operacionais e financeiros, foi elaborado um gráfico tipo radar, apresentado na Figura 5.20.

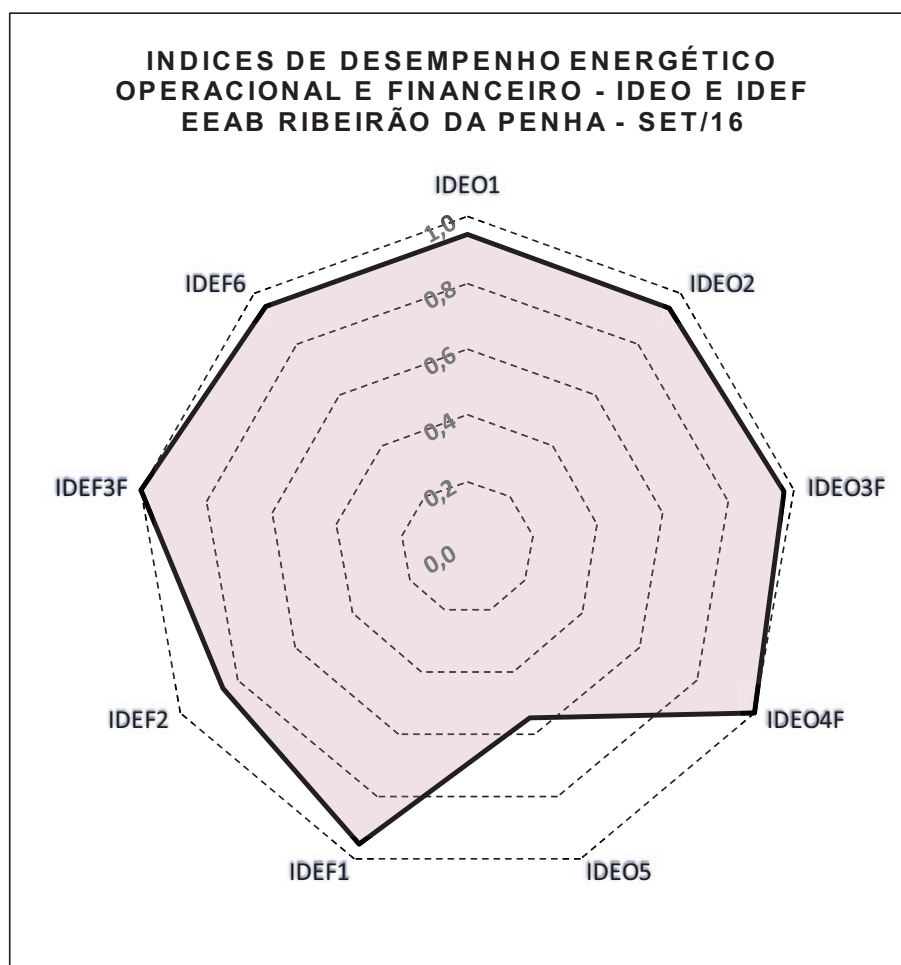


Figura 5.20 – Gráfico radar com os índices de desempenho energético operacional e financeiro, da EEAB Ribeirão da Penha relativo a setembro de 2016.

5.2.6 Determinação dos Índices de Desempenho Energético Financeiro – IDEOs e IDEFs- durante o ano de 2015 da EEAB Ribeirão da Penha – Itapira-SP

Os índices IDEO e IDEF para a EEAB Ribeirão de Penha de Itapira-SP foram obtidos a partir das informações contidas nas contas de energia elétrica de todo o ano de 2015. Foi escolhido esse ano para análise, por se tratar de um período difícil pelo qual o setor de saneamento da região passou, devido à estiagem na região, redução do consumo de água e, também, por ser o mesmo período estudado na EEAB Ribeirão Mogi Guaçu de Araras-SP.

Diante do exposto, foram determinados os índices de desempenho energético operacional e financeiro da EEAB Ribeirão de Penha para todo o ano de 2015 como estudo de caso. As Tabelas 5.37 e 5.38 apresentam informações, como:

as demandas e energias consumidas, nos horários de ponta e fora de ponta, respectivamente, enquanto que as Tabelas 5.39 e 5.40 apresentam informações, como: os custos das demandas e energias consumidas, nos horários de ponta e fora de ponta, respectivamente. Todas essas informações são relativas ao ano de 2015.

Tabela 5.37 – Planilha com as demandas e energias consumidas no horário de ponta, no ano de 2015, da EEAB Ribeirão da Penha.

MÊS	HORÁRIO DE PONTA - P					
	DEMANDA ATIVA (kW) DAP	DEMANDA CONTRAT. (kW) DCP	DEMANDA ULTRAP. (kW) DUP	DEMANDA REATIVA (kVar) DRP	ENERGIA ATIVA (kWh) EAP	ENERGIA REATIVA (kVarh) ERP
dez-15	0	0	0	0	6.420	30
nov-15	0	0	0	0	7.240	20
out-15	0	0	0	0	7.270	35
set-15	0	0	0	0	6.610	20
ago-15	0	0	0	0	6.655	0
jul-15	0	0	0	0	8.735	55
jun-15	0	0	0	0	8.585	0
mai-15	0	0	0	0	7.720	0
abr-15	0	0	0	0	8.465	0
mar-15	0	0	0	0	8.375	0
fev-15	0	0	0	0	8.845	0
jan-15	0	0	0	0	9.950	165
Total					94.870	325

Tabela 5.38 – Planilha com as demandas e energias consumidas no horário fora de ponta, no ano de 2015, da EEAB Ribeirão da Penha.

MÊS	HORÁRIO FORA DE PONTA - FP						DIAS MEDIDOS DPM	OBSERVAÇÕES
	DEMANDA ATIVA (kW) DAF	DEMANDA CONTRAT. (kW) DCF	DEMANDA ULTRAP. (kW) DUF	DEMANDA REATIVA (kVar) DRF	ENERGIA ATIVA (kWh) EAF	ENERGIA REATIVA (kVarh) ERF		
dez-15	404	395	9	29	144.960	2.215	31	
nov-15	398	395	3	20	168.600	1.865	30	
out-15	402	395	7	4	160.858	2.205	31	
set-15	386	395	0	0	156.000	880	30	
ago-15	385	420	0	0	146.405	1.625	31	
jul-15	385	420	0	0	133.125	1.175	31	
jun-15	387	420	0	0	150.710	880	30	
mai-15	387	420	0	0	130.800	900	31	
abr-15	389	420	0	0	151.020	2.335	30	
mar-15	341	420	0	0	141.775	1.035	31	
fev-15	340	420	0	0	163.235	1.130	28	
jan-15	400	420	0	12	156.630	4.545	31	
Total					1.804.118	20.790	365	

Tabela 5.39 – Planilha com os custos das demandas e energias consumidas, no horário de ponta, no ano de 2015 da EEAB Ribeirão da Penha.

MÊS	HORÁRIO DE PONTA - P					
	DEMANDA ATIVA (R\$) CDAP	DEMANDA CONTRAT. (R\$)	DEMANDA ULTRAP. (R\$) CDUP	DEMANDA REATIVA (R\$) CDRP	ENERGIA ATIVA (R\$) CEAP	ENERGIA REATIVA (R\$) CERP
dez-15	0,00		0,00	0,00	5.413,51	7,41
nov-15	0,00		0,00	0,00	6.104,95	4,94
out-15	0,00		0,00	0,00	6.130,25	8,64
set-15	0,00		0,00	0,00	5.573,71	4,94
ago-15	0,00		0,00	0,00	5.611,66	0,00
jul-15	0,00		0,00	0,00	7.365,57	13,59
jun-15	0,00		0,00	0,00	7.239,09	0,00
jun-15	0,00		0,00	0,00	6.509,69	0,00
jun-15	0,00		0,00	0,00	7.045,62	0,00
jun-15	0,00		0,00	0,00	6.711,79	0,00
jun-15	0,00		0,00	0,00	6.489,07	0,00
jun-15	0,00		0,00	0,00	7.299,75	32,86
Total					77.494,66	72,38

Tabela 5.40 – Planilha com os custos das demandas e energias consumidas no horário fora de ponta, no ano de 2015, da EEAB Ribeirão da Penha.

MÊS	HORÁRIO FORA DE PONTA - FP						IMPOSTOS	CUSTO
	DEMANDA ATIVA (R\$) CDAF	DEMANDA CONTRAT. (R\$)	DEMANDA ULTRAP. (R\$) CDUF	DEMANDA REATIVA (R\$) CDRF	ENERGIA ATIVA (R\$) CEAF	ENERGIA REATIVA (R\$) CERF	IMPOSTOS E OUTROS (R\$) CIMP	CUSTO TOTAL DA CONTA (R\$) CTEE
dez-15	2.815,88		0,00	237,80	38.333,72	547,24	25.795,24	73.150,80
nov-15	2.774,06		0,00	164,00	44.585,18	460,77	31.031,51	85.125,41
out-15	2.801,94		0,00	32,80	42.465,65	544,77	29.780,86	81.764,91
set-15	2.753,15		0,00	0,00	41.253,18	217,41	29.272,26	79.074,65
ago-15	2.927,40		0,00	0,00	38.715,86	401,48	27.724,43	75.380,83
jul-15	2.927,40		0,00	0,00	38.204,03	290,30	25.154,39	73.955,28
jun-15	2.927,40		0,00	0,00	39.854,28	217,41	31.916,24	82.154,42
mai-15	2.927,40		0,00	0,00	34.589,21	222,35	25.811,18	70.059,83
abr-15	2.775,85		0,00	0,00	39.088,71	561,72	26.722,54	76.194,44
mar-15	2.595,39		0,00	0,00	33.661,22	233,64	22.034,60	65.236,64
fev-15	2.595,39		0,00	0,00	29.627,23	225,00	20.894,70	59.831,39
jan-15	2.595,39		0,00	87,24	28.428,43	904,96	16.273,59	55.622,22
Total	33.416,65		0,00	521,84	448.806,70	4.827,05	312.411,54	877.550,82

Sobre essas informações fornecidas pelas contas de energia elétrica foram elaborados alguns gráficos com apenas as informações, para servir de base de comparação com os resultados obtidos pelos índices de desempenho energético operacional e financeiro. São eles:

- Custo total em relação à energia ativa consumida (kWh) para realizar o bombeamento da água bruta do Ribeirão da Penha até a ETA, no ano de 2015, conforme ilustrado na Figura 5.21.

- Energias ativa e reativa consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015, conforme apresentado na Figura 5.22.

- Energias ativa e reativa consumidas no horário de ponta e fora de ponta na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015, conforme ilustrado na Figura 5.23.

- Demandas ativa, reativa e contratada da EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015, conforme ilustrado na Figura 5.24.

- Custo total com o fornecimento de energia elétrica e das penalidades como, energia reativa, demanda reativa e ultrapassagem da demanda contratada, da EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015, conforme apresentado na Figura 5.25.

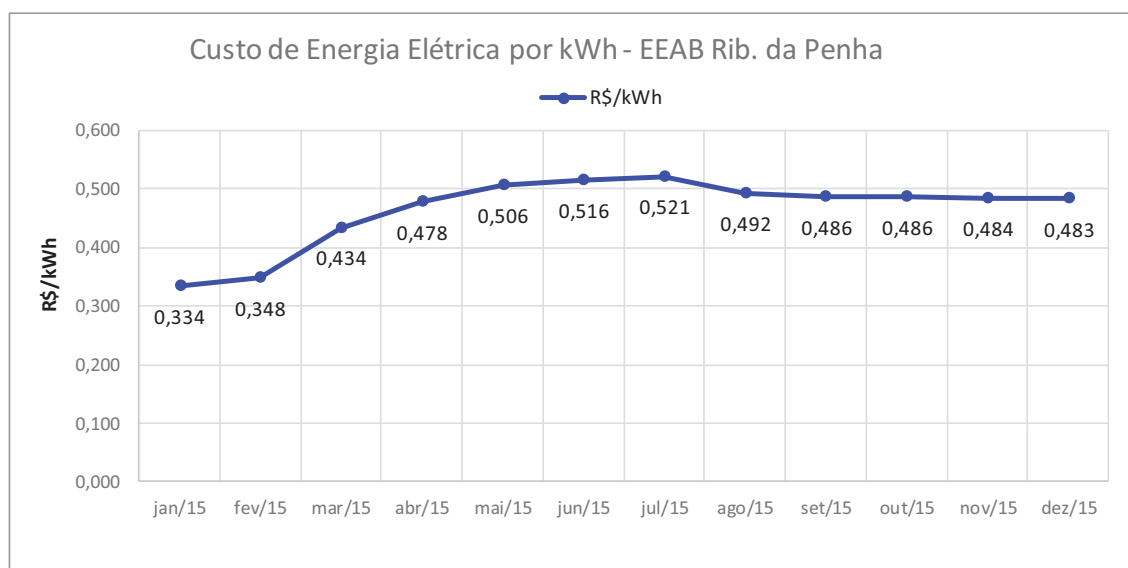


Figura 5.21 – Gráfico da relação entre o custo total com a energia ativa consumida (kWh), para realizar o bombeamento da água bruta do Ribeirão da Penha até a ETA, no ano de 2015.

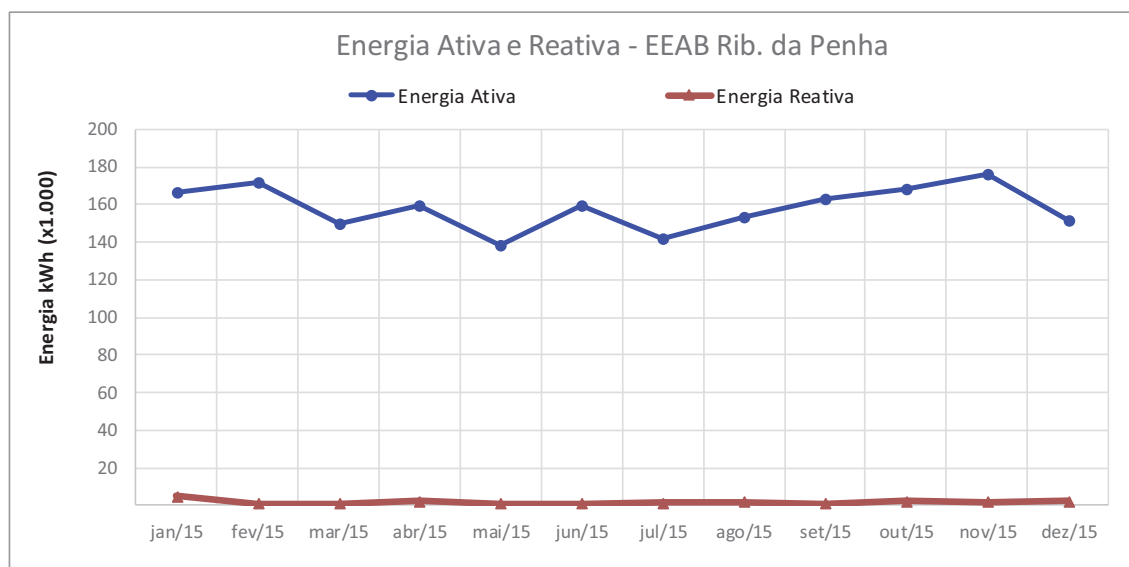


Figura 5.22 – Gráfico das energias ativa e reativa consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

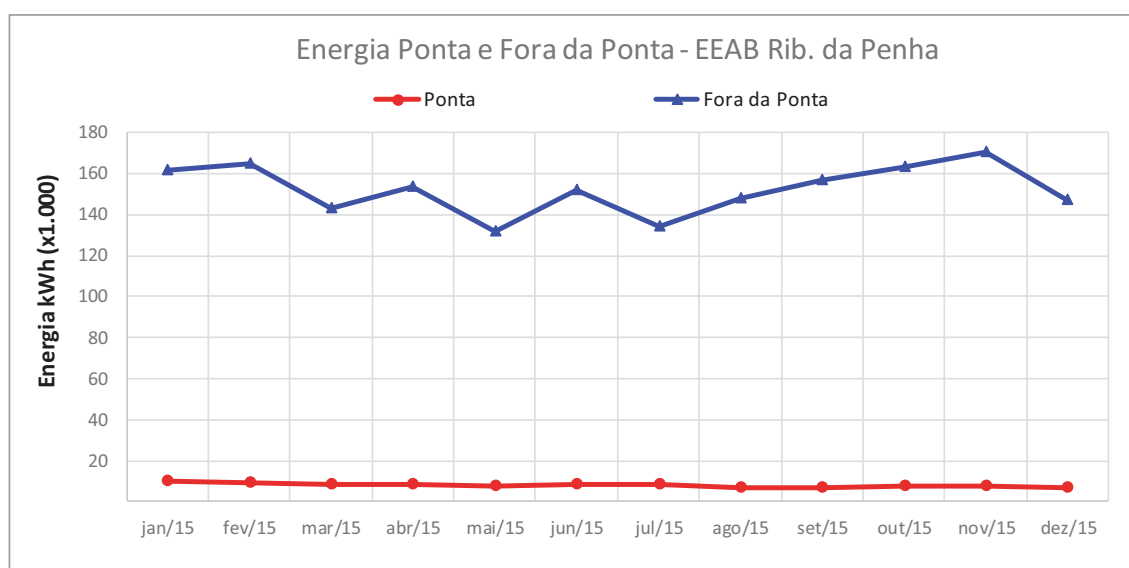


Figura 5.23 – Gráfico das energias ativa e reativa consumidas no horário de ponta e fora de ponta na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

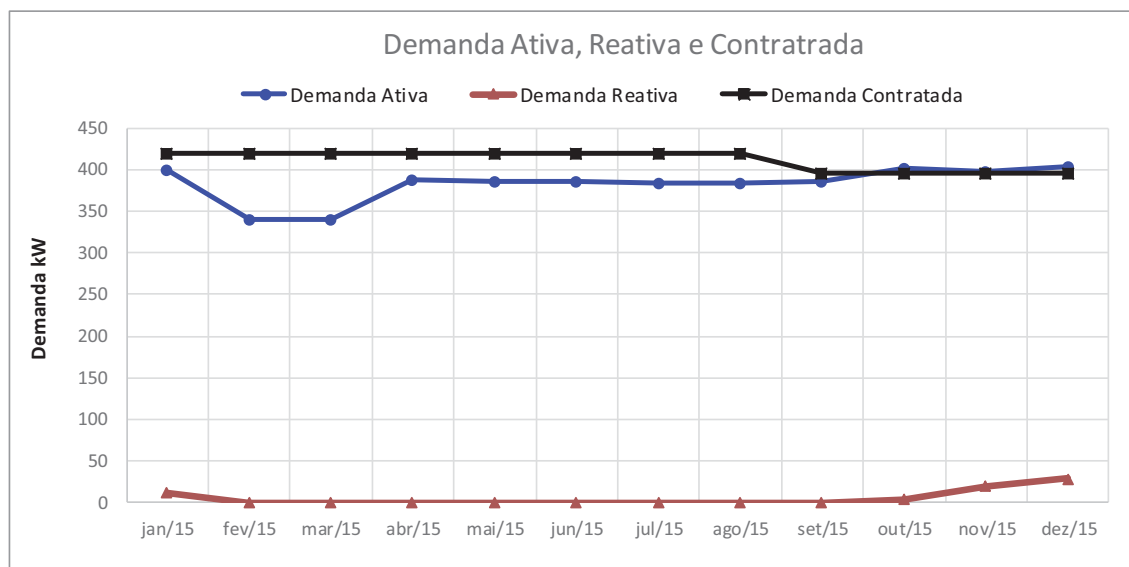


Figura 5.24 – Gráfico das demandas ativa, reativa e contratada da EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

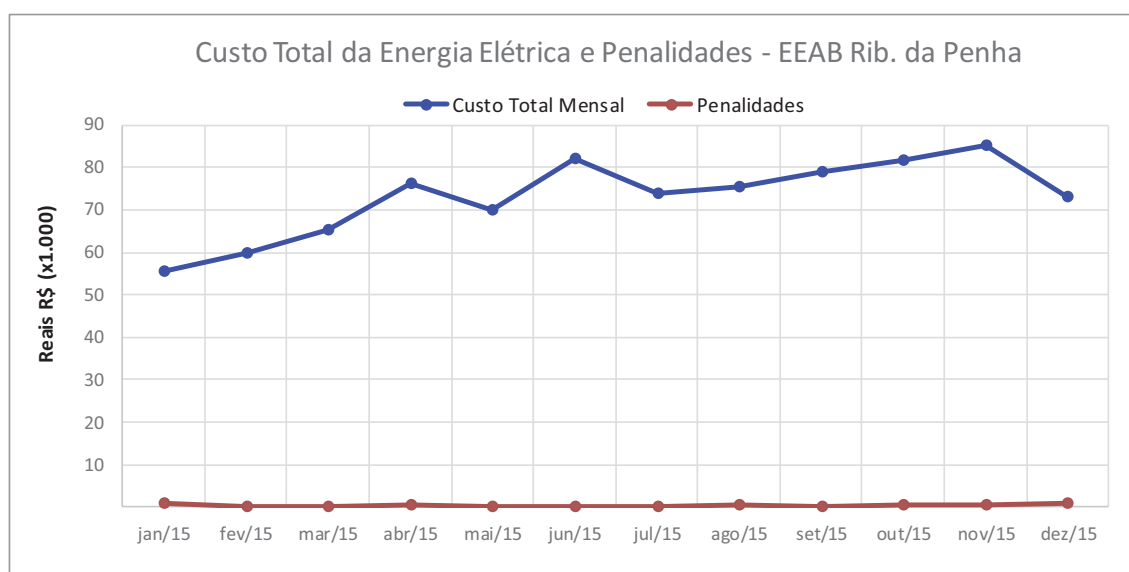


Figura 5.25 – Gráfico do custo total com o fornecimento de energia elétrica e das penalidades da EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

Das Figuras 5.26 a 5.37 estão ilustrados todos os gráficos relativos aos índices de desempenho energético operacional e financeiro da EEAB Ribeirão da Penha para o ano de 2015. Esses gráficos representam as seguintes variáveis:

- IDEO1 – índice obtido da relação entre a energia ativa e as energias ativa e reativa consumidas, cujo gráfico está ilustrado na Figura 5.26;
- IDEF1 – índice obtido da relação entre os custos da energia ativa e das energias ativa e reativa consumidas, conforme gráfico apresentado na Figura 5.27;
- IDEO2 – índice obtido da relação entre as energias fora do horário de ponta, e total consumidas, cujo gráfico está apresentado na Figura 5.28;
- IDEF2 – índice obtido da relação entre os custos das energias fora do horário de ponta, e total consumidas, conforme gráfico apresentado na Figura 5.29;
- IDEO3F – índice obtido da relação entre a demanda ativa e a demanda ativa mais a de ultrapassagem no horário fora de ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.30;
- IDEF3F – índice obtido da relação do custo da demanda ativa com a demanda ativa mais a de ultrapassagem no horário fora de ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.31;
- IDEO3P – índice obtido da relação da demanda ativa com a demanda ativa mais a de ultrapassagem no horário de ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.32;
- IDEF3P – índice da relação do custo da demanda ativa com a demanda ativa mais a de ultrapassagem no horário de ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.33;
- IDEO4F – índice da relação da demanda ativa fora da ponta e da demanda contratada fora da ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.34;
- IDEO4P – índice da relação da demanda ativa na ponta e da demanda contratada na ponta, conforme gráfico apresentado na Figura 5.35;
- IDEF5 – índice da relação dos custos das penalidades entendida como os custos de energia reativa, da demanda reativa e ultrapassagens das demandas, tudo tanto no horário fora de ponta como na ponta, com todos os custos de energias, demandas e ultrapassagens, conforme gráfico apresentado na Figura 5.36;
- IDEO6 – índice da ociosidade dos conjuntos motobomba ou fator de carga, conforme gráfico apresentado na Figura 5.37.

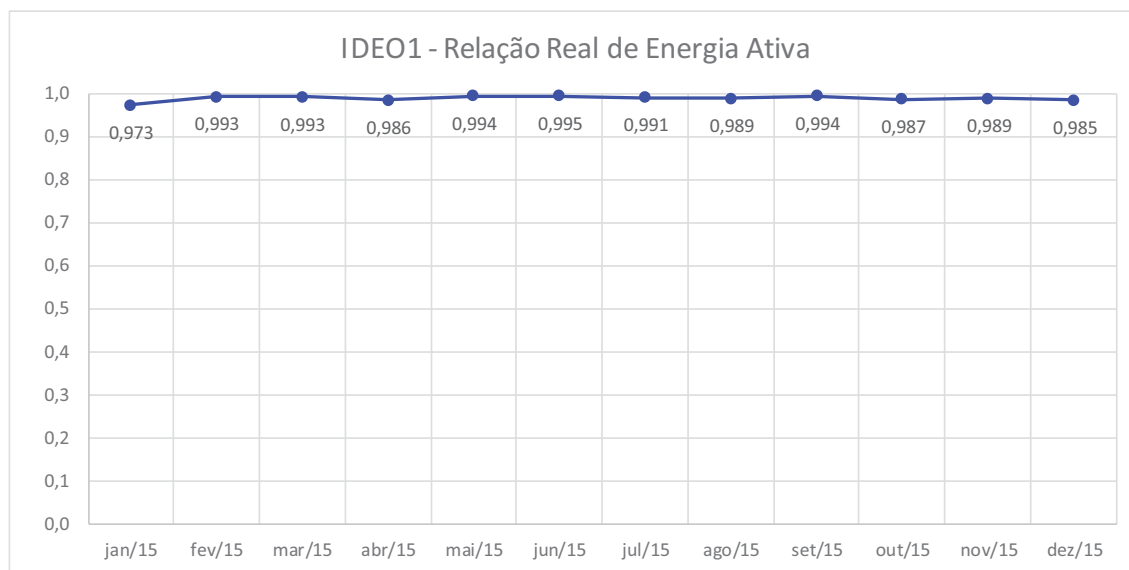


Figura 5.26 – Gráfico do IDEO1 – Relação entre a energia ativa e as energias ativa e reativa consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

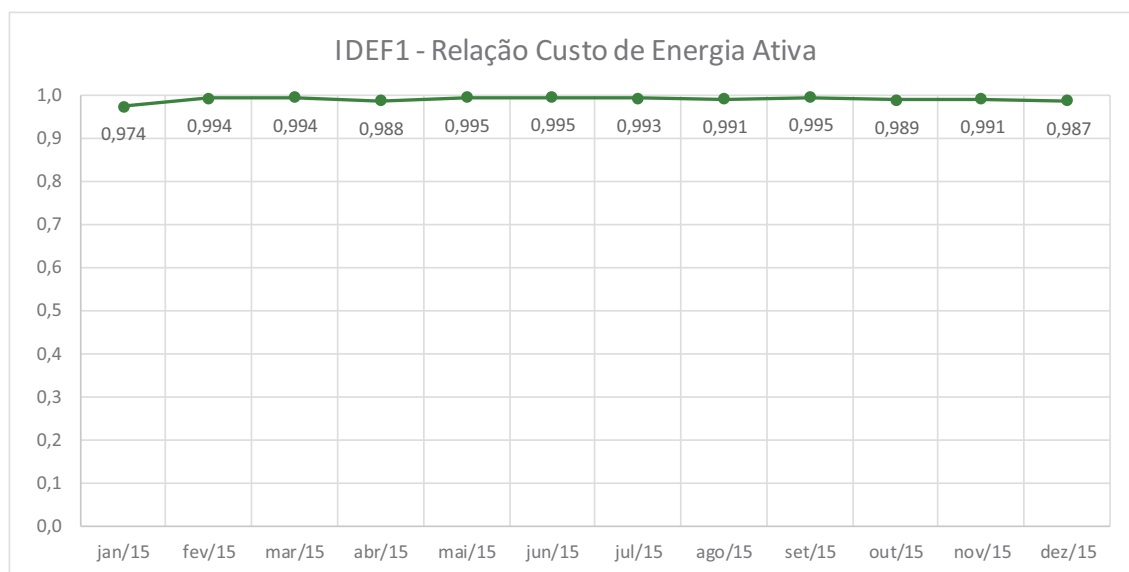


Figura 5.27 – Gráfico do IDEF1 – Relação entre os custos da energia ativa e das energias ativa e reativa consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

A Figura 5.26 ilustra que durante todo o ano de 2015 houve energia reativa acima do limite do fator de potência de 0,92; a Figura 5.27 ilustra o mesmo, porém com dados relativos ao que foi pago. Os índices apontam uma pequena energia reativa, que ocorreu durante todo o ano de 2015. Para zerar os custos com energia reativa é necessária, por exemplo, a instalação de um banco de capacitores que corrija o fator de potência.

Por haver pouca energia reativa medida no ano de 2015 para a EEAB Ribeirão da Penha, os gráficos do IDEO1 e IDEF1 possuem valores bem próximos.

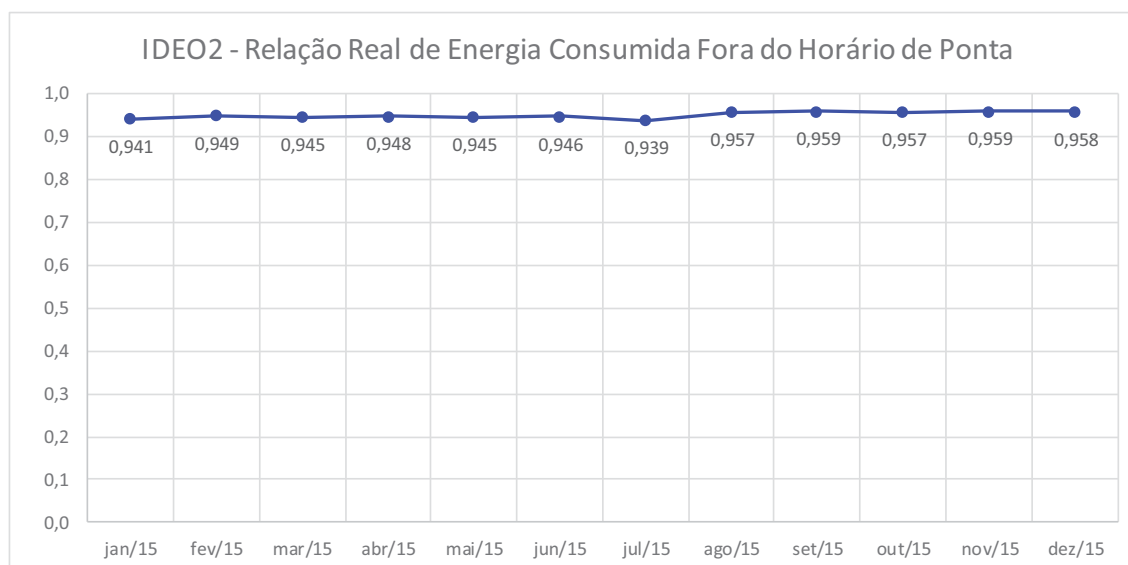


Figura 5.28 – Gráfico do IDEO2 – Relação entre as energias fora do horário de ponta, e total consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

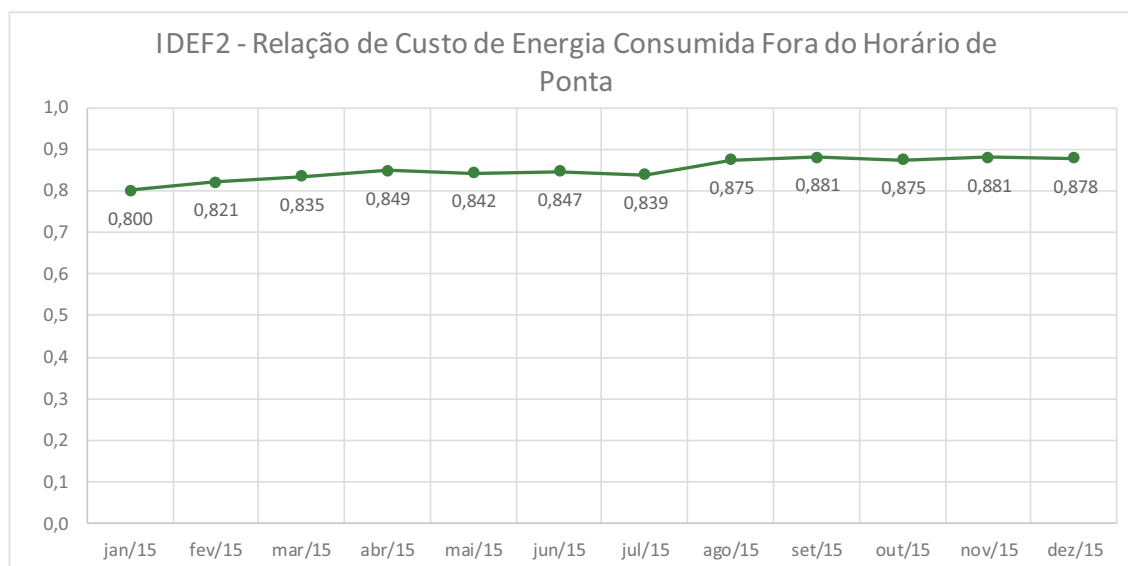


Figura 5.29 – Gráfico do IDEF2 – Relação entre os custos das energias fora do horário de ponta, e total consumidas na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

Dependendo da forma em que se encontram as instalações, nem sempre é possível evitar o consumo de energia no horário de pico, porém os índices IDEO2 e IDEF2, cujo gráfico está ilustrado nas Figuras 5.28 e 5.29, são interessantes por

estarem sempre alertando o gestor sobre o quanto de energia está sendo utilizada proporcionalmente, no horário de pico, além do custo proporcional dessa energia consumida nessas mesmas condições.

A diferença dos índices entre os dois gráficos deve-se ao maior custo da energia no horário de pico.

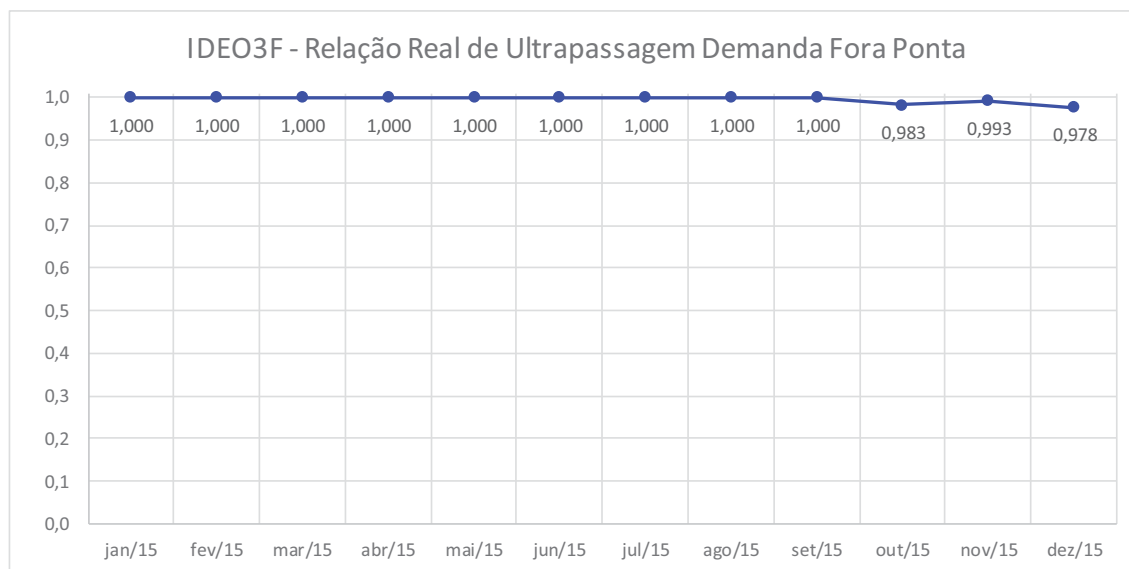


Figura 5.30 – Gráfico do IDEO3F – Relação da demanda ativa e demanda ativa mais a ultrapassagem, no horário fora de ponta na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

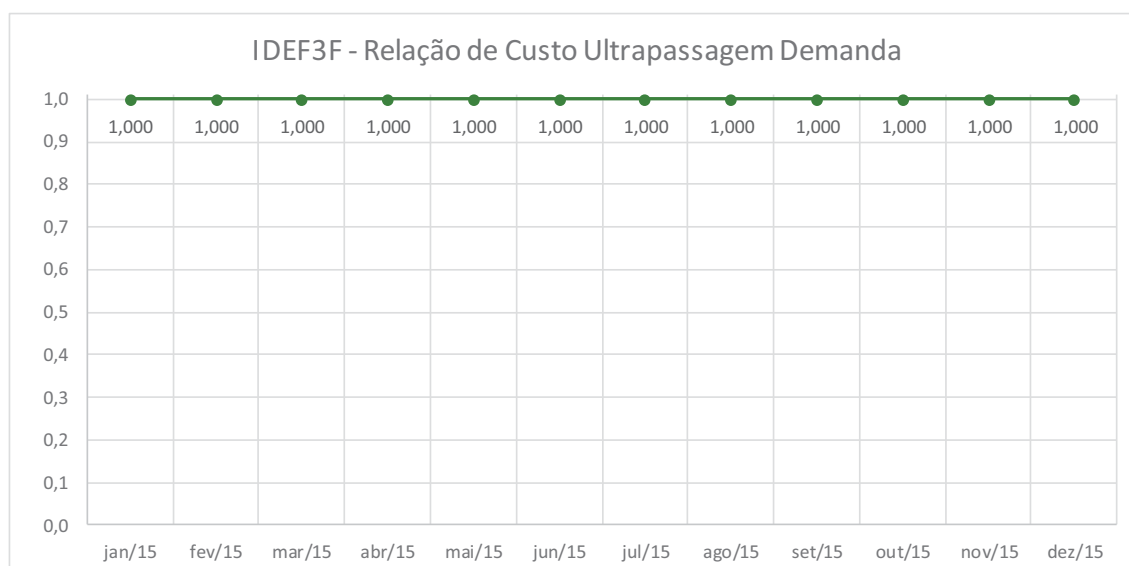


Figura 5.31 – Gráfico do IDEF3F – Relação do custo da demanda ativa e da demanda ativa mais a ultrapassagem, no horário fora de ponta, EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

Os gráficos das Figuras 5.30 e 5.31 ilustram a utilização das demandas fora do horário de ponta acima do estabelecido no contrato de fornecimento de energia pela concessionária. No final de 2015, houve uma pequena ultrapassagem, porém dentro do limite de 5% para ser cobrado, portanto foi apontado somente no índice IDEO3F.

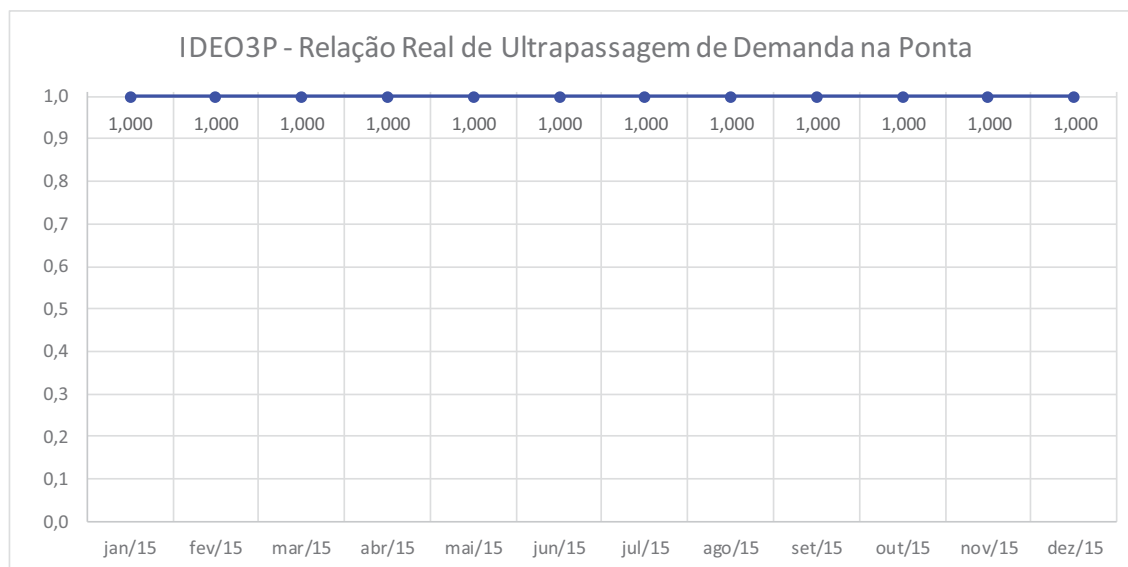


Figura 5.32 – Gráfico do IDEO3P – Relação da demanda ativa, com a soma da demanda ativa mais a de ultrapassagem, no horário de ponta, EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

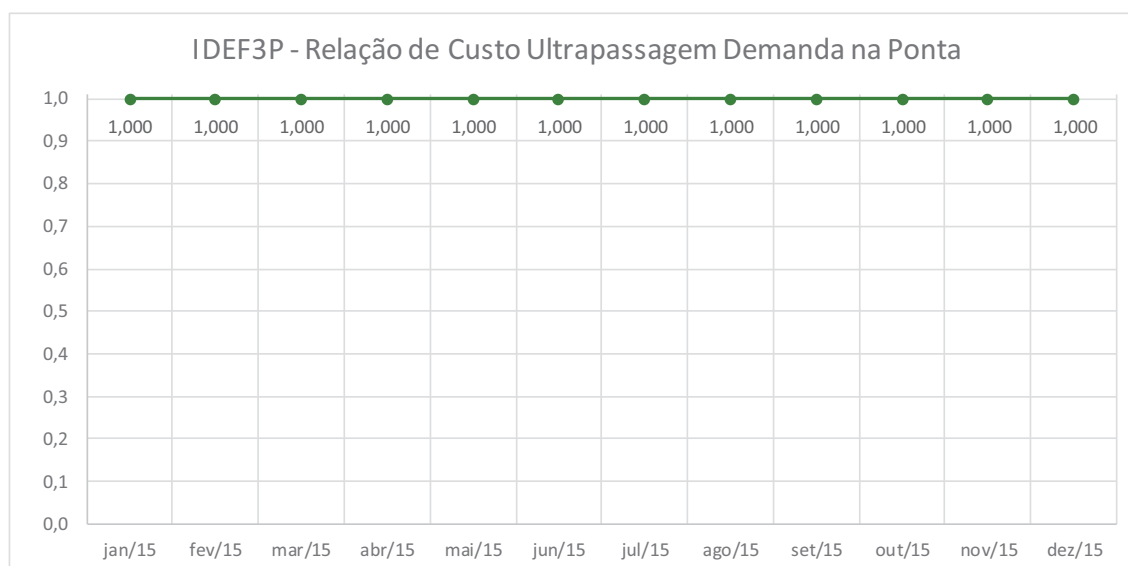


Figura 5.33 – Gráfico do IDEF3P – Relação do custo da demanda ativa e da demanda ativa mais da de ultrapassagem, no horário de ponta, EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

Conforme pode-se observar nas Figuras 5.32 e 5.33, em ambos os gráficos os índices são sempre iguais a um, pelo contrato de fornecimento de energia na EEAB Ribeirão da Penha ter sido feito com a tarifa verde, em que não há demanda contratada no horário de pico.

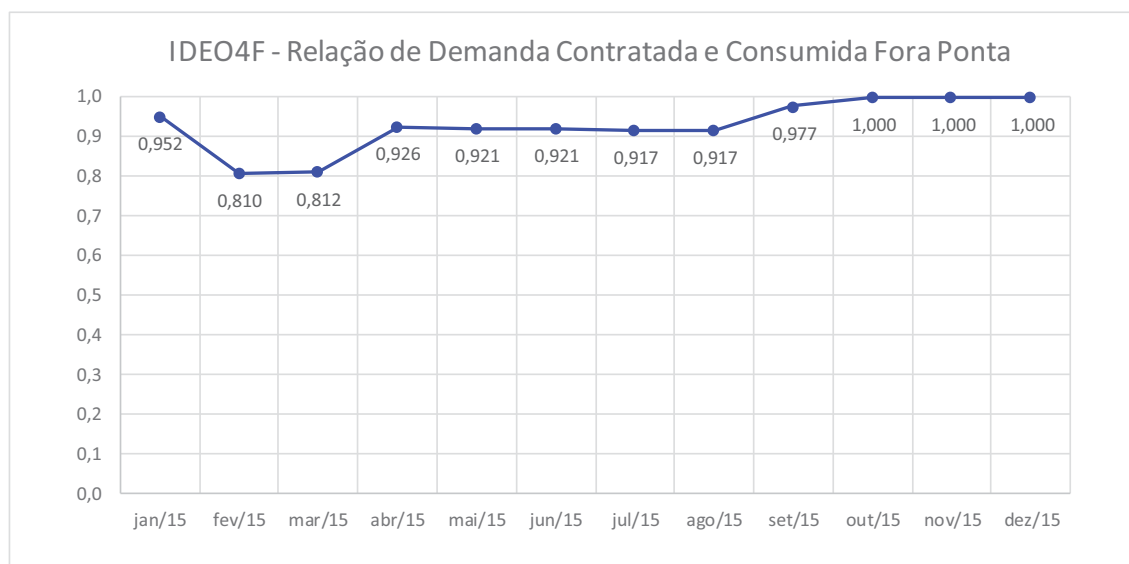


Figura 5.34 – Gráfico do IDEO4F – Relação da demanda ativa fora da ponta e da demanda contratada fora da ponta na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

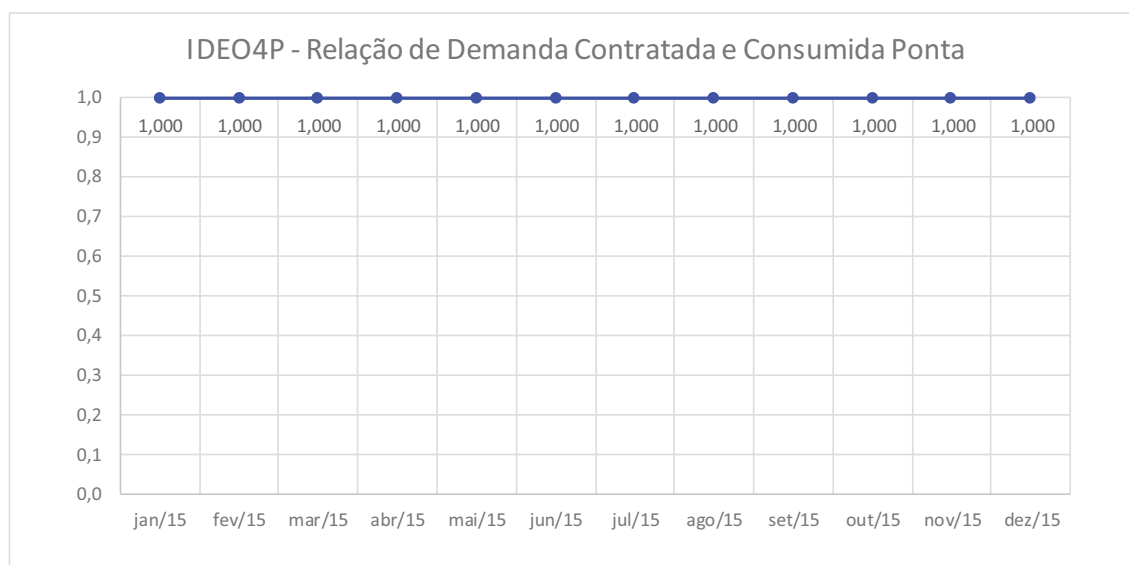


Figura 5.35 – Gráfico do IDEO4P – Relação da demanda ativa na ponta e da demanda contratada de ponta na EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

O gráfico da Figura 5.34 ilustra o IDEO4F, que tem como objetivo identificar se a demanda está sendo subutilizada em relação ao contrato. Esse índice apresenta ao gestor a necessidade de rever a demanda contratada. Nos meses de fevereiro e março de 2015, houve a menor demanda utilizada em relação à contratada. O gráfico da Figura 5.35 não se altera, pois não há demanda contratada no horário de pico.

O gráfico da Figura 5.36, relativo ao índice IDEF5, ilustra as penalidades proporcionais às despesas de energia com a EEAB Ribeirão da Penha. Conforme os índices ilustrados no gráfico, pode-se afirmar que, em 2015, houve pequenas penalidades proporcionais para a EEAB Ribeirão da Penha, porém ainda há como reduzir as despesas com energia elétrica na unidade de bombeamento, sem alterar a operação.

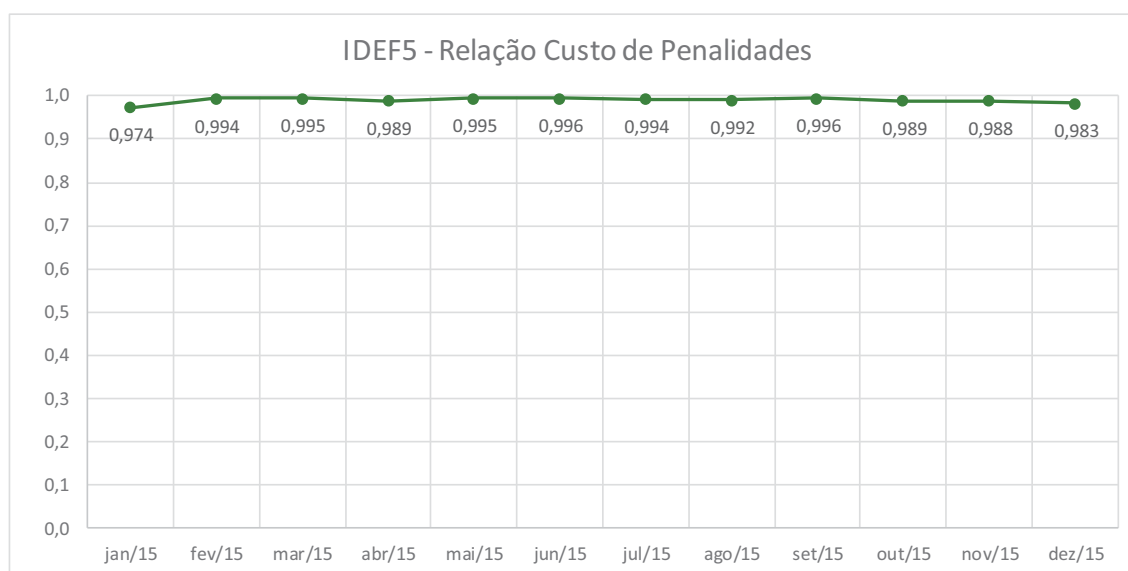


Figura 5.36 – Gráfico do IDEF5 – Relação dos custos de penalidades da EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

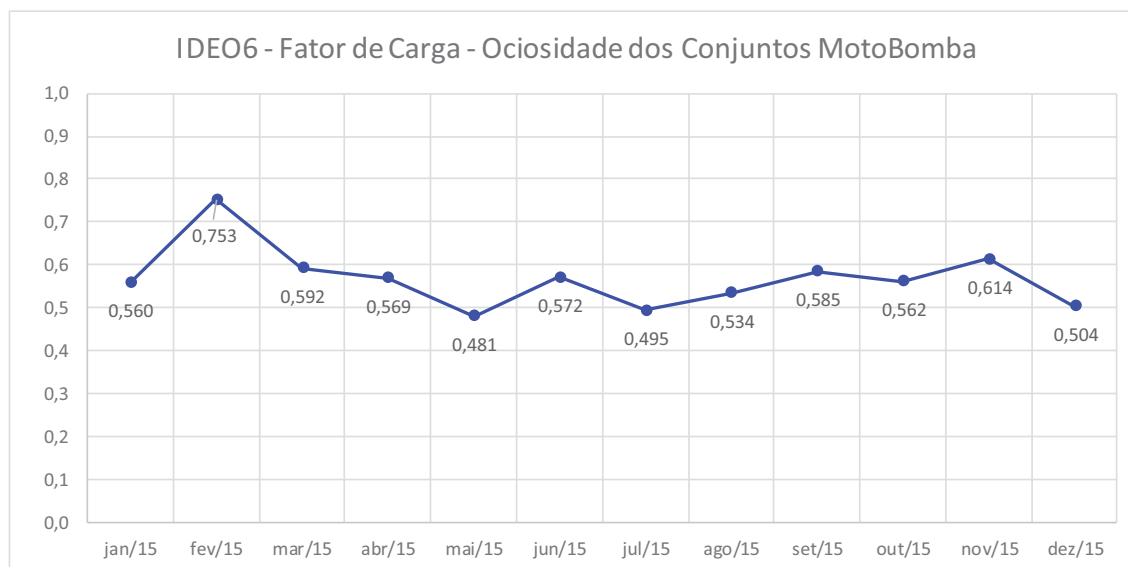


Figura 5.37 – Gráfico do IDEO6 – Ociosidade dos conjuntos motobomba ou fator de carga da EEAB Ribeirão da Penha, no ano de 2015.

As estações elevatórias da água bruta, geralmente, possuem vários conjuntos motobomba para permitir a flexibilização do bombeamento, e atender aos picos de consumo, que ocorrem poucas horas por dia. Entretanto, essas elevatórias, por serem estratégicas, necessitam grandes demandas, que não são exploradas durante todo o dia; por esse motivo, o índice IDEO6 da EEAB Ribeirão da Penha obtém valores inferiores. A instalação de inversores de frequência, que evitam picos nas partidas dos motores, podem ser uma solução para reduzir as demandas e, consequentemente, elevar o IDEO6.

6 CONCLUSÃO

As perdas financeiras com a baixa eficiência energética das estações elevatórias de água, diferentemente das demais despesas mensais da empresa de abastecimento de água, as quais são mais fáceis de serem identificadas pelos gestores ou até pela mídia, são perdas crônicas e discretas, pois em determinadas situações não deixam evidente que esteja havendo desperdício de energia e, conseqüentemente, acarretam perdas financeiras, a menos que seja feito um trabalho ou pesquisa de verificação através de índices apropriados, relativo à eficiência energética da elevatória de água.

Diante dessa realidade, esta tese procurou desenvolver indicadores relativamente fáceis de serem determinados e que apontassem, de forma explícita, a eficiência de uma estação elevatória de água.

Para os dois estudos de caso realizados, os índices se mostraram relativamente simples de serem obtidos, atingindo, portanto, um dos objetivos deste trabalho. Esta simplicidade é de extrema importância, pois diante da não disponibilidade de mão de obra qualificada e de tempo para se realizar a verificação da eficiência energética, a facilidade de executar a coleta de dados é o fator determinante para que a análise seja realizada sistematicamente e, por consequência, os resultados sejam armazenados para futuras comparações.

Outro ponto que merece destaque, é que os índices foram obtidos sem que fossem instalados nas EEAB Rio Mogi Guaçu e EEAB Ribeirão da Penha equipamentos que não os convencionais para a operação das elevatórias. Isso torna-se um facilitador, que permite qualquer empresa de saneamento determinar os índices sem grandes investimentos.

O índice de desempenho energético da tubulação -IDET1- se mostrou eficaz para indicar irregularidades na adutora como um todo. O estudo de caso da EEAB Ribeirão da Penha, por exemplo, possui os conjuntos motobomba com bons desempenhos energéticos, porém tem muita resistência da tubulação para realizar o recalque, o que acaba prejudicando e encarecendo o bombeamento. Essa resistência na tubulação foi identificada pelo IDET1, o qual obteve o índice igual a zero no ensaio

T5, indicando que há problemas com a tubulação, o que deve ser verificado com a máxima urgência. Para a EEAB Rio Mogi Guaçu, o índice IDET1 obteve o valor máximo, demonstrando que, a tubulação trabalha com boa eficiência energética para a configuração analisada. Imediatamente, com o IDET1 já é possível comparar essas duas elevatórias de dimensões muito diferentes e afirmar que a EEAB Rio Mogi Guaçu tem mais eficiência energética, com relação à tubulação, que a outra, alcançando, dessa forma, um dos objetivos desse trabalho.

Os índices IDEM1, IDEB1 e IDEC1 mostraram-se eficientes, pois viabilizam a avaliação direta da eficiência do motor e da bomba, quando possível, e, em situações especiais, como o caso de motores mais velhos, ou trabalhando em paralelo, ou em série, avaliam os motores e bombas em conjunto, permitindo, assim, a avaliação de todos os conjuntos em operação. Para esses índices pode-se afirmar que os conjuntos da EEAB do Ribeirão da Penha são mais eficientes que o da EEAB Rio Mogi Guaçu, pois obtiveram índices superiores. Esse resultado era de certa forma esperado para o caso, pois a EEAB Rio Mogi Guaçu está equipada com motores que possuem mais de 35 anos de uso, os quais não possuem rendimentos como os que estão instalados na EEAB Ribeirão da Penha, os quais foram substituídos recentemente.

E é importante salientar que, foi comparada a eficiência energética de uma EEA com motores de 600cv, a outra com motores de 250 e 175cv, ou seja, configuração de elevatórias bem diferentes. Isso demonstra que os índices propostos na tese podem ser aplicados a qualquer estação elevatória de água, independente do desnível geométrico, extensão e perfil da adutora, e vazão recalçada.

Outro ponto importante desses índices é que os mesmos sempre trabalham com a mesma referência para análise, possibilitando uma comparação temporal com o que seria o melhor em eficiência para o tipo de bomba que está em análise e permitindo avaliar se houve queda da eficiência do conjunto. Com isso, tornou-se possível classificar o desempenho energético dos conjuntos motobomba diante das suas próprias características técnicas.

Com relação aos índices obtidos a partir das informações fornecidas nas contas de energia elétrica, mais especificamente os de natureza operacional, foi possível comparar diretamente os consumos proporcionais de energia reativa,

consumo de energia no horário de ponta, também as ultrapassagens, a utilização da demanda contratada e, ainda, a utilização dos equipamentos em relação ao potencial instalado, durante o ano de 2015.

Observando todos os índices operacionais das duas elevatórias estudadas, conclui-se que a EEAB Ribeirão da Penha possui uma operação mais eficiente proporcionalmente, em relação ao consumo de energia reativa observado pelo índice IDEO1, ao consumo no horário de ponta identificado pelo índice IDEO2, às ultrapassagens da demanda contratada identificadas pelo índice IDEO3F.

É importante salientar que, a realização do recalque no horário de ponta, é mais oneroso e deveria ser evitado sempre que possível, entretanto em algumas situações quer seja pela falta de regras de operação bem definida, ou até pelo próprio habito dos operadores de não deixar os níveis dos reservatórios chegarem no limite mínimo, realiza-se o bombeamento no horário de pico, enquanto que esse procedimento poderia ser evitado. No sentido de alertar o gestor da empresa de saneamento, os índices IDEO2 e IDEF2F se mostraram eficientes, pois indica que as contas de energia estão sendo oneradas pelas regras de operação que talvez poderiam ser melhor definidas.

Quanto à utilização da demanda contratada observado pelo índice IDEO4F, a EEAB Rio Mogi Guaçu acabou apresentando melhores resultados, pois consumiu toda a demanda contratada, porém ultrapassou o limite do contrato conforme identificado no índice IDEO3F. Para a análise da utilização dos equipamentos instalados, a EEAB Rio Mogi Guaçu, apesar de uma grande variação do índice IDEO6 apresentou melhores resultados, enquanto que a EEAB Ribeirão da Penha apresentou mais regularidade dos índices.

Conforme o descrito, os índices operacionais permitiram uma avaliação e até uma comparação das duas unidades de bombeamento, norteando o gestor para o que pode ser melhorado.

No tocante aos índices financeiros, os resultados são muito semelhantes ao do operacional, porém como esses índices analisam o ponto de vista financeiro, é possível observar que os resultados pioram para análise da utilização da energia no horário de ponta, como é o caso do índice IDEF2 e do índice relativo à ultrapassagem da demanda, conforme faz concluir o índice IDEF3F.

O índice relativo a penalidades sintetiza, do ponto de vista financeiro e até de uma maneira geral, as perdas pelas penalidades sofridas devido ao consumo da energia sem planejamento prévio e se mostrou um importante índice, para análise direta, de como está sendo gerida a estação elevatória de água.

Pela importância e abrangência do índice, o mesmo pode ser considerado, um indicador geral da utilização da energia elétrica da estação elevatória de água e de conceituação da unidade de bombeamento.

Diante do exposto, os objetivos desse trabalho foram atingidos em sua plenitude. A ideia principal era desenvolver índices que através de uma simples análise se pudesse avaliar e identificar a eficiência energética da EEA em vários pontos, e os resultados obtidos nos ensaios realizados nas duas unidades de bombeamento com as várias combinações analisadas, permitiu avaliar eficiência energética das tubulações, motores e bombas isoladamente ou em conjunto de cada combinação de recalque. Os índices operacionais e financeiros também mostraram grande utilidade para identificar despesas com as contas de energia elétrica, que talvez poderiam ser evitadas por um simples ajuste de contrato, alteração da sistemática de operação, ou melhorias nas instalações elétricas e hidráulicas das EEAs. Essa metodologia se aplicada nas empresas de saneamento permitirão ao gestor nortear a eficiência energética das estações elevatórias de água, com a identificação de onde esteja ocorrendo baixos índices de eficiência energética.

Acredita-se que a partir da utilização sistemática dos índices por empresas de saneamento, atingirão eles os objetivos específicos do presente trabalho e certamente contribuirão para a busca da eficiência energética em tais empresas. Resultados parciais desta pesquisa foram publicados por meio de artigos em congresso e revista com foco voltado para o público de interesse no assunto. Ademais, os resultados finais estarão sendo publicados em revista científica qualificada na área.

Para que os índices ganhassem maior consistência, seria interessante que, a partir desse trabalho, frutificassem outros que aplicassem a metodologia aqui focada para diversos tipos de estações elevatórias de água, como: elevatórias de pequeno, médio e grande porte, tanto com adutoras curtas como com adutoras mais extensas, em regiões mais planas e mais montanhosas. Ora, isso permitiria que fossem elaboradas referências dos índices para os diversos tipos e tamanhos de sistemas de

recalque de água bruta ou tratada. E a partir desses resultados, elaborar pesquisas para que se possa atribuir pesos aos índices de maior ou menor relevância na avaliação de eficiência energética,áxim para cada configuração de estações elevatórias de água.

Enfim, acredita-se que os resultados obtidos com a pesquisa permitiram evoluir o estado da arte da ciência em assuntos relacionados à eficiência energética e ao abastecimento de água.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, M.; COHEN, B. Productivity and efficiency in the water industry. *Utilities Policy*, Amsterdam, v. 17, p. 233-244, 2.009.
- ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J. M.; PARENA, R. Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água: versão portuguesa de Performance indicators for water supply services. Tradução Patrícia Duarte, Helena Alegre, Jaime Melo Baptista. Londres: IWA/IRAR/LNEC, 2.004.
- ALLIANCE TO SAVE ENERGY. Água e energia: Aproveitando as oportunidades de efficientização de água e energia não exploradas nos sistemas e água municipais. Washington: ALLIANCE, 2.002.
- ALMEIDA, A. T.; FONSECA, P.; BERTOLDI, P.; Energy-Efficient Motor System in the Industrial and in the Services Sectors in the European Union: Characterisation, Potentials, Barriers and Policies – <www.elsevier.com/locate/energy>, *Energy* nº 28, p. 673-690, 2.003.
- ALMEIDA, A. T.; FERREIRA, F. J. T. E.; BOTH, D.; Technical and Economical Considerations in the Application of Variable-Speed Drives with Electric Motor Systems – *IEEE Transactions on Industry Applications Magazine*, Vol. 41, nº 1, p. 188-199, janeiro / fevereiro de 2.005.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION RESEARCH FOUNDATION. Performance benchmarking for water utilities. Denver: AWWARF, 1.996.
- AMIGO, M. R.; OLIVEIRA, C. D.; Otimização do Consumo de Energia Elétrica Aplicada ao Controle de Vazão de Bombas Centrífugas Radiais – Anais do 3º Concurso WEG – Conservação de Energia Elétrica, 2.000.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, Cadernos Temáticos ANEEL nº 4 – Tarifas de Fornecimento de Energia Elétrica, Brasília – DF, abril de 2.005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 594**: Elaboração de projetos hidráulicos de redes de distribuição de água potável para abastecimento público. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 1.977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211**: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 1.992a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12212**: Projeto de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 1.992b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 1.992c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 1.992d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12215**: Projeto de adutora de água para abastecimento público. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 1.991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 1.992e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 1.994a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 1.994b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7094**: Máquinas elétricas girantes – Motores de indução - Especificação. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 2003.

- AZEVEDO NETTO, J. M., FERNANDEZ, M. F. ARAUJO, R., ITO, A. E. Manual de Hidráulica – Editora Edgard Blucher Ltda. – 8ª edição, 1.998 – 3ª reimpressão, 2.003, 669 p.
- BARBOSA, J. M. C., CASTRO, M. A. H. – Modelagem Computacional da Válvula Antecipadora de Onda como Mecanismo de Alívio para o Golpe de Ariete. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 19, nº 2, Porto Alegre – RS. p. 101-114, abr./jun. 2.014.
- BEN – Balanço Energético Nacional 2017: Ano Base 2016 – EPE – Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro-RJ: EPE, 2.017. 61p.
- BOLOGNESI, A. BRAGALLI, C. LENZI, C. ARTINA, S. – Energy Efficiency Optimization in Water Distribution Systems. 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI 2.013, Procedia Engineering 70, 2.014, p. 181-190.
- BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1.934 – Código das Águas - Presidência da República, Presidente Getúlio Vargas, Rio de Janeiro - RJ, 1.943.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS n.º 518/2.004: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília-DF: Editora do Ministério da Saúde, 2.005.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. Brasília-DF: FUNASA, 2.006.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2.007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1.979, 8.036, de 11 de maio de 1.990, 8.666, de 21 de junho de 1.993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1.995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1.978 e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília- DF, 8 janeiro, 2.007, Seção 1, p. 3.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resoluções do CONAMA: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1.984 e janeiro de 2.012. Ministério do Meio Ambiente. Brasília-DF: MMA, 2.012, 1126p.

- BUI, V. A.; VU, L. T. T.; NGUYEN, M. H. Simulation and optimization of direct contact membrane distillation for energy efficiency. *Desalination*, Amsterdam, v. 259, p. 29-37, set. 2.010.
- CABRERA, E.; PARDO, M. A.; COBACHO, R.; CABRERA JR., E. Energy audit of water networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Washington, v. 136, n.6, p. 669-677, nov. 2.010.
- CARVALHO, Paulo S. O. et al. Plano de Gestão Operacional do Sistema de Abastecimento de Água do Campus I da Universidade Federal da Paraíba, com ênfase na Eficiência Energética e Hidráulica. João Pessoa - Paraíba – VI SEREA – Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, 2.006. 185 p.
- CASSIANO FILHO, A. – Redução de Custo e Consumo de Energia Elétrica. AESB – Associação das Empresas de Saneamento Básico. Câmara de Desenvolvimento Operacional. São Luís – MA, Junho de 1.989.
- CASSIANO FILHO, A. TSUTIYA, M. T. – Economia nos Custos de Energia Elétrica em Obras Sanitárias Através da Escolha Adequada da Tarifas. *Revista DAE*, nº168, São Paulo – SP. p. 8-20, nov./dez. 1.992.
- COIMBRA, M. C. M. et al. – Análise do Custo x Benefício do Uso de Ortopolifosfato no Combate à Água Vermelha e na Desincrustação das Redes de Distribuição. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Rio de Janeiro – RJ, maio de 1.999.
- DEBENEDICTIS, A., HALEY, B., WOO, C. K., CUTTER, E. – Operational Energy-Efficiency Improvement of Municipal Water Pumping in California. *Energy* 53, 2.013, p. 237-243.
- FARIA, A. L., Alegre, H. Paving the way to excellence in water supply systems: a national framework for levels-of-service assessment based on consumer satisfaction, The Maarten Schalekamp Award - 1995, *AQUA*, Vol. 45, n. 1, fevereiro de 1.996, IWSA, Londres, Reino Unido (p. 1-12).

- FARLEY, M; TROW, S. Losses in water distribution networks: a practioner's guide to assessment, monitoring and control. London, United Kingdom: IWA Publishing, 2.003.
- FRANCESCHINI, M.; GALETTO, M.; MAISANO, D.; VITICCHIÈ, L. The condition of uniqueness in manufacturing process representation by performance/quality indicators. *Quality and Realiability Engineering International*, Malden, v. 22, p. 567-580, 2.006.
- GOMES, H. P. Sistemas de abastecimento de água. Editora Universitária – UFPB – Universidade Federal da Paraíba: João Pessoa-Paraíba, 2.004.
- GOMES, H. P. Sistemas de abastecimento de água: Dimensionamento econômico e operação de redes e elevatórias. 3. ed. João Pessoa-PB: Editora Universitária UFPB, 2.009a.
- GOMES, H. P. (Org.). Sistemas de bombeamento: eficiência energética. João Pessoa-PB: Editora Universitária UFPB, 2.009b.
- HADDAD, J.; GAMA, P. H. R. P.; Tarifação de Energia Elétrica, Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, p. 113–148, 2ª Edição, Itajubá – MG, 2.001.
- HAGUIUDA, C., SANTOS NETTO, L. F., COURA S.P. Gestão de Energia Elétrica da SABESP na Região Metropolitana de São Paulo. Racionalização do Uso e Redução dos Gastos. *Revista SANEAS* nº 9. VII Encontro Técnico AESABESP, São Paulo-SP, setembro de 1.996.
- HIRATA, R; SUHOGUSOFF, A; FERNANDES, A. Groundwater resources in the State of São Paulo (Brazil): the application of indicators. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro-RJ, v. 79, n. 1, mar. 2.007.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change and Water. Geneva: IPCC, 2.008.

- JACKSON, T.; KHAN, S.; HAFEEZ, M. A comparative analysis of water application and energy consumption at the irrigated field level. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 97, p. 1477–1485, 2.010.
- JAMES, K et al. Água e Energia – Aproveitando as Oportunidades de Eficientização de Água e Energia não Exploradas nos Sistemas Municipais. *Aliança para Conservação de Energia*. 159p. 2.002.
- KENWAY, S.J., LANT, P.A., PRIESTLEY, A., DANIELS, P. The connection between water and energy in cities: a review. *Water Science and Technology*. 63, 2011, 1.983-1.990.
- KING, C. W.; HOLMAN, A. S.; WEBBER, M. E. Thirst for energy. *Nature Geoscience*, Austin, v. 1, p. 283-296, mai. 2.008.
- KINGDOM, B. Use of performance indicators and performance benchmarking in the North American water industry – findings from studies recently completed for AWWA and WEF research foundations. *Aqua*, Londres, v. 47, n. 6, p. 269-274, 1.998.
- LAM, K. L., KENWAY, S. J., LANT, P. A. – Energy Use for Water Provision in Cities. *Journal of Cleaner Production* xxx, 2.016, 1-11.
- LAMBERT A. International Report on Water Losses Management and Techniques. IWA Conference, Berlin, Alemanha, 2.001.
- LIU, F., OUEDRAOGO, A., MANGHEE, S., DANILENKO, A. A Primer on Energy Efficiency for Municipal Water and Wastewater Utilities. ESMAP - Energy Sector Management Assistance Program. The International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank Group, 2.012.
- MALANO, H.; BURTON, M.; MAKIN, I. Benchmarking performance in the irrigation and drainage sector: a tool for change. *Irrigation and Drainage*, Malden, v. 53, p. 119-133, 2.004.

- MARQUES, M. C. S.; HADDAD, J. ; GUARDIA, E. C. et al. Eficiência Energética: teoria e prática. Eletrobrás/Procel Educação, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI e Fupai – 1ª edição, 2.007, 224p.
- MATHIAS, F. R. C. Diagnóstico Energético e Gestão da Energia em uma Planta Petroquímica de Primeira Geração. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas-SP, 2.014. 144p.
- MORENO, M. A.; CARRIÓN, P. A.; PLANELLS, P.; ORTEGA, J. F.; TARJUELO, J. M. Measurement and improvement of the energy efficiency at pumping stations. Biosystems Engineering, Amsterdam, v. 98, p. 479 – 486, 2.007.
- MOURA, G. N. P. A Relação entre Água e Energia: Gestão Energética nos sistemas de Abastecimento de Água das Companhias de Saneamento Básico do Brasil – UFRJ/COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Programa de Planejamento Energético – Rio de Janeiro - RJ, 2.010. 203p.
- MUSHTAQ, S.; MARASENI, T. N.; MAROULIS, J.; HAFEEZ, M. Energy and water tradeoffs in enhancing food security: a selective international assessment. Energy Policy, Amsterdam, v. 37, p. 3635–3644, 2.009.
- NAFEYA, A.S.; SHARAFA, M. A.; RODRÍGUEZ, L. G. Thermo-economic analysis of a combined solar organic Rankine cycle-reverse osmosis desalination process with different energy recovery configurations. Desalination, Amsterdam, v. 261, p. 138-147, out. 2.010.
- OLIVEIRA JR., N.; Acionamento de Corrente Alternada de Velocidade/Frequência Variáveis – Catálogo de Fabricante, abril de 1.993.
- OLIVEIRA, H. A. Uso de simuladores hidráulicos e aplicativos de geoprocessamento para diagnóstico operacional de sistemas de distribuição de água – estudo de caso: setor Sacomã, município de São Paulo. 2.011. 153 p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo-SP, 2.011.

- PARENA, R.; SMEETS, E. Benchmarking initiatives in the water industry. *Water Science and Technology*, Londres, v. 44, n. 2, p. 103-110, 2.001.
- PEÑA, C. R. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). *Revista Administração Contemporânea*, Curitiba-PR, v. 12, n. 1, mar. 2.008.
- PERETO, A. S. – Revisão no Dimensionamento dos Motores Elétricos Instalados na SABESP (Economia nos Gastos com Energia Elétrica). *Revista Saneas* nº 9. IX Encontro Técnico AESABESP. São Paulo-SP, setembro de 1.998.
- PERROTTO, E.; CANZIANI, R.; MARCHESI, R.; BUTELLI, P. Environmental performance, indicators and measurement uncertainty in EMS context: a case study. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 16, p. 517-530, 2.008.
- PLAPPALLY, A.K., LIENHARD, J.H. Energy requirements for water production, treatment, end use, reclamation and disposal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16, 2.012, 4818-4848.
- POPOVA, V.; SHARPANSKYKH, A. Modeling organizational performance indicators. *Information Systems*, Amsterdam, v. 35, p. 505-527, 2.010.
- PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Resultados PROCEL 2.012 – Ano base 2011 – 2012. Brasília – DF, 2.012. 142p.
- PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Uso racional de água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro-RJ: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2.009. 352 p.
- PULEO, V., NOTARO, V., FRENI, G., LA LOGGIA, G. – Water and Energy Saving in Urban Water Systems: the ALADIN Project. *Procedia Engineering* 162, 2.016, 396-402.
- RODRIGUES, W. Critérios para o uso eficiente de Inversores de Frequência em Sistemas de Bombeamento de Água. Tese de Doutorado – Universidade

Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas-SP, 2.007. 208p.

SHIELDS, D. J.; SOLAR, S. V.; MARTIN, W. E. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. *Ecological Indicators*, [S.l], v. 2, p. 149-160, 2.002.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & Sociedade*, Campinas-SP, v. 10, n. 2, p. 137-148, jul. 2.007.

SILVA, N. A. S. Pesquisa de Indicadores para Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas-SP, 2.003. 170p.

SMITH, K., SHUMING, L., LIU, YI., LIU, YING., WU, Y. – Reducing Energy Use for Water Supply to China's High-Rises. *Energy and Buildings* 135, 2.017, p.119-127.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2.015. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Ministério das Cidades. Brasília: SNSA/MCIDADES – DF, 2.017. 212p.

STAPENHURST, T. The benchmarking book: A how-to-guide to best practice for managers and practitioners. Oxford: Elsevier, 2.009.

TEIXEIRA, M. R., MENDES, P., MURTA, E., NUNES, L. M. – Performance Indicators Matrix as a Methodology for Energy Management in Municipal Water Services. *Journal of Cleaner Production* 125, 2.016, p.108-120.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de água. 3ª Edição. São Paulo-SP – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2.006a. 643 p.

- TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. São Paulo – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2.006b. 185 p.
- TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água – ABES, 1ª Edição, São Paulo – SP, 2.001.
- TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Redução do custo de energia elétrica em Estações Elevatórias de Sistemas de Abastecimento de Água de Pequeno e Médio Portes. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. São Paulo-SP, 1.989.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. Energy demands on water resources. Pittsburgh: USDOE, 2.006.
- USEPA. Energy Efficiency in Local Government Operations. A Guide to Developing and Implementing Greenhouse Gas Reduction Programs. U.S. Environmental Protection Agency, USA, 2.011.
- VILANOVA, M. R. N. Desenvolvimento e avaliação de indicadores de eficiência hidráulica e energética para sistemas de abastecimento de água como ferramenta de suporte à tomada de decisões. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá-SP, 2.012. 316p.
- VILANOVA, M. R. N., MAGALHÃES FILHO, P., BALESTIERI, J. A. P. – Performance Measurement and indicators for Water Supply Management: Review and International Cases. Renewable and Sustainable Energy Reviews 43, 2.015, p.1-12.
- WALSH, B. P., MURRAY, S. N., O’SULLIVAN, D. T. J. - The Water Energy Nexus, as ISO 50001 Water Case Study and the Need for a Water Value System. Water Resources and Industry 10, 2.015, p.15-28.
- WEG. Motores de alto rendimento WEG Premium. Disponível em: <http://www.weg.net/premium>. Acesso em 31 de dezembro de 2.012.

WEG. Seleção de Motores Elétricos. Desenvolvido pela WEG Motores. Apresenta as curvas de rendimento e informações dos motores. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_curva_web.asp>. Acesso em 20 de dezembro de 2016.

ZESSLER, U.; SHAMIR, U.; Optimal Operation of Water Distribution Systems – Journal of Water Resources Planning and Management n° 6, Vol. 115, p. 735-751, 1.989.

8. ANEXOS

ANEXO A – Termos técnicos e regras de tarifação da Resolução nº 414 de 09/09/2010 da ANEEL.

- Carga instalada: soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW);

- Concessionária: agente titular de concessão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica, doravante denominado “distribuidora”;

- Consumidor: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, legalmente representada, que solicite o fornecimento, a contratação de energia ou o uso do sistema elétrico à distribuidora, assumindo as obrigações decorrentes deste atendimento à(s) sua(s) unidade(s) consumidora(s), segundo disposto nas normas e nos contratos;

- Consumidor livre: consumidor que pode optar pela compra de energia elétrica junto a qualquer fornecedor, conforme legislação e regulamentos específicos;

- Consumidor livre: agente da Câmara Comercializadora de Energia Elétrica- CCEE, da categoria de comercialização, que adquire energia elétrica no ambiente de contratação livre para unidades consumidoras que satisfaçam, individualmente, os requisitos dispostos nos arts. 15 e 16 da Lei no 9.074, de 1995;

- Consumidor potencialmente livre: aquele cujas unidades consumidoras satisfazem, individualmente, os requisitos dispostos nos arts. 15 e 16 da Lei no 9.074, de 1995, porém não adquirem energia elétrica no ambiente de contratação livre;

- Contrato de adesão: instrumento contratual com cláusulas vinculadas às normas e regulamentos aprovados pela ANEEL, a ser aceito ou rejeitado de forma integral, não podendo o conteúdo das mesmas ser modificado pela concessionária ou consumidor;

- Contrato de fornecimento: instrumento contratual em que a concessionária e o consumidor responsáveis por unidade consumidora do Grupo “A” ajustam as características técnicas e as condições comerciais do fornecimento de energia elétrica;

- Contrato de uso e de conexão: instrumento contratual em que o consumidor livre ajusta com a concessionária as características técnicas e as condições de utilização do sistema elétrico local, conforme regulamentação específica;

- Demanda: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.

- Demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW);

- Demanda de ultrapassagem: parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW);

- Demanda faturável: valor da demanda de potência ativa, identificada de acordo com os critérios estabelecidos e considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW);

- Demanda medida: maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW);

- Distribuidora: agente titular de concessão ou permissão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica;

- Energia elétrica ativa: energia que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora (kWh);

- Energia elétrica reativa: energia elétrica que circula continuamente entre os vários campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVarh);

- Estrutura tarifária: conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas de acordo com a modalidade de fornecimento;

- Estrutura tarifária convencional: caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano;

- Estrutura tarifária horo-sazonal: estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme as seguintes especificações:

a) Tarifa Azul: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia;

b) Tarifa Verde: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência;

c) Horário de ponta (P): período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais, considerando as características do seu sistema elétrico. Esse período de três horas está compreendido dentro do intervalo das 17h às 22h, sendo definido pelas concessionárias. No estado de São Paulo, a companhia Paulista de Força e Luz – CPFL- adota o intervalo das 18h às 21h, ELEKTRO e a ELETROPAULO adotam o intervalo das 17h30 às 20h30;

d) Horário fora de ponta (F): período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta;

e) Período úmido (U): período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte;

f) Período seco (S): período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro.

- Fator de carga: razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora, ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado;

- Fator de demanda: razão entre a demanda máxima num intervalo de tempo especificado e a carga instalada na unidade consumidora;

- Fator de potência: razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado;

- Fatura: documento comercial que apresenta a quantia monetária total que deve ser paga pelo consumidor à distribuidora, em função do fornecimento de energia elétrica, da conexão e uso do sistema ou da prestação de serviços, devendo especificar claramente os serviços fornecidos, a respectiva quantidade, tarifa e período de faturamento;

- Tarifa: valor monetário estabelecido pela ANEEL, fixado em R\$ (Reais) por unidade de energia elétrica ativa ou da demanda de potência ativa;

- Tarifa de energia – TE: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal referente ao consumo de energia;

- Tarifa de uso do sistema de distribuição – TUSD: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh ou em R\$/kW, utilizado para efetuar o faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema;

- Tarifa de ultrapassagem: tarifa aplicável sobre a diferença positiva entre a demanda medida e a contratada, quando exceder os limites estabelecidos;

- Tarifa binômia de fornecimento: aquela que é constituída por valores monetários aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável;

- Tarifa monômia de fornecimento: aquela que é constituída por valor monetário aplicável unicamente ao consumo de energia elétrica ativa, obtida pela conjunção da componente de demanda de potência e de consumo de energia elétrica que compõem a tarifa binômia;

- Tensão primária de distribuição: tensão disponibilizada no sistema elétrico da concessionária com valores padronizados iguais ou superiores a 2,3 kV;

- Tensão secundária de distribuição: tensão disponibilizada no sistema elétrico da concessionária com valores padronizados inferiores a 2,3 kV;

A Resolução nº 414 de 09/09/2010 da ANEEL, classifica as unidades consumidoras em dois grupos:

- Grupo “A”: que é composto especificamente de consumidores de alta tensão (Tsutiya, 2006b), destinado a unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV ou, ainda atendidas em tensão inferior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste Grupo, nos termos definidos no artigo 82 da referida resolução, caracterizado pela estruturação tarifária binômia, ou seja, o faturamento é composto pela energia elétrica ativa medida e a

demanda faturável. Nesse grupo, a cobrança das tarifas pode ser feita através da forma convencional ou da horo-sazonal através das tarifas verde ou azul. Os subgrupos do grupo A são divididos da seguinte forma:

- a) Subgrupo A1 - tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- b) Subgrupo A2 - tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- c) Subgrupo A3 - tensão de fornecimento de 69 kV;
- d) Subgrupo A3a - tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- e) Subgrupo A4 - tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- f) Subgrupo AS - tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste Grupo em caráter opcional.

- Grupo “B”: relativo aos consumidores de baixa tensão (Tsutiya, 2006b), cujo fornecimento de tensão é inferior a 2,3 kV ou que possuam potência instalada inferior a 75 kVA ou, ainda, as unidades consumidoras com fornecimento em tensão superior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo nos termos definidos nos artigos 79 e 81, os quais versam sobre os locais e atividades fim (áreas de veraneio ou turismo e atividade de pousada, hotelaria, parques esportivos e agropecuários permanentes) e desde que a potência instalada em projetores de iluminação não seja superior a dois terços da carga total instalada. Esse grupo é caracterizado ainda pela estruturação tarifária monômnia, ou seja, o faturamento é dado simplesmente pelo consumo de energia elétrica ativa.

- a) Subgrupo B1 - residencial;
- b) Subgrupo B1 - residencial baixa renda;
- c) Subgrupo B2 - rural;
- d) Subgrupo B2 - cooperativa de eletrificação rural;
- e) Subgrupo B2 - serviço público de irrigação;
- f) Subgrupo B3 - demais classes;
- g-) Subgrupo AS – subterrâneo;
- h) Subgrupo B4 - iluminação pública.

Para o fornecimento de energia elétrica aos consumidores do grupo de alta tensão (grupo A), é necessário celebrar um contrato de fornecimento, enquanto que para os consumidores de baixa tensão do grupo B são aceitos simplesmente os termos do contrato de adesão.

De acordo com a resolução nº 414/2010, o sistema tarifário de energia elétrica dispõe de vários tipos de tarifas sendo que, na maioria das vezes, fica a critério do consumidor decidir qual delas é mais vantajosa. Se o consumidor for de alta tensão, as tarifas de energia elétrica podem ser: ou horo-sazonal, subdividindo-se ainda em tarifa azul ou verde. Para os maiores consumidores do grupo A, a tarifa azul é obrigatória.

A tarifa convencional é caracterizada por um preço único, praticado independentemente do horário de consumo e do período do ano, aplicada aos grupos de alta e baixa tensão (grupos A e B). Entretanto, é normalmente mais utilizada para unidades enquadradas no grupo B (baixa tensão), cujo atendimento se dá com tensão inferior a 2,3 kV.

A tarifa horo-sazonal é subdividida em duas tarifas, a verde e a azul, que se diferenciam em função do horário em que está sendo consumida a energia elétrica e, ainda, do período do ano em que está sendo medida. Essa tarifa pode ser aplicada nos dois grupos de consumo (Grupo A e B) e possui atrativos que podem ser muito positivos para os consumidores, desde que sejam bem adequados ao perfil de consumo.

Considerando que 65,80% (BEN, 2017) da energia elétrica gerada no Brasil no ano de 2016 provêm das hidrelétricas, as quais estão mais concentradas nos rios do sudeste, bem como que o custo da energia gerada a partir de fontes hidráulicas é mais barato que a energia térmica, a resolução 414/2010 da ANEEL atribui diferentes preços relativos ao consumo de energia elétrica para o período seco e para o período úmido. Isso porque o ano hidrológico possui períodos mais secos, que compreendem os meses de maio a novembro, e períodos mais úmidos, tempo em que há maiores índices pluviométricos, que compreendem os meses de dezembro do ano anterior a abril.

Na Figura 8.1, a curva de traço contínuo representa a disponibilidade média de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas na região sudeste do Brasil, ilustrando o potencial predominante de geração de eletricidade, enquanto que a curva pontilhada mostra o comportamento médio do mercado de energia elétrica

no Brasil, assumindo um valor máximo justamente no período em que a disponibilidade de água fluente nos mananciais é mínima.

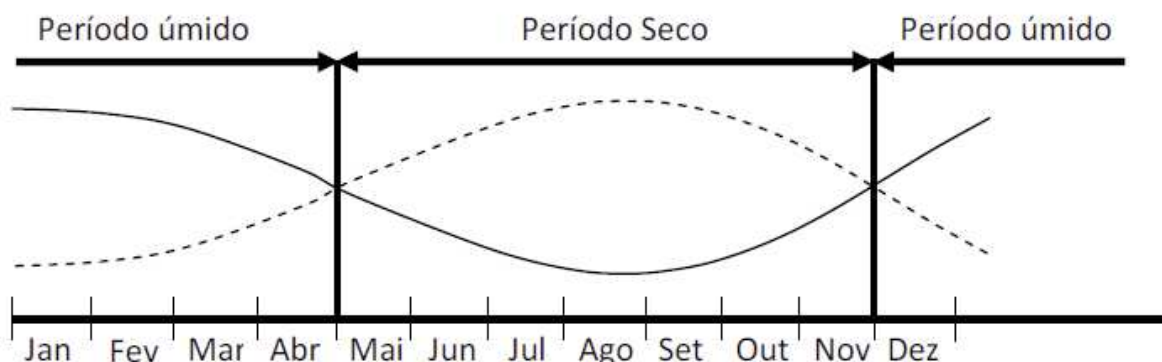


Figura 8.1 – Curva representativa da disponibilidade hídrica na região sudeste e do consumo de energia elétrica no Brasil.

A tarifa verde é definida como a modalidade tarifária para aplicação de um preço único de demanda e de preços diferenciados de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e com os períodos do ano.

Conforme o Artigo 56 da Resolução nº 414/2010 da ANEEL, os preços para esta tarifa são compostos da seguinte forma:

- I – Tarifa única para a demanda de potência (R\$/kW);
- II – Para o consumo de energia (MWh):
 - a) uma tarifa para o posto tarifário ponta em período úmido (R\$/MWh);
 - b) uma tarifa para o posto tarifário fora de ponta em período úmido (R\$/MWh);
 - c) uma tarifa para o posto tarifário de ponta em período seco (R\$/MWh);
 - d) uma tarifa para o posto tarifário fora de ponta em período seco (R\$/MWh).

A tarifa azul, por sua vez, é definida como uma modalidade tarifária para aplicação de preços diferenciados de demanda de potência e de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e com períodos do ano.

Conforme o Artigo 55 da Resolução nº 414/2010 da ANEEL, os preços para esta tarifa são compostos da seguinte forma:

- I – Para a demanda de potência (kW):

- a) uma tarifa para o posto tarifário ponta (R\$/kW);
- b) uma tarifa para o posto tarifário fora de ponta (R\$/kW).

II – Para o consumo de energia (MWh):

- a) uma tarifa para o posto tarifário ponta em período úmido (R\$/MWh);
- b) uma tarifa para o posto tarifário fora de ponta em período úmido (R\$/MWh);
- c) uma tarifa para o posto tarifário ponta em período seco (R\$/MWh);
- d) uma tarifa para o posto tarifário fora de ponta em período seco (R\$/MWh).

Conforme o artigo 93 da resolução 414/2010, quando os montantes de demanda de potência ativa ou de uso do sistema de distribuição – MUSD- medidos excederem em mais de 5% (cinco por cento) os valores contratados, deve ser adicionada ao faturamento regular a cobrança pela ultrapassagem, conforme a Equação 50:

$$D_{ultrapassagem}(p) = [PAM(p) - PAC(p)] * 2 * VR_{dult}(p).....(50)$$

Onde:

$D_{ultrapassagem}(p)$ = valor correspondente à demanda de potência ativa ou MUSD excedente, por posto horário “p”, quando cabível, em Reais (R\$);

$PAM(p)$ = demanda de potência ativa ou MUSD medidos, em cada posto horário “p” no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);

$PAC(p)$ = demanda de potência ativa ou MUSD contratados, por posto horário “p” no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);

$VR_{dult}(p)$ = valor de referência equivalente às tarifas de demanda de potência aplicáveis aos subgrupos do grupo A ou as TUSD-Consumidores-Livres; e

p = indica posto tarifário ponta ou fora de ponta para as modalidades tarifárias horárias ou período de faturamento para a modalidade tarifária convencional binômia.

Conforme o artigo 5º da resolução 414/2010, a aplicação das tarifas deve observar as classes e subclasses estabelecidas no referido artigo. O parágrafo 7º do artigo 5º da resolução 414/2010 menciona que a classe serviço público caracteriza-

se pelo fornecimento exclusivo para motores, máquinas e cargas essenciais à operação de serviços públicos de água, esgoto, saneamento e tração elétrica urbana ou ferroviária, explorado diretamente pelo poder público ou mediante concessão ou autorização, considerando-se as seguintes subclasses:

I – Tração elétrica; e

II – Água, esgoto e saneamento.

Conforme mencionado, para efeito de aplicação da tarifa de energia elétrica para a subclasse água, esgoto e saneamento: segundo Tsutiya (2006b), até junho de 1968, era concedido um subsídio de 80% nas tarifas de energia elétrica para as empresas de Saneamento Básico; com o tempo, esse benefício foi sendo reduzido até que, em 1990, esse valor chegou a 15%, índice que atualmente tem sido praticado, conforme item III do parágrafo 2º do artigo 1º do decreto federal 7.891, de 23 de janeiro de 2013.

De acordo com o artigo 84 da resolução 414/2010, o fechamento dos faturamentos terá intervalos de aproximadamente 30 dias, sendo no mínimo 27 e no máximo 33 dias, de acordo com o calendário de leitura. O levantamento dos valores consumidos de energia elétrica ativa é feito a partir de medidores instalados no local da ligação. O mesmo aparelho é capaz de registrar, simultaneamente, tanto a demanda medida no período como o correspondente fator de potência.

Conforme o artigo 95 da resolução 414/2010, o fator de potência de referência, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras do grupo A, o valor de 0,92. Na sequência, o parágrafo único menciona que os montantes de energia elétrica e demanda de potência reativos, que excederem o limite permitido, aplicam-se às cobranças estabelecidas nos artigos 96 e 97, a serem adicionadas ao faturamento regular de unidades consumidoras do grupo A, incluídas aquelas que optarem por faturamento com aplicação da tarifa do grupo B, nos termos do art. 100.

ANEXO B – Contas de energia elétrica da estação elevatória de água bruta do rio Mogi Guaçu da cidade de Araras-SP, referente ao período de janeiro a dezembro de 2015.

ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A.		Rua Ary Antonio de Sousa, 321 - 13053-624 Campinas - SP - CNPJ 02.328.280/0001-57 Insc. Est. 254.868.522-118 Av. Roldenaro Ladeira, 2132 - 79010-270 - Três Lagoas - MS CNPJ 02.328.220/0002-70 - Insc. Est. 28.304.126-5		Seu Código 18445799									
SERVICO DE AGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO MUNICIPIO DE ARARAS		Data Anterior:		09/12/2014									
BL SANTANA, - E E A B 02 MOGI GUACU - RURAL		Leitura Atual:		08/01/2015									
ARARAS - SP - CEP 13600-000		Dias do Período:		30									
CNPJ - 44699908000100 IE:				Data de Emissão:	08/01/2015								
Classificação: SERVICO PUBLICO / HORÁRIA VERDE / TRIFASICO				Data de Apresentação:	19/01/2015								
				Próxima Leitura:	06/02/2015								
				Próximo Vencimento:	08/03/2015								
Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica		Controle Nº		Conta do Mês									
1644127		FAT-01-20152269405285.76		Janeiro/2015									
				Vencimento									
				08/02/2015									
				Valor da Conta (R\$)									
				R\$137.993,91									
Tensão Contratada (kV)		Limites Adequados de Tensão (kV)		Registrador									
13.8		12.834 a 14.49		RM0475829									
				Demanda Contratada (kW)									
				500									
				Perdas Transformação									
				0,00%									
DÉBITOS ANTERIORES													
Discriminação da Operação													
Energia Elétrica													
Qtde: 337.683,37													
Preço Médio: 0,408649													
Valor: 137.993,91													
Total													
137.993,91													
Cronograma Detalhado													
Unid. Ant.	Unid. Atual	Consumo	Registrado	Custo Promovido	Prestado	Tarifa (TE)	Valor TE (R\$)	Taxa (TV)	Valor TV (R\$)	Taxa (TR)	Valor TR (R\$)	Taxa (TS)	Valor TS (R\$)
CONSUMO PONTA kWh	317070	349568	0,216	7019,56	23166,21	30185,77	0,314356	9.489,06	0,610283	18.421,86			27.910,82
CONSUMO FORA PONTA kWh	169384	172638	21,600	70285,40	237211,20	307497,60	0,189006	58.118,89	0,020587	6.330,45			64.449,34
ENERGIA REAT EXC FP kWh	116458	128481	0,216	2164,96	0,00	2164,96	0,234620	507,94					507,94
DEMANDA FORA PONTA kW	10510	11238	21,600	15724,80	0,00	15724,80	0,234620	3.689,35					3.689,35
DEMANDA REAT EXC FP kW	13809	14393	0,064	504,57	0,00	504,57							4.121,58
COMP TRIB DESC TARIF	56086	58516	0,216	524,88	0,00	20,31							197,00
CONSUMO kWh	182555	186133	21,600	77284,80	200368,00				8,168500	4.121,58			3.813,82
DEMANDA PONTA kW	9944	10513	0,064	451,61	0,00				9,700000	197,00			0,00
ENERGIA REAT EXC kWh	11694	12523	21,600	17996,40	0,00								0,00
DEMANDA REAT EXC P kW	42767	45196	0,216	524,86	0,00								0,00
ADIC BAND VERMELHA kWh													0,00
													1.571,29
										1.971,29			
Subtotal												106.661,24	
Informações Gerais													
Band.Tarif. Verde:10/12-31/12 Vermelha:01/01-08/01													
DESCONTO SOBRE TARIFA: R\$ 17.374,07													
APÓS VENCIMENTO, CORRECAO MONETARIA MAIS JUROS LEGAIS NA PROXIMA FATU													
Tributos													
ICMS		Alíquotas		Base Cálculo		Valor(R\$)							
COFINS		4,00%		137.993,91		24.838,87							
PIS		0,87%		133.342,90		5.333,72							
				133.342,90		1.160,08							
Subtotal												31.332,67	

Figura 8.2 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de janeiro de 2015.

ELEKTRO
Eleticidade e Serviços S.A.

Rua Ary Antonio de Souza, 321 - 13059-020
Campinas - SP - CNPJ 02.329.240/0001-97
Insc. Est. 244.988.532-118
Av. Balduino Lattuada, 2832 - 79610-270 - Três Lagoas - MS
CNPJ 02.329.240/0002-78 - Insc. Est. 28.304.126-8
www.elektro.com.br

Seu Código
18445799

SERVICO DE AGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO MUNICIPIO DE ARARAS
BL SANTANA, - E E A B 02 MOGI GUACU - RURAL
ARARAS - SP - CEP 13600-000
CNPJ - 44699908000100 IE: 182157503118
Classificação: SERVIÇO PÚBLICO / HORÁRIA VERDE / TRIFÁSICO

Leitura Anterior: 08/01/2015
Leitura Atual: 06/02/2015
Dias do Período: 29

Data de Emissão: 06/02/2015
Data de Apresentação: 06/02/2015
Próxima Leitura: 09/03/2015
Próximo Vencimento: 08/04/2015

Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica **Controle Nº** **Conta do Mês** **Vencimento** **Valor da Conta (R\$)**

713067 FAT-01-20152302717483.17 Fevereiro/2015 08/03/2015 R\$154.532,72

Tensão Contratada (kV) **Limites Adequados de Tensão (kV)** **Registrador** **Demanda Contratada (kW)** **Perdas Transformação**

13.8 12.834 a 14.49 RM0475829 500 0,00%

DÉBITOS ANTERIORES

Discriminação da Operação

Operação	Qtde	Preço Unitário	Valor
Energia Elétrica	313.110,36	0,493541	154.532,72
Total			154.532,72

Constante Distribuição	Leit. Ant.	Leit. Atual	Constante	Requisitada	Consumo	Consumo	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)
CONSUMO PONTA kWh	349568	477153	0,216	27558,36	0,00	27558,36	0,314356	8.663,12	0,610283	16.818,39		25.481,51
CONSUMO FORA PONTA kWh	172638	185858	21,600	285552,00	0,00	285552,00	0,189006	53.971,04	0,020587	5.878,65		59.849,69
ENERGIA REAT EXC P kWh	128481	137236	0,216	1891,08	0,00	1891,08	0,234620	443,68				443,68
ENERGIA REAT EXC FP kWh	11238	11892	21,600	14126,40	0,00	14126,40	0,234620	3.314,33				3.314,33
DEM ULT kW				0,00								0,00
DEMANDA FORA PONTA kW	14393	15596	0,864	1039,39	0,00	1039,39			19,220000	10.367,07		10.367,07
COMP. TRIB. DESC. TARIF									8,168500	8.490,25		8.490,25
CONSUMO kWh	186133	200629	21,600	313113,60	0,00							0,00
DEMANDA PONTA kW	10513	11078	0,864	488,16	0,00							0,00
ENERGIA REAT EXC kWh	12523	13265	21,600	16027,20	0,00							0,00
DEMANDA REAT EXC P kW	45196	47597	0,216	518,61	0,00							0,00
DEMANDA REAT EXC FP kW	58516	61803	0,216	709,99	0,00							0,00
ADIC. BAND. VERMELHA kWh								7.984,30				7.984,30
Subtotal												119.874,52

Impostos e Contribuições

Band. Tarif. Vermelha: 09/01-06/02
DESCONTO SOBRE TARIFA: R\$ 17.965,74
APOS VENCIMENTO, CORRECAO MONETARIA MAIS JUROS LEGAIS NA PROXIMA FATU

Imposto	Alíquotas	Base Cálculo	Valor (R\$)
ICMS	18,00%	154.532,72	27.815,85
COFINS	3,75%	149.723,34	5.614,63
PIS	0,82%	149.723,34	1.227,72
Subtotal			34.658,20

Figura 8.3 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de fevereiro de 2015.

ELEKTRO
Eleticidade e Serviços S.A.
Rua Ary Antenor de Souza, 321 - 13053-024
Campinas - SP - CNPJ 02.328.280/0001-97
Insc. Est. 714.868.522-118
Av. Baldomero Leborgne, 2032 - 75610-270 - Três Lagoas - MS
CNPJ 02.328.280/0002-78 - Insc. Est. 28.304.126-9
www.elektro.com.br

Seu Código
18445799

SERVICO DE AGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO MUNICIPIO DE ARARAS
BL SANTANA, - E E A B 02 MOGI GUACU - RURAL
ARARAS - SP - CEP 13600-000
CNPJ - 44699908000100 IE: 182157503118
Classificação: SERVIÇO PÚBLICO / HORÁRIA VERDE / TRIFÁSICO

Leitura Anterior: 06/02/2015
Leitura Atual: 09/03/2015
Dias do Período: 31

Data de Emissão: 09/03/2015
Data de Apresentação: 09/03/2015
Próxima Leitura: 08/04/2015
Próximo Vencimento: 08/05/2015

Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica **Controle Nº** **Conta do Mês** **Vencimento** **Valor da Conta (R\$)**
569116 FAT-01-20152339706134.70 Março/2015 08/04/2015 R\$182.284,40

Tensão Contratada (kV) **Limites Adequados de Tensão (kV)** **Registrador** **Demanda Contratada (kW)** **Perdas Transformação**
13.8 12.834 a 14.49 RM0475829 500 0,00%

DÉBITOS ANTERIORES
DÉBITOS: 08/03/2015 R\$ 154.532,72

Discriminação da Operação

	Qtde.	Preço Médio	Valor
Energia Elétrica	359.546,04	0,506985	182.284,40
Total			182.284,40

Consumo Detalhado	Leit. Ant.	Leit. Atual	Consumo	Registrador	Consumo	Consumo	Consumo	Tarifa (TE)	Valor TE (R\$)	Tarifa (TU)	Valor TU (R\$)	Total (TE+TU) R\$
CONSUMO PONTA kWh	477153	599818	0,216	26495,64	0,00	26495,64	0,323262	8.572,97	0,623304	16.514,83	25.087,80	
CONSUMO FORA PONTA kWh	165858	201277	21,600	333050,40	0,00	333050,40	0,195595	65.143,13	0,631346	10.439,91	75.583,04	
ENERGIA REAT EXC P kWh	137236	146852	0,216	2077,05	0,00	2077,05	0,242628	503,94			503,94	
ENERGIA REAT EXC FP kWh	11892	12730	21,600	18100,80	0,00	18100,80	0,242628	4.391,75			4.391,75	
DEMANDA PONTA kW				0,00	0,00	0,00					0,00	
DEMANDA FORA PONTA kW	15596	16858	0,864	1090,36	0,00	1090,36			19,271613	11.377,18	11.377,18	
DEMANDA REAT EXC FP kW	61803	1.67103	0,216	1144,80	0,00	1090,36			8,190435	8.930,52	8.930,52	
COMP. TRIB. DESC. TARIF						54,44			9,718055	529,05	529,05	
CONSUMO kWh	200629	217275	21,600	358553,60	0,00						4.518,73	
DEMANDA PONTA kW	11078	12339	0,864	1088,50	0,00						0,00	
ENERGIA REAT EXC kWh	13265	14198	21,600	20152,80	0,00						0,00	
DEMANDA REAT EXC P kW	47597	51251	0,216	789,26	0,00						0,00	
AD. B. VERM. kWh											0,00	
									12.152,06		12.152,06	
Subtotal											143.074,07	

Informações Gerais
Band. Tarif. Vermelha: 07/02-09/03
DESCONTO SOBRE TARIFA: R\$ 20.585,33
APOS VENCIMENTO, CORRECAO MONETARIA MAIS JUROS LEGAIS NA PROXIMA FATURAMENTO
Tarifa reajustada em media 32,59% a partir de 2/3 Res. Aneel 1.858/15

Tributos

	Alíquotas	Base Cálculo	Valor (R\$)
ICMS	18,00%	182.284,40	32.811,13
COFINS	2,98%	176.773,80	5.267,85
PIS	0,64%	176.773,80	1.131,35
Subtotal			39.210,33

Figura 8.4 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de março de 2015.

ELEKTRO
Eleticidade e Serviços S.A.

Rua Ary Arceles de Souza, 221 - 13053-024
Cimparis - SP - CNPJ 02.328.280/0001-57
Jus. Est. 244.868.572.118
Av. Waldemiro Lealuga, 2052 - 79610-270 - Ités Lages - MS
CNPJ 02.328.280/0002-76 - Jus. Est. 28.304.126-9
www.elektro.com.br

Seu Código
18445799

SERVIÇO DE ÁGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO MUNICÍPIO DE ARARAS
BL SANTANA, - E E A B 02 MOGI GUACU - RURAL
ARARAS - SP - CEP 13600-000
CNPJ - 44699908000100 IE: 182157503118
Classificação: SERVIÇO PÚBLICO / HORÁRIA VERDE / TRIFÁSICO

Leitura Anterior: 09/03/2015
Leitura Atual: 08/04/2015
Dias do Período: 30

Data de Emissão: 08/04/2015
Data de Apresentação: 08/04/2015
Próxima Leitura: 08/05/2015
Próximo Vencimento: 08/06/2015

Conta Fiscal/Conta de Energia Elétrica 581065 **Controle N°** FAT-01-20152380970504.16 **Conta do Mês** Abril/2015 **Vencimento** 08/05/2015 **Valor da Conta (R\$)** R\$339.264,99

Tensão Contratada (kV) 13.8 **Limites Adequados de Tensão (kV)** 12.834 a 14.49 **Registrador** RM0475829 **Demanda Contratada (kW)** 500 **Perdas Transformação** 0,00%

DÉBITOS ANTERIORES

Discriminação da Operação

Operação	Qtde	Preço Médio	Valor
Energia Elétrica	604.182,45	0,051927	339.264,99
Total			339.264,99

Consumo	Leit. Ant.	Leit. Atual	Consumo	Registrador	Causa Residual	Excedente	Tarifa (TE)	Valor TE (R\$)	Tarifa (TUI)	Valor TUI (R\$)	Total (TE+TUI) (R\$)
CONSUMO PONTA kWh	590818	825759	0,216	48803,25	0,00	48803,25	0,350030	17.082,50	0,060739	32.240,21	49.322,78
CONSUMO FORA PONTA kWh	201277	226989	21,600	555379,20	0,00	555379,20	0,214540	119.151,05	0,062280	34.588,73	153.739,78
ENERGIA REAT EXC P kWh	146852	160105	0,216	2862,64	0,00	2862,64	0,265650	760,46			760,46
ENERGIA REAT EXC FP kWh	12730	13795	21,600	23004,00	0,00	23004,00	0,265650	6.111,01			6.111,01
DEM ULT kW				0,00		608,51					608,51
DEMANDA FORA PONTA kW	16858	18141	0,864	1108,51	0,00	1108,51			19,420000	11.817,26	11.817,26
DEMANDA REAT EXC FP kW	67103	72475	0,216	1160,35	0,00	51,84			8,253500	9.149,08	9.149,08
COMP. TRIB. DESC. TARIF									9,770000	506,47	506,47
CONSUMO kWh	217275	245247	21,600	604.182,45	0,00						8.220,77
DEMANDA PONTA kW	12339	13609	0,864	1097,28	0,00						0,00
ENERGIA REAT EXC kWh	14198	15396	21,600	25876,80	0,00						0,00
DEMANDA REAT EXC P kW	51251	56600	0,216	1155,38	0,00						0,00
AD. B. VERM. kWh											0,00
						604.182,45	0,055000	33.230,02			33.230,02
Subtotal											272.863,66

Informações Gerais

Band. Tarif. Vermelha: 10/03-08/04
DESCONTO SOBRE TARIFA: R\$ 37.450,18
APOS VENCIMENTO, CORRECAO MONETARIA MAIS JUROS LEGAIS NA PROXIMA FATURAMENTO
VEJA LOCAIS DE PAGAMENTO DESTA CONTA NO VERSO E NO SITE DA EMPRESA.

Tributos

Tributo	Alíquotas	Base Cálculo	Valor (R\$)
ICMS	18,00%	339.264,99	61.067,69
COFINS	1,33%	329.239,68	4.378,88
PIS	0,29%	329.239,68	954,80
Subtotal			66.401,33

Figura 8.5 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de abril de 2015.

<

Figura 8.6 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de maio de 2015.

ELEKTRO
Eleticidade e Serviços S.A.

Rua Ary de Sá, 331 - 13021-024
Campesina - SP - CEP 13021-024
Fone: 51-244.888.522/118
Av. Bodoquero Leite, 2021 - 79610-270 - Três Lagoas - MS
CNPJ 02.326.200/0001-78 - Insc. Est. 28.304.126-9
www.elektro.com.br

Seu Código
18445799

SERVIÇO DE AGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO MUNICÍPIO DE ARARAS
BL SANTANA, - E E A B 02 MOGI GUACU - RURAL
ARARAS - SP - CEP 13600-000
CNPJ - 44699908000100 IE: 182157503118
Classificação: SERVIÇO PÚBLICO / HORÁRIA VERDE / TRIFÁSICO

Leitura Anterior: 09/06/2015
Leitura Atual: 08/07/2015
Dias do Período: 29

Data de Emissão: 08/07/2015
Data de Apresentação: 08/07/2015
Próxima Leitura: 07/08/2015
Próximo Vencimento: 08/09/2015

Conta Fiscal / Conta de Energia Elétrica	Controle Nº	Conta do Mês	Vencimento	Valor da Conta (R\$)
624928	FAT-01-20152496318387.14	Julho/2015	08/08/2015	R\$248.974,43

Tensão Contratada (kV)	Limites Adequados de Tensão (kV)	Registrador	Demanda Contratada (kW)	Perdas Transformação
13.8	12.834 a 14.49	RM0475829	950	0,00%

DÉBITOS ANTERIORES					Resumo da Operação				
					Energia Elétrica	436.145,47	0.570852	248.974,43	
					Total			248.974,43	

CONSUMO PONTA kWh	161202	359394	0.216	42809.47	0.00	42809.47	0.350030	14.984.59	0.660739	28.285.88	43.270.47
CONSUMO FORA PONTA kWh	263599	281809	21.600	393336.00	0.00	393336.00	0.214540	84.386.30	0.062280	24.496.76	108.883.06
ENERGIA REAT EXC P kWh	181984	194574	0.216	2719.44	0.00	2719.44	0.265650	722.41			722.41
ENERGIA REAT EXC FP kWh	15534	16406	21.600	16900.00	0.00	16900.00	0.265650	5.020.78			5.020.78
DEMANDA kW				1132.70		1132.70			8.253500	9.348.73	9.348.73
DEMANDA REAT EXED. kW				1190.37		57.67			9.770000	563.43	563.43
COMP. TRIB. DESC. TARIF											6.256.18
CONSUMO kWh	285211	305403	21.600	436147.20	0.00						0.00
DEMANDA PONTA kW	15487	16778	0.864	1132.70	0.00						0.00
DEMANDA FORA PONTA kW	20015	21324	0.864	1130.97	0.00						0.00
ENERGIA REAT EXC kWh	17354	18355	21.600	21621.60	0.00						0.00
DEMANDA REAT EXC P kW	64410	69921	0.216	1190.37	0.00						0.00
DEMANDA REAT EXC FP kW	80305	85812	0.216	1189.51	0.00						0.00
AD. B. VERM. kWh						436145.47	0.055000	23.988.00			23.988.00

Subtotal 198.053,06

Band. Tarif. Vermelha: 10/06-08/07
DESCONTO SOBRE TARIFA: R\$ 26.500,41
APOS VENCIMENTO, CORRECAO MONETARIA MAIS JUROS LEGAIS NA PROXIMA FATU

ICMS	18,00%	248.974,43	44.815,33
COFINS	2,08%	241.344,95	5.019,99
PIS	0,45%	241.344,95	1.086,05

Subtotal 50.921,37

Figura 8.8 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de julho de 2015.

	ELEKTRO	Rua Ary Amorim de Souza, 321 - 13033-024 Campinas - SP - CNPJ 02.338.260/0001-97 Insc. Est. 244.868.522.118 Av. Baldomero Lessa, 2322 - 79610-270 - Três Lagoas - MS CNPJ 02.338.260/0002-78 - Insc. Est. 28.304.120-9	Seu Código 18445799	
	Eletricidade e Serviços S.A.	www.elektro.com.br		

SERVICO DE AGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO MUNICIPIO DE ARARIAS

BL SANTANA, - E E A B 02 MOGI GUACU - RURAL

ARARIAS - SP - CEP 13600-000

CNPJ - 44699908000100 IE: 182157503118

Classificação: SERVICO PUBLICO / HGRÁRIA VERDE / TRIFASICO

Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica	Controle Nº	Conta do Mês	Vencimento	Valor da Conta (R\$)
608887	FAT-01-20152534391128.6	Agosto/2015	08/09/2015	R\$123.830,12

Tensão Contratada (kV)	Limites Adequados de Tensão (kV)	Registrador	Demanda Contratada (kW)	Perdas Transformação
13.8	12.834 a 14.49	RM0475829	950	0,00%

DÉBITOS ANTERIORES				
Discriminação da Operação	Qtd.	Preço Médio	Valor	
Energia Elétrica	219.732,04	0,566538	124.486,48	
Outros Lançamentos			-656,36	
Total			123.830,12	

Consumo Descrição	Ult. Arq.	Diff. Atual	Constante	Registrado	Cost. Mensal	Potência	Tarifa (Tf)	Valor Tf (R\$)	Tarifa (Tu)	Valor Tu (R\$)	Total (Tf+Tu) (R\$)
CONSUMO PONTA kWh	359394	450672	0,216	19759.24	0,00	19759.24	0,350030	6.916,32	0,060739	13.065,70	19.972,02
CONSUMO FORA PONTA kWh	281809	291067	21,600	199972,80	0,00	199972,80	0,214540	42.902,16	0,062280	12.454,20	55.356,36
ENERGIA REAT EXC P kWh	194574	201859	0,216	1573,56	0,00	1573,56	0,265650	418,01			418,01
ENERGIA REAT EXC FP kWh	16409	16941	21,600	11491,20	0,00	11491,20	0,265650	3.052,63			3.052,63
DEMANDA FORA PONTA kW	21324	22021	0,864	602,20	0,00	602,20			8,253500	4.970,25	4.970,25
COMP TRIB DESC TARIF											3.110,56
CONSUMO kWh	305403	316575	21,600	219715,20	0,00						0,00
DEMANDA PONTA kw	16778	17370	0,864	511,48	0,00						0,00
ENERGIA REAT EXC kWh	18355	18959	21,600	13046,40	0,00						0,00
DEMANDA REAT EXC P kW	69921	72470	0,216	550,58	0,00						0,00
DEMANDA REAT EXC FP kW	25812	98363	0,216	551,33	0,00						0,00
AD. B. VERM. kWh											0,00
						219732,04	0,055000	12.085,25			12.085,25

		Subtotal	98.965,08
--	--	-----------------	------------------

Impostos	Alíquota	Multa Cálculo	Valor (R\$)
ICMS	18,00%	124.486,48	22.407,52
COFINS	2,11%	120.693,13	2.546,63
PIS	0,47%	120.693,13	567,25
		Subtotal	25.521,40


Band.Tarif. Vermelha:09/07-07/08

DESCONTO SOBRE TARIFA: R\$ 14.170,35

ESTE É O ÚLTIMO FATURAMENTO COM CONCESSÃO DE KWC - ISENÇÃO DE DEMANDA CONTRATADA

APOS VENCIMENTO, CORRECAO MONETARIA MAIS JUROS LEGAIS NA PROXIMA FATU

Figura 8.9 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de agosto de 2015.



ELEKTRO
Eleticidade e Serviços S.A.

Rua Ary Antenor de Souza, 321 - 13053-024
 Campinas - SP - CNPJ 02.328.280/0001-97
 Insc. Est. 249.868.522-118
 Av. Beldorino Ladeira, 2092 - 79610-270 - Três Lagoas - MS
 CNPJ 02.328.280/0002-78 - Insc. Est. 28.304.125-9

Seu Código
18445799

SERVICO DE AGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO MUNICIPIO DE ARARAS
 BL SANTANA, - E E A B 02 MOGI GUACU - RURAL
 ARARAS - SP - CEP 13600-000
 CNPJ - 44699908000100 IE: 182157503118
 Classificação: SERVICO PUBLICO / HORÁRIA VERDE / TRIFASICO

Leitura Anterior: 07/08/2015
 Leitura Atual: 08/09/2015
 Dias do Período: 32

Data de Emissão: 08/09/2015
 Data de Apresentação: 08/09/2015
 Próxima Leitura: 07/10/2015
 Próximo Vencimento: 08/11/2015

Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica		Controle Nº	Conta do Mês	Vencimento	Valor da Conta (R\$)
720385		FAT-01-20152571276888.20	Setembro/2015	08/10/2015	R\$310.542,25

Tensão Contratada (kV)	Limites Adequados de Tensão (kV)	Registrador	Demanda Contratada (kW)	Perdas Transformação
13.8	12.834 a 14.49	RM0475829	1080	0,00%

DÉBITOS ANTERIORES

Consumo Detalhado	Leit. Ant.	Leit. Atual	Constante	Registrado	Consumo Residual	Faturado	Tarifa (TE)	Valor TE (R\$)	Tarifa (TU)	Valor TU (R\$)	Total (TE+TU) R\$
CONSUMO PONTO kWh	450872	653565	0,218	43781,68	0,00	43781,68	0,350873	15.361,79	0,888371	30.138,03	45.499,82
CONSUMO FORA PONTO kWh	251087	314871	21,600	509846,40	0,00	509846,40	0,217693	110.989,84	0,065422	33.355,09	144.344,93
ENERGIA REAT EXC P kWh	201859	213864	0,218	2593,08	0,00	2593,08	0,269148	697,92			697,92
ENERGIA REAT EXC FP kWh	16941	17953	21,600	21859,20	0,00	21859,20	0,269148	5.883,35			5.883,35
DEM ULT kW				0,00		111,45			20,330000	2.265,77	2.265,77
DEMANDA FORA PONTO kW	22021	23400	0,864	1191,45	0,00	1191,45			8,640250	10.294,42	10.294,42
DEMANDA REAT EXC kW				1224,93		33,48			10,200625	341,51	341,51
COMP. TRIB. DESC. TARIF											7.752,87
CONSUMO kWh	315575	341207	21,600	553651,20	0,00						0,00
DEMANDA PONTO kW	17370	18722	0,864	1168,12	0,00						0,00
ENERGIA REAT EXC kWh	18959	20092	21,600	24472,80	0,00						0,00
DEMANDA REAT EXC P kW	72470	78141	0,218	1224,63	0,00						0,00
DEMANDA REAT EXC FP kW	88383	94039	0,218	1221,69	0,00						0,00
AD. B. VERM. kWh						553628,08	0,052500	29.065,46			29.065,46
Subtotal											246.146,05

Discriminação da Operação

	Qtde.	Preço Médio	Valor
Energia Elétrica	553.628,08	0,562488	311.409,26
Outros Lançamentos			-867,01
Total			310.542,25

Informações Gerais

Band. Tarif. Vermelha: 08/08-08/09
 DESCONTO SOBRE TARIFA: R\$ 35.318,87
 APOS VENCIMENTO, CORRECAO MONETARIA MAIS JUROS LEGAIS NA PROXIMA FATU
 Devolucao Comp.Trib.Desc.Tarif. Band. Tarif. - jan a mar/15 - R\$867,01
 Res Aneel 1944/15 reajusta a tarifa em media 9,32% a partir de 27/08.

Tributos

	Alíquotas	Base Cálculo	Valor (R\$)
ICMS	18,00%	311.409,26	56.053,60
COFINS	2,50%	301.954,57	7.548,86
PIS	0,55%	301.954,57	1.660,75
Subtotal			65.263,21

Figura 8.10 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de setembro de 2015.

ELEKTRO
Elettricidade e Serviços S.A.

Rua Ary Antenor de Souza, 521 - 13053-021
Campesina - SP - CEP 02 328 280/0301-97
Insc. Est. 244.836.522-118
Av. Baldemero Lotufo, 2032 - 79610-270 - Três Lagoas - MS
CNPJ 02 328 280/0002-78 - Insc. Est. 28.304.126-9
www.elektro.com.br

Seu Código
18445799

SERVICO DE AGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO MUNICIPIO DE ARARAS
BL SANTANA, - E E A B 02 MOGI GUAÇU - RURAL
ARARAS - SP - CEP 13600-000
CNPJ - 44699908000100 IE: 182157503118
Classificação: SERVICO PUBLICO / HORÁRIA VERDE / TRIFASICO

Leitura Anterior: 07/10/2015
Leitura Atual: 09/11/2015
Dias do Período: 33

Data de Emissão: 09/11/2015
Data de Apresentação: 09/11/2015
Próxima Leitura: 09/12/2015
Próximo Vencimento: 08/01/2016

Conta Fiscal/Conta de Energia Elétrica	Controle N°	Conta do Mês	Vencimento	Valor da Conta (R\$)
740313	FAT-01-20152650139017.83	Novembro/2015	08/12/2015	R\$504.078,77

Tensão Contratada (kV)	Limites Adequados de Tensão (kV)	Registrador	Demanda Contratada (kW)	Perdas Transformação
13.8	12.834 a 14.49	RM0475829	1080	0,00%

DÉBITOS ANTERIORES		Discriminação da Operação		Qtde.	Preço Médio	Valor
DEBITOS: 08/11/2015 R\$ 467.808,81		Energia Elétrica		877.175,13	0,574661	504.078,77
		Total				504.078,77

Consumo Detalhado	Leit. Ant.	Leit. Atual	Constante	Registrador	Cons. Residual	Faturado	Tarifa (TE)	Valor TE (R\$)	Tarifa (TU)	Valor TU (R\$)	Total (TE+TU) R\$
CONSUMO PONTA kWh	991337	311533	0,216	89162,33	0,00	69162,33	0,352104	24.352,33	0,728756	50.402,46	74.754,79
CONSUMO FORA PONTA kWh	348097	385505	21,600	808012,80	0,00	808012,80	0,222301	179.621,64	0,070015	56.572,61	236.194,25
ENERGIA REAT EXC P kWh	231014	247797	0,216	3625,12	0,00	3625,12	0,274280	994,22			994,22
ENERGIA REAT EXC FP kWh	191179	20588	21,600	30434,40	0,00	30434,40	0,274260	8.346,93			8.346,93
DESMULT kW				0,00							0,00
DEMANDA FORA PONTA kW	24753	26115	0,864	1176,76	0,00	1176,76			21,660000	2.095,82	10.832,66
DEMANDA REAT EXC FP kW	99720	105424	0,216	1232,06	0,00	55,30			9,205500	10.832,66	598,89
COMP TRIB DESC TARIF									10,830000		12.465,00
CONSUMO kWh	378010	418621	21,600	877197,60	0,00						0,00
DEMANDA PONTA kW	20073	21427	0,864	1169,85	0,00						0,00
ENERGIA REAT EXC kWh	21489	23066	21,600	34063,20	0,00						0,00
DEMANDA REAT EXC P kW	83812	89500	0,416	1229,66	0,00						0,00
AD. B. VERM. kWh											0,00
						877175,13	0,041452	36.360,57			36.360,57
Subtotal											382.643,13

Informações Gerais		Tributos		Alíquotas	Base Cálculo	Valor (R\$)
Band. Tarif. Vermelha: 08/10-09/11		ICMS		18,00%	504.078,77	90.734,12
DESCONTO SOBRE TARIFA: R\$ 56.785,01		COFINS		5,15%	488.877,57	25.177,19
APOS VENCIMENTO, CORRECAO MONETARIA MAIS JUROS LEGAIS NA PROXIMA FATU		PIS		1,13%	488.877,57	5.524,33
VEJA LOCAIS DE PAGAMENTO DESTA CONTA NO VERSO E NO SITE DA EMPRESA.						
Subtotal						121.435,64

Figura 8.12 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de novembro de 2015.

ELEKTRO
Eleticidade e Serviços S.A.

Rua Ary Antunes de Souza, 321 - 13053-024
Campinas - SP - CNPJ 02.328.280/0001-97
Insc. Est. 244.868-522/118
Av. Saldanhyaro Lealuga, 2332 - 79619-270 - Três Lagoas - MS
CNPJ 02.328.380/0002-78 - Insc. Est. 28.304.130-9
www.elektro.com.br

Seu Código
18445799

SERVICO DE AGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO MUNICIPIO DE ARARAS
BL SANTANA, - E E A B 02 MOGI GUACU - RURAL
ARARAS - SP - CEP 13600-000
CNPJ - 44699908000100 IE: 182157503118
Classificação: SERVIÇO PÚBLICO / HORÁRIA VERDE / TRIFÁSICO

Leitura Anterior: 09/11/2015
Leitura Atual: 09/12/2015
Dias do Período: 30

Data de Emissão: 09/12/2015
Data de Apresentação: 09/12/2015
Próxima Leitura: 08/01/2016
Próximo Vencimento: 08/02/2016

Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica **Controle Nº** **Conta do Mês** **Vencimento** **Valor da Conta (R\$)**

770970 FAT-01-20152694961920.71 Dezembro/2015 08/01/2016 R\$223.774,08

Tensão Contratada (kV) **Limites Adequados de Tensão (kV)** **Registrador** **Demanda Contratada (kW)** **Perdas Transformação**

13.8 12.834 a 14.49 RM0475829 1080 0,00%

DÉBITOS ANTERIORES

Discriminação da Operação		Qtde.	Preço Médio	Valor
Energia Elétrica		350.060,40	0,639244	223.774,08
Total				223.774,08


Consumo Descontado	Leit. Ant.	Leit. Atual	Constante	Registrado	Conta Realizada	Faturado	Tarifa (R\$)	Valor TE (R\$)	Tarifa (TU)	Valor TU (R\$)	Total (R\$ + TU) R\$
CONSUMO PONTA kWh	311533	455583	0,216	31114,80	0,00	31114,80	0,352104	10.955,64	0,728756	22.675,09	33.630,73
CONSUMO FORA PONTA kWh	385505	400271	21,600	318945,60	0,00	318945,60	0,222301	70.901,76	0,070015	22.330,81	93.232,57
ENERGIA REAT EXC P kWh	247797	256371	0,216	1851,98	0,00	1851,98	0,274260	507,92			507,92
ENERGIA REAT EXC FP kWh	20588	21222	21,600	13694,40	0,00	13694,40	0,274260	3.755,82			3.755,82
DEM ULT kW				0,00							
DEMANDA FORA PONTA kW	26115	27480	0,854	1179,36	0,00	1179,36			21,660000	2.152,13	2.152,13
DEMANDA REAT EXC FP kW	105424	111153	0,216	1237,46	0,00	1179,36			9,205500	10.856,59	10.856,59
COMP TRIS DESC TARIF									10,830000	629,22	629,22
CONSUMO kWh	418621	434826	21,600	350026,00	0,00						5.334,91
DEMANDA PONTA kW	21427	22790	0,854	1177,63	0,00						0,00
ENERGIA REAT EXC kWh	23068	23785	21,600	15530,40	0,00						0,00
DEMANDA REAT EXC P kW	89505	92220	0,216	1234,44	0,00						0,00
AD. B. VERM. kWh											0,00
						350060,40	0,045000	15.752,71			15.752,71
Subtotal											165.852,60

Informações Gerais
Band. Tarif. Vermelha: 10/11-09/12
DESCONTO SOBRE TARIFA: R\$ 24.303,52
APOS VENCIMENTO, CORRECAO MONETARIA MAIS JUROS LEGAIS NA PROXIMA FATU

Tributos	Alíquotas	Base Calculada	Valor (R\$)
ICMS	18,00%	223.774,08	40.279,30
COFINS	6,67%	217.268,07	14.491,79
PIS	1,45%	217.268,07	3.150,39
Subtotal			57.921,48


Figura 8.13 – Conta de energia elétrica da EEAB – Mogi Guaçu do mês de dezembro de 2015.

ANEXO C – Contas de energia elétrica da estação elevatória de água bruta do ribeirão da Penha da cidade de Itapira-SP, referente ao período de janeiro a dezembro de 2015.

Companhia Paulista de Força e Luz Uma empresa do Grupo CPFL Energia				Rod. Campinas-Mogi Mirim, km 2,5, nº 1755 CP 7005 – CEP 13076-970 – Campinas – SP Inscrição Estadual: 244.163.955.115 Inscrição no CNPJ: 33.050.196/0001-88		
SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE R RUI BARBOSA 918 CENTRO 13974-340 ITAPIRA SP				Nota Fiscal Conta de Energia Elétrica Nº. 201501003109206 série C Data de Emissão 22/01/2015 Data de Apresentação 27/01/2015 Pág. 1 de 2		
Roteiro de leitura		Lote		Cliente		
ITRATR14-0000000000		14		60016683		
				Reservado ao fisco BC74.C2B4.E5CC.8859.FA8A.9699.9047.86EF		
DADOS DA INSTALAÇÃO SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA LAD S JOAO 1250 LG BOMBA RECALQUE 13970-330ITAPIRA - SP Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia Munic CNPJ 46.378.766/0001-05 Inscrição Estadual: ISENT0 Conta Contrato Nº.330000252931						
ICMS Base de Cálculo R\$ 62.917,18 Aliquota 18,00 Valor R\$ 11.325,11 Total de ICMS 11.325,11		PIS/COFINS Aliquota PIS % 0,63 Aliquota COFINS % 2,95		DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO Nº. 900300864535 Venda de Energia (kWh) 171.290 Preço Médio 0,32472544 Valores R\$ 55.622,22		
ATENDIMENTO CPFL 0800 770 41 40 www.cpflempresas.com.br		INSTALAÇÃO 13675907 Segunda Via		CONTA/MÊS JAN/2015 VENCIMENTO 10/02/2015 TOTAL A PAGAR (R\$) 55.622,22		
DESCRIÇÃO DA CONTA Nº. 900300864535						
		Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valores R\$
Consumo Ponta [KWh] - TUSD		9.950		9.950	0,46641200	4.640,80
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD		156.630		156.630	0,02116500	3.315,08
Cons Ponta Band Verde - TE		9.950		9.950	0,26723150	2.658,95
Consumo F Ponta Band Verde-TE		156.630		156.630	0,16033550	25.113,35
Adicional Band Vermelha Ponta						180,06
Adicional Band Vermelha FPonta						2.834,49
Consumo Reativo Exc Ponta		165		165	0,19911000	32,86
Consumo Reativo Exc Fora Ponta		4.545		4.545	0,19911000	904,96
Demanda [kW] - TUSD		400	420	420	6,17950000	2.595,39
Demanda Reat Exced [KW] -TUSD				12	7,27000000	87,24
Descontos Tarifários						7.294,96
ICMS Desconto Tarifário						1.601,34
PIS/PASEP						340,32
COFINS						1.593,61
ICMS						9.723,77
Subtotal						62.917,18
Total Distribuidora						62.917,18
Credito do Desconto Tarifario						7.294,96-
Total a Pagar						55.622,22


Autenticação Mecânica no Verso

Figura 8.14 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de janeiro de 2015.

Companhia Paulista de Força e Luz Uma empresa do Grupo CPFL Energia				Rod. Campinas-Mogi Mirim, km 2,5, nº 1755 CP 7005 – CEP 13076-970 – Campinas – SP Inscrição Estadual: 244.163.955.115 Inscrição no CNPJ: 33.050.196/0001-88	
SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE R RUI BARBOSA 918 CENTRO 13974-340 ITAPIRA SP				Nota Fiscal Conta de Energia Elétrica Nº: 201502003353942 série C Data de Emissão 24/02/2015 Data de Apresentação 27/02/2015 Pág. 1 de 2	
Roteiro de leitura	Lote	Cliente	Reservado ao fisco		
ITRATR14-0000000000	14	60016683	27C7.8AEE.9BBA.8F6B.060F.29B8.C0F7.AFAA		
DADOS DA INSTALAÇÃO SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA LAD S JOAO 1250 LG BOMBA RECALQUE 13970-330 ITAPIRA - SP Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia Munic CNPJ 46.378.766/0001-05 Inscrição Estadual: ISENT0 Conta Contrato Nº.330000252931					
ICMS Base de Cálculo R\$ 67.437,23 Alíquota 18,00 Valor R\$ 12.138,70 Total de ICMS 12.138,70		PIS/COFINS Alíquota PIS % 1,33 Alíquota COFINS % 6,18		DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO Nº. 906600789512 Quantidade 173.210 Preço Médio 0,34542688 Valores R\$ 59.831,39	
ATENDIMENTO CPFL	INSTALAÇÃO	CONTA/MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R\$)	
0800 770 41 40 www.cpflempresas.com.br	13675907 Segunda Via	FEV/2015	13/03/2015	59.831,39	
DESCRIÇÃO DA CONTA Nº. 906600789512					
	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valores R\$
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	8.845		8.845	0,46641200	4.125,41
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	163.235		163.235	0,02116500	3.454,87
Cons Ponta Band Verde - TE	8.845		8.845	0,26723150	2.363,66
Consumo F Ponta Band Verde-TE	163.235		163.235	0,16033550	26.172,36
Adicional Band Vermelha Ponta					225,54
Adicional Band Vermelha FPonta					4.162,50
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	1.130		1.130	0,19911000	225,00
Demanda [kW] - TUSD	340	420	420	6,17950000	2.595,39
Descontos Tarifários					7.605,84
ICMS Desconto Tarifário					1.669,57
PIS/PASEP					773,56
COFINS					3.594,40
ICMS					10.469,13
Subtotal					67.437,23
Total Distribuidora					67.437,23
Credito do Desconto Tarifario					7.605,84-
Total a Pagar					59.831,39


Autenticação Mecânica no Verso

Figura 8.15 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de fevereiro de 2015.

Companhia Paulista de Força e Luz Uma empresa do Grupo CPFL Energia				Rod. Campinas-Mogi Mirim, km 2,5, nº 1755 CP 7005 – CEP 13076-970 – Campinas – SP Inscrição Estadual: 244.163.955.115 Inscrição no CNPJ: 33.050.196/0001-88	
SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE R RUI BARBOSA 918 CENTRO 13974-340 ITAPIRA SP				Nota Fiscal Conta de Energia Elétrica Nº. 201503003155184 série C Data de Emissão 24/03/2015 Data de Apresentação 27/03/2015 Pág. 1 de 2	
Roteiro de leitura	Lote	Cliente	Reservado ao fisco		
ITRATR14-0000000000	14	60016683	5E72.9FDE.5F21.1667.5AED.34FA.CCB3.CEA0		
DADOS DA INSTALAÇÃO SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA LAD S JOAO 1250 LG BOMBA RECALQUE 13970-330 ITAPIRA - SP Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia Munic CNPJ 46.378.766/0001-05 Inscrição Estadual: ISENT0 Conta Contrato Nº.330000252931					
ICMS Base de Cálculo R\$ 73.050,98 Alíquota 18,00 Valor R\$ 13.149,18 Total de ICMS 13.149,18		PIS/COFINS Alíquota PIS % 0,46 Alíquota COFINS % 2,12		DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO Nº. 907950659837 Venda de Energia (kWh) 151.185 Preço Médio 0,43150207 Valores R\$ 65.236,64	
ATENDIMENTO CPFL	INSTALAÇÃO	CONTA/MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R\$)	
0800 770 41 40 www.cpfl empresas.com.br	13675907 Segunda Via	MAR/2015	13/04/2015	65.236,64	
DESCRIÇÃO DA CONTA Nº. 907950659837					
	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valores R\$
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	8.375		8.375	0,50220872	4.206,00
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	141.775		141.775	0,05530335	7.840,64
Cons Ponta Band Verde - TE	8.375		8.375	0,29919912	2.505,79
Consumo F Ponta Band Verde-TE	141.775		141.775	0,18212364	25.820,58
Adicional Band Vermelha Ponta					404,35
Adicional Band Vermelha FPonta					6.845,07
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	1.035		1.035	0,22573448	233,64
Demanda [kW] - TUSD	341	420	420	6,17275862	2.592,56
Descontos Tarifários					7.814,34
ICMS Desconto Tarifário					1.715,34
PIS/PASEP					292,19
COFINS					1.346,64
ICMS					11.433,84
Subtotal					73.050,98
Total Distribuidora					73.050,98
Credito do Desconto Tarifário					7.814,34-
Total a Pagar					65.236,64


Autenticação Mecânica no Verso

Figura 8.16 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de março de 2015.

Companhia Paulista de Força e Luz Uma empresa do Grupo CPFL Energia				Rod. Campinas-Mogi Mirim, km 2,5, nº 1755 CP 7005 – CEP 13076-970 – Campinas – SP Inscrição Estadual: 244.163.955.115 Inscrição no CNPJ: 33.050.196/0001-88	
SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE R RUI BARBOSA 918 CENTRO 13974-340 ITAPIRA SP				Nota Fiscal Conta de Energia Elétrica Nº. 201504003123519 série C Data de Emissão 24/04/2015 Data de Apresentação 29/04/2015 Pág. 1 de 2	
Roteiro de leitura	Lote	Cliente	Reservado ao fisco		
ITRATR14-0000000000	14	60016683	4F09.89B7.5BFF.31A3.6A5E.CC2B.6EC9.E03C		
DADOS DA INSTALAÇÃO SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA LAD S JOAO 1250 LG BOMBA RECALQUE 13970-330ITAPIRA - SP					
Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia Munic CNPJ 46.378.766/0001-05 Inscrição Estadual: ISENT0 Conta Contrato Nº.330000252931					
ICMS Base de Cálculo R\$ 64.825,63 Aliquota 18,00 Valor R\$ 15.268,63 Total de ICMS 15.268,63		PIS/COFINS Aliquota PIS % 0,66 Aliquota COFINS % 2,95		DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO Nº. 912900054800 Quantidade 161.820 Preço Médio 0,47085923 Valores R\$ 76.194,44	
ATENDIMENTO CPFL		INSTALAÇÃO	CONTA/MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R\$)
0800 770 41 40		13675907	ABR/2015	15/05/2015	76.194,44
www.cpflempresas.com.br		Segunda Via			
DESCRIÇÃO DA CONTA Nº. 912900054800					
	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valores R\$
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	8.465		8.465	0,51718716	4.377,98
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	151.020		151.020	0,06440477	9.726,41
Cons Ponta Band Verde - TE	8.465		8.465	0,31513640	2.667,64
Consumo F Ponta Band Verde-TE	151.020		151.020	0,19442654	29.362,30
Adicional Band Vermelha Ponta					465,59
Adicional Band Vermelha FPonta					8.306,11
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	2.335		2.335	0,24056581	561,72
Demanda [kW] - TUSD	389	420	420	6,60916129	2.775,85
Descontos Tarifários					8.631,19
ICMS Desconto Tarifário					1.894,67
PIS/PASEP					490,37
COFINS					2.191,84
ICMS					13.373,96
Subtotal					84.825,63
Total Distribuidora					84.825,63
Credito do Desconto Tarifário					8.631,19-
Total a Pagar					76.194,44

Autenticação Mecânica no Verso

Figura 8.17 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de abril de 2015.

Companhia Paulista de Força e Luz Uma empresa do Grupo CPFL Energia				Rod. Campinas-Mogi Mirim, km 2,5, nº 1755 CP 7005 – CEP 13076-970 – Campinas – SP Inscrição Estadual: 244.163.955.115 Inscrição no CNPJ: 33.050.196/0001-88	
SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE R RUI BARBOSA 918 CENTRO 13974-340 ITAPIRA SP				Nota Fiscal Conta de Energia Elétrica Nº. 201505003131778 série C Data de Emissão 22/05/2015 Data de Apresentação 27/05/2015 Pág. 1 de 2	
Roteiro de leitura	Lote	Cliente	Reservado ao fisco		
ITRATR14-0000000000	14	60016683	A481.6C85.F501.19DB.8F01.2F8C.9862.D92D		
DADOS DA INSTALAÇÃO SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA LAD S JOAO 1250 LG BOMBA RECALQUE 13970-330 ITAPIRA - SP Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia Munic CNPJ 46.378.766/0001-05 Inscrição Estadual: ISENT0 Conta Contrato Nº.330000252931					
ICMS Base de Cálculo R\$ 77.829,19 Aliquota 18,00 Valor R\$ 14.009,27 Total de ICMS 14.009,27		PIS/COFINS Aliquota PIS % 1,10 Aliquota COFINS % 5,02		DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO Nº. 905150915428 Quantidade 139.420 Preço Médio 0,50250918 Valores R\$ 70.059,83	
ATENDIMENTO CPFL	INSTALAÇÃO	CONTA/MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R\$)	
0800 770 41 40 www.cpflempresas.com.br	13675907 Segunda Via	MAI/2015	11/06/2015	70.059,83	
DESCRIÇÃO DA CONTA Nº. 905150915428					
	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valores R\$
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	7.720		7.720	0,52183200	4.028,54
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	130.800		130.800	0,06456600	8.445,23
Cons Ponta Band Verde - TE	7.720		7.720	0,32139350	2.481,15
Consumo F Ponta Band Verde-TE	130.800		130.800	0,19987750	26.143,98
Adicional Band Vermelha Ponta					424,60
Adicional Band Vermelha FPonta					7.194,01
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	900		900	0,24706000	222,35
Demanda [kW] - TUSD	387	420	420	6,97000000	2.927,40
Descontos Tarifários					7.769,36
ICMS Desconto Tarifário					1.705,48
PIS/PASEP					751,91
COFINS					3.431,39
ICMS					12.303,79
Subtotal					77.829,19
Total Distribuidora					77.829,19
Credito do Desconto Tarifário					7.769,36-
Total a Pagar					70.059,83

Autenticação Mecânica no Verso

Figura 8.18 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de maio de 2015.

Companhia Paulista de Força e Luz
 Divisão de Serviço ao Grupo CPFL Energia

100 anos
 100 ANOS DE SERVIÇO À PAULISTA

CPFL ENERGIA

Rua Eng. Manoel N. B. de Almeida, 23
 Campinas, SP - 13081-900
 Inscrição Estadual: 244.163.955-115
 Inscrição do CNPJ: 33.050.195/0001-88

14510009

SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE
 R RUI BARBOSA 918
 CENTRO
 13974-340 ITAPIRA SP

Nota fiscal
 Conta de Energia Elétrica
 N° 201506003020773 Série C
 Data de Emissão: 23/06/2015
 Data de Apresentação: 26/06/2015
 Página 01 de 02

Roteiro de Leitura	Lote	PN	Reservado ao Fisco
ITRATR14 - 00000000	14	60016683	FD97.4FAF.2120.3CF7.A35E.5C0C.7365.3681

DADOS DO SEU CÓDIGO

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA
 LAD S JOAO, 1250
 13970-330 ITAPIRA / SP

Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia
 Munic
 CNPJ 46.378.766/0001-05
 Inscrição Estadual: ISENTA
 Conta Contrato N° 330000252931

ICMS	PIS/COFINS	DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO
Base de Cálculo R\$ 90.981,63	Aliquota % 16,00	Valor ICMS R\$ 16.376,71
Aliquota PIS % 1,51	Aliquota COFINS % 6,94	Valor Total de ICMS 16.376,71

N° 908250696823

Quantidade	Preço Médio	Valor (R\$)
Venda de Energia (kWh)	180.175	0,51290414
		82.154,42

ATENDIMENTO CPFL	PN	SEU CÓDIGO	CONTA MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0800 770 41 40 www.cpflempresas.com.br	60016683	13675907	JUN/2015	13/07/2015	82.154,42

DESCRIÇÃO DA CONTA

N° 908250696823	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valor (R\$)
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	8.585		8.585	0,52183110	4.479,92
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	150.710		150.710	0,06458599	9.730,74
Cons Ponta Band Verde - TE	8.585		8.585	0,32139429	2.759,17
Consumo F Ponta Band Verde-TE	150.710		150.710	0,19987751	30.123,54
Adicional Band Vermelha Ponta					472,18
Adicional Band Vermelha FPonta					8.289,06
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	880		880	0,24705682	217,41
Demanda [kW] - TUSD	387	420	420	6,97000000	2.927,40
Descontos Tarifários					8.827,21
ICMS Desconto Tarifário					1.937,68
PIS/PASEP					1.211,26
COFINS					5.567,03
ICMS					14.439,03
Subtotal					90.981,63
Total CPFL					90.981,63
Credito do Desconto Tarifário					8.827,21-
Total a Pagar					82.154,42

Documento recebido na contabilidade em: 29/06/15
 Documento direcionado ao almoxarifado em: 29/06/15
 Documento devolvido à contabilidade em: 29/06/15

Almoxarifado

Autenticação Mecânica no Verso

cpfl paulista

Nota fiscal
 Conta de Energia Elétrica
 N° 201506003020773 Série C

Conta Contrato N°	Vencimento	Total a Pagar R\$
330000252931	13/07/2015	82.154,42

Figura 8.19 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de junho de 2015.

de Força e Luz
Uma empresa do Grupo CPFL Energia

CPFL ENERGIA

Campina: SP - 065.000
Inscrição Estadual: 044.163.955.115
Inscrição no CNPJ: 03.305.019/0001-44

19190009

SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE
R RUI BARBOSA 918
CENTRO
13974-340 ITAPIRA SP

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
Nº 201507003224808 Série C
Data de Emissão: 23/07/2015
Data de Apresentação: 27/07/2015
Página 01 de 02

Roteiro de Leitura	Lote	PN	Reservado ao Fisco
ITRATR14 - 00000000	14	60016683	24DD.AA9A.E8D6.7941.1D5C.C66A.F7AD.BD01

DADOS DO SEU CÓDIGO

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA
LAD S JOAO, 1250
13970-330 ITAPIRA / SP

Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia
Munic
CNPJ 46.378.766/0001-05
Inscrição Estadual: ISENTO
Conta Contrato N°. 330000252931

ICMS	PIS/COFINS	DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO
Base de Cálculo R\$ 81.984,18	Alíquota % 18,00	Valor ICMS R\$ 14.757,14
Valor Total de ICMS 14.757,14	Alíquota PIS % 1,37	Alíquota COFINS % 6,38
Nº 90560952361	Quantidade 143.090	Preço Médio 0,51684450
Venda de Energia (kWh)	Valor (R\$) 73.955,28	

ATENDIMENTO CPFL	PN	SEU CÓDIGO	CONTA MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0800 770 41 40 www.cpfl empresas.com.br	60016683	13675907	JUL/2015	10/08/2015	73.955,28

DESCRIÇÃO DA CONTA

Nº 90560952361	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valor (R\$)
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	8.735		8.735	0,52183171	4.558,20
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	133.125		133.125	0,08456593	8.595,34
Cons Ponta Band Verde - TE	8.735		8.735	0,32138325	2.807,37
Consumo F Ponta Band Verde-TE	133.125		133.125	0,19987748	26.808,69
Adicional Band Vermelha Ponta					480,43
Adicional Band Vermelha F Ponta					7.321,88
Consumo Reativo Exc Ponta	55		55	0,24709091	13,59
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	1.175		1.175	0,24706383	290,30
Demanda [kW] - TUSD	385	420	420	6,97000000	2.927,40
Descontos Tarifários					8.028,90
ICMS Desconto Tarifário					1.782,43
PIS/PASEP					989,03
COFINS					4.805,91
ICMS					12.994,71
Subtotal					81.984,18
Total CPFL					81.984,18
Credito do Desconto Tarifário					8.028,90
Total a Pagar					73.955,28

2015/000 001 - 286

Autenticação Mecânica no Verso

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
Nº 201507003224808 Série C

cpfl paulista

Documentos recebidos na contabilidade em: 30/07/15
Documentos encaminhados ao almoxarifado em: 30/07/15
Documentos arquivados à contabilidade em: 31/07/15

Contabilidade Almoxarifado

Conta Contrato N°
330000252931

Vencimento
10/08/2015

Total a Pagar R\$
73.955,28

Figura 8.20 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de julho de 2015.

de Força e Luz
Uma empresa da CPFL Energia

CPFL ENERGIA

Companhia - SP - 13.088.000
Inscrição Estadual - 14.163.911.115
Inscrição no CNPJ - 06.950.196/0001-88

29040008

SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE
R RUI BARBOSA 918
CENTRO
13974-340 ITAPIRA SP

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
Nº 201508003133422 Série C
Data de Emissão 21/08/2015
Data de Apresentação 26/08/2015
Página 01 de 02

Roteiro de Leitura	Lote	PN	Reservado ao Fisco
ITRATR14 - 00000000	14	60016683	E528.C880.4970.761A.F8C2.76E6.E086.E016

DADOS DO SEU CÓDIGO

SERVICO AUTONOMO DE AGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA
LAD S JOAO , 1250
13970-330 ITAPIRA / SP

Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia Munic
CNPJ 46.378.766/0001-05
Inscrição Estadual: ISENT0
Conta Contrato N°. 330000252931

ICMS			PIS/COFINS		DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO		
Base de Cálculo R\$	Alíquota %	Valor ICMS R\$	Alíquota PIS %		Nº 903051034680	Quantidade	Preço Médio
63.719,95	18,00	15.069,60	1,03			154.685	0,48731829
Valor Total de ICMS		15.069,60	Alíquota COFINS %	4,73	Venda de Energia (kWh)		75.380,83

ATENDIMENTO CPFL	PN	SEU CÓDIGO	CONTA MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0800 770 41 40 www.cpfl empresas.com.br	60016683	13875907	AGO/2015	11/09/2015	75.380,83

DESCRIÇÃO DA CONTA

	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valor (R\$)
Nº 903051034680					
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	8.655		8.655	0,52183171	3.472,79
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	148.405		148.405	0,06456603	9.452,79
Cons Ponta Band Verde - TE	8.655		8.655	0,32130294	2.138,87
Consumo F Ponta Band Verde-TE	148.405		148.405	0,19987753	29.283,07
Adicional Band Vermelha Ponta					366,03
Adicional Band Vermelha FPonta					8.052,28
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	1.625		1.625	0,24708462	401,48
Demanda [kW] - TUSD	385	420	420	6,97000000	2.927,40
Descontos Tarifários					8.339,12
ICMS Desconto Tarifário					1.830,55
PIS/PASEP					757,58
COFINS					3.478,94
ICMS					13.239,05
Subtotal					83.719,95
Total Distribuidora					83.719,95
Credito do Desconto Tarifário					8.339,12-
Total a Pagar					75.380,83

Documento recebido na contabilidade em: 26/08/15
Documento direcionado ao almoxarifado em: 26/08/15
Documento devolvido à contabilidade em: 24/08/15

Contabilidade Almoxarifado

Autenticação Mecânica no Verso

cpfl paulista

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
Nº 201508003133422 Série C

Conta Contrato N°
330000252931

Vencimento
11/09/2015

Total a Pagar R\$
75.380,83

Figura 8.21 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de agosto de 2015.

Companhia Paulista de Força e Luz
Uma empresa do Grupo CPFL Energia

CPFL ENERGIA

Campinas, SP - 13088-900
Inscrição Estadual: 244.163.955-115
Inscrição no CNPJ: 33.050.196/0001-88

37670010

SAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE
R RUI BARBOSA 918
CENTRO
13974-340 ITAPIRA SP

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
N° 201509003211914 Série C
Data de Emissão: 22/09/2015
Data de Apresentação: 25/09/2015
Página 01 de 02

Roteiro de Leitura	Lote	PN	Reservado ao Fisco
ITRATR14 - 00000000	14	60016683	B84C.00C8.C8A4.5D68.52AD.BDCB.7E8B.F328

DADOS DO SEU CÓDIGO

SERVICO AUTONOMO DE AGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA
LAD S JOAO, 1250
13970-330 ITAPIRA / SP

Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia Munic
CNPJ 46.378.766/0001-05
Inscrição Estadual: ISENT0
Conta Contrato N°. 330000252931

ICMS	PIS/COFINS	DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO
Base de Cálculo R\$ 87.824,00	Aliquota PIS % 1,15	N° 903001066292
Aliquota % 18,00	Aliquota COFINS % 5,27	Quantidade 163.510
Valor ICMS R\$ 15.808,36		Preço Médio 0,48380742
Valor Total de ICMS 15.808,36		Valor (R\$) 79.074,65

ATENDIMENTO CPFL	PN	SEU CÓDIGO	CONTA MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0800 770 41 40 www.cpflempresas.com.br	60016683	13675907	SET/2015	09/10/2015	79.074,65

DESCRIÇÃO DA CONTA

N° 903001066292	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valor (R\$)
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	6.610		6.610	0,52183056	3.449,30
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	156.000		156.000	0,06456596	10.072,29
Cons Ponta Band Verde - TE	6.610		6.610	0,32139334	2.124,41
Consumo F Ponta Band Verde-TE	156.000		156.000	0,19987750	31.180,89
Adicional Band Vermelha Ponta					318,11
Adicional Band Vermelha FPonta					7.507,50
Consumo Reativo Exc Ponta	20		20	0,24700000	4,94
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	880		880	0,24705682	217,41
Demanda [kW] - TUSD	386	385	385	6,97000000	2.753,15
Descontos Tarifários					8.749,44
ICMS Desconto Tarifário					2.063,76
PIS/PASEP					1.006,97
COFINS					4.628,32
ICMS					13.724,60
Subtotal					87.824,00
Total Distribuidora					87.824,00
Credito do Desconto Tarifário					8.749,44
Total a Pagar					79.074,65

IMPOSTOS LANÇADOS

Autenticação Mecânica no Verso

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
N° 201509003211914 Série C

cpfl paulista

Documento recebido na contabilidade em: 29/09/15
Documento direcionado ao almoxarifado em: 29/09/15
Documento devolvido à contabilidade em: 30/09/15

Contabilidade
Almoxarifado

Conta Contrato N°
330000252931

Vencimento
09/10/2015

Total a Pagar R\$
79.074,65

Figura 8.22 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de setembro de 2015.

de Força e Luz
Uma empresa do Grupo CPFL Energia

CPFL
ENERGIA

Campinas, SP, 13068-900
Inscrição Estado: 44.163.953.115
Inscrição no CNPJ: 06.950.196/0001-88

47020013
SAEA ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE
R RUI BARBOSA 918
CENTRO
13974-340 ITAPIRA SP

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
Nº 003120610 Série C
Data de Emissão: 23/10/2015
Data de Apresentação: 27/10/2015
Página 01 de 02

Roteiro de Leitura	Lote	PN	Reservado ao Fisco
ITRATR14 - 00000000	14	60016683	B2DE.EB24.07F4.A0F7.4C7A.797C.71B7.57F8

DADOS DO SEU CÓDIGO

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA
LAD S JOAO, 1250
13970-330 ITAPIRA / SP

Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia
Munic
CNPJ 46.378.766/0001-05
Inscrição Estadual: ISENT0
Conta Contrato N°: 330000252931

ICMS	PIS/COFINS	DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO
Base de Cálculo R\$ 90.835,13	Alíquota % 18,00	Valor ICMS R\$ 16.350,34
Alíquota PIS % 1,15	Alíquota COFINS % 5,32	Valor Total de ICMS 16.350,34
Nº 915450046817	Quantidade	Preço Médio
Venda de Energia (kWh)	170.005	0,48070143
		Valor (R\$)
		81.764,91

ATENDIMENTO CPFL	PN	SEU CÓDIGO	CONTAS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0800 770 41 40 www.cpfempresas.com.br	60016683	13675907	OUT/2015	11/11/2015	81.764,91

DESCRIÇÃO DA CONTA

Nº 915450046817	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valor (R\$)
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	7.270		7.270	0,52183219	3.793,72
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	180.585		180.585	0,08458509	10.368,33
Cons Ponta Band Verde - TE	7.270		7.270	0,32130340	2.336,53
Consumo F Ponta Band Verde-TE	180.585		180.585	0,19067745	32.067,32
Adicional Band Vermelha Ponta					327,16
Adicional Band Vermelha FPonta					7.228,33
Consumo Reativo Exc Ponta	35		35	0,24085714	8,64
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	2.205		2.205	0,24708122	544,77
Demanda [kW] - TUSD	402	395	402	6,97000000	2.801,94
Demanda Reat Exced [kW] -TUSD			4	8,20000000	32,80
Descontos Tarifários					9.070,22
ICMS Desconto Tarifário					2.161,59
PIS/PASEP					1.044,61
COFINS					4.832,42
ICMS					14.188,75
Subtotal					90.835,13
Total Distribuidora					90.835,13
Credito do Desconto Tarifário					9.070,22
Total a Pagar					81.764,91

Documento recebido na contabilidade em: 04/11/15
Documento direcionado ao almoxarifado em: 04/11/15
Documento devolvido à contabilidade em: 06/11/15

Autenticação Mecânica no Verso

Contabilidade Almoxarifado

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
Nº 003120610 Série C

cpfl paulista
2015/00001-410

Conta Contrato N°
330000252931

Vencimento
11/11/2015

Total a Pagar R\$
81.764,91

Figura 8.23 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de outubro de 2015.

de Força e Luz
Uma empresa do Grupo CPFL Energia

CPFL ENERGIA

Campinas, SP, 13068-900
Inscrição Estadual: 16.195.115
Inscrição no CNPJ: 06.920.126/0001-88

59180012

SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE
R RUI BARBOSA 918
CENTRO
13974-340 ITAPIRA SP

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
N° 003963049 Série C
Data de Emissão 27/11/2015
Data de Apresentação 01/12/2015
Página 01 de 02

Roteiro de Leitura	Lote	PN	Reservado ao Fisco
ITRATR14 - 00000000	14	60016683	9B03.0A39.6D79.D56D.6589.0BE1.4ABE.BE74

DADOS DO SEU CÓDIGO

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA
LAD S JOAO, 1250
13970-330 ITAPIRA / SP

Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia Munic
CNPJ 46.378.766/0001-05
Inscrição Estadual: ISENT0
Conta Contrato N°. 330000252931

ICMS	PIS/COFINS	DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO
Base de Cálculo R\$ 94.587,01 Alíquota % 18,00 Valor ICMS R\$ 17.025,87	Alíquota PIS % 1,18 Alíquota COFINS % 5,31	N° 901401150358 Venda de Energia (KWh) Quantidade 177.725 Preço Médio 0,47912314 Valor (R\$) 85.152,18

ATENDIMENTO CPFL	PN	SEU CÓDIGO	CONTA MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0800 770 41 40 www.cpflempresas.com.br	60016683	13675907	NOV/2015	15/12/2015	85.125,41

DESCRIÇÃO DA CONTA

	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valor (R\$)
N° 901401150358					
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	7.240		7.240	0,52183149	3.778,06
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	168.600		168.600	0,06456801	10.885,83
Cons Ponta Band Verde - TE	7.240		7.240	0,32139365	2.326,89
Consumo F Ponta Band Verde-TE	168.600		168.600	0,19987752	33.699,35
Adicional Band Vermelha Ponta					325,80
Adicional Band Vermelha FPonta					7.587,01
Consumo Reativo Exc Ponta	20		20	0,24700000	4,94
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	1.885		1.885	0,24708188	460,77
Demanda [KW] - TUSD	368	365	368	6,97000000	2.774,06
Demanda Rest Exced [KW] -TUSD			20	8,20000000	164,00
Descontos Tarifários					9.434,85
ICMS Desconto Tarifário					2.248,48
PIS/PASEP					1.067,21
COFINS					5.022,57
ICMS					14.777,19
Subtotal					94.587,01
Total Distribuidora					28,75
Ressarcimento DIC Mensal					28,75
Total Devoluções/Ajustes					9.434,85
Credito do Desconto Tarifário					85.125,41
Total a Pagar					

Documento recebido na contabilidade em: 02/12/15

Documento direcionado ao almoxarifado em: 02/12/15

Documento devolvido a contabilidade em: 03/12/15

Contabilidade Almoxarifado

Autenticação Mecânica no Verso

cpfl paulista

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
N° 003963049 Série C

2015/00001-457

Conta Contrato N°	Vencimento	Total a Pagar R\$
330000252931	15/12/2015	85.125,41

Figura 8.24 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de novembro de 2015.

Companhia Paulista de Força e Luz
uma empresa do Grupo CPFL Energia

CPFL ENERGIA

Companhia S/A de Capital Aberto
Inscrição Estadual: 163.955.115
Inscrição no CNPJ: 030.196/0001-88

68190008

SAAE ITAPIRA SETOR DE CONTABILIDADE
R RUI BARBOSA 918
CENTRO
13974-340 ITAPIRA SP

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
N° 003258768 Série C
Data de Emissão: 22/12/2015
Data de Apresentação: 28/12/2015
Página 01 de 02

Rotelo de Leitura	Lote	PN	Reservado ao Fisco
ITRATR14 - 00000000	14	60016683	BF7B.BC65.D963.6EE3.66D5.B953.4167.333C

DADOS DO SEU CÓDIGO

SERVICO AUTONOMO DE AGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA
LAD S JOAO , 1250
13970-330 ITAPIRA / SP

Classificação: Tarifa Verde-A4 Serviço Público Ag/Esg/San Autarquia Munic
CNPJ 46.378.766/0001-05
Inscrição Estadual: ISENT0
Conta Contrato N°. 330000252931

ICMS		PIS/COFINS		DISTRIBUIÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO		
Base de Cálculo R\$	Alíquota %	Valor ICMS R\$	Alíquota PIS %	N° 915400077931	Quantidade	Preço Médio
81.367,84	18,00	14.646,22	0,95			
			Alíquota COFINS %			
			4,38			
Valor Total de ICMS		14.646,22				
				Venda de Energia (KWh)	153.625	0,47616489
						73.150,80

ATENDIMENTO CPFL	PN	SEU CÓDIGO	CONTA MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0800 770 41 40 www.cpfl empresas.com.br	60016683	13875907	DEZ/2015	13/01/2016	73.150,80

DESCRIÇÃO DA CONTA

N° 915400077931	Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa/Preço	Valor (R\$)
Consumo Ponta [KWh] - TUSD	6.420		6.420	0,52183178	3.350,16
Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	144.980		144.980	0,06456595	9.359,48
Cons Ponta Band Verde - TE	6.420		6.420	0,32136408	2.063,35
Consumo F Ponta Band Verde-TE	144.980		144.980	0,19967748	28.974,24
Adicional Band Vermelha Ponta					288,90
Adicional Band Vermelha FPonta					6.523,20
Consumo Reativo Exc Ponta	30		30	0,24700000	7,41
Consumo Reativo Exc Fora Ponta	2.215		2.215	0,24700095	547,24
Demanda [kW] - TUSD	404		404	6,97000000	2.815,88
Demanda Rest Exced [KW] -TUSD		305	29	8,20000000	237,80
Descontos Tarifários					8.217,04
ICMS Desconto Tarifário					1.929,14
PIS/PASEP					773,01
COFINS					3.563,91
ICMS					12.717,08
Subtotal					81.367,84
Total Distribuidora					81.367,84
Credito do Desconto Tarifário					8.217,04
Total a Pagar					73.150,80

Autenticação Mecânica No Verso

Nota fiscal
Conta de Energia Elétrica
N° 003258768 Série C

cpfl paulista

Conta Contrato N°
330000252931

Vencimento
13/01/2016

Total a Pagar R\$
73.150,80

Documento recebido na contabilidade em: 04/01/16
Documento direcionado ao almoxarifado em: 07/01/16
Documento devolvido à contabilidade em: 07/01/16

Contabilidade Almoxarifado

Figura 8.25 – Conta de energia elétrica da EEAB – Ribeirão da Penha do mês de dezembro de 2015.

ANEXO D – Documentações relativas à autorização para a manipulação dos dados da EEAB Mogi Guaçu do SAEMA de Araras-SP, e posterior publicação.

Araras, 30 de agosto de 2016.

A/C: Presidente Executivo do SAEMA
Sr. Romildo José Bollis

Caro Presidente, sou aluno do programa de Doutorado da Faculdade de Engenharia Civil – FEC da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP na área de concentração de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais, e estou pesquisando a eficiência energética em estações elevatórias de água.

Conforme exposto, pretendo elaborar um estudo de caso para minha tese, relativo a estação elevatória de água bruta – EEAB do Rio Mogi Guaçu, e para isso preciso analisar as contas de energia elétrica dos anos de 2015 e 2016 da referida elevatória, para análise e posterior publicação.

Diante do exposto, solicito a vossa autorização para cópia e manipulação dos dados das contas de energia da EEAB do Rio Mogi Guaçu dos anos de 2015 e 2016, bem como, autorização para publicação desses dados na Tese, em artigos de revista científica especializada e em congressos.

Atenciosamente,


Eng. MSc. Oswaldo Buzolin Junior
RG.: 18.618.406

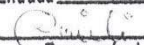
Serviço de Água, Esgoto e Meio Ambiente
do Município de Araras - SAEMA
SERVIÇO DE EXPEDIENTE E ARQUIVO
Protocolado nº 1053
Data da Entrada 30/08/16

Responsável

Figura 8.26 – Requerimento ao SAEMA para autorização de manipulação dos dados da EEAB Mogi Guaçu e publicação.



SERVIÇO DE ÁGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO
MUNICÍPIO DE ARARAS

Rua Ciro Lagazzi, 155 – Jd. Cândida – CEP 13603-027 – Araras/SP.
Tel. (19) 3543-5500 – Fax (19) 3543-5527

OF. GP. 185/2016.

Araras, 14 de setembro de 2016.


Prezado Senhor:

O SAEMA – Serviço de Água, Esgoto e Meio Ambiente de Araras, por meio do Presidente Executivo, Romildo José Bollis, vem respeitosamente à presença de Vossa Senhoria, em resposta ao ofício protocolado nesta autarquia na data 30/08/2016, informamos que Vosso Pedido foi **Deferido**, devendo, portanto, Vossa Senhoria dirigir-se até a Divisão Contabilidade e Tesouraria para a retirada de vosso interesse.

Todavia a retirada dos documentos estará condicionada ao pagamento das Xerox cópias necessárias.

Aproveitamos o ensejo para renovarmos nossos votos de elevada estima e consideração, e colocamo-nos à disposição de Vossa Senhoria para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Atenciosamente,




ROMILDO JOSÉ BOLLIS
PRESIDENTE EXECUTIVO

Ao
Eng. MSc. Oswaldo Buzolin Junior

Figura 8.27 – Ofício GP 185/2016, com o deferimento do presidente do SAEMA de Araras-SP, para a manipulação dos dados da EEAB Mogi Guaçu e publicação.

ANEXO E – Documento relativo à autorização para a manipulação dos dados da EEAB Ribeirão da Penha do SAAE de Itapira-SP, e posterior publicação.

	<p>Serviço Autônomo de Água e Esgotos de Itapira Rua Rui Barbosa, nº 918 – CEP: 13.974-340 – Itapira – SP C.N.P.J: 46.378.766/0001-05 – I.E: 374.120.865.114 Fone/Fax: (19) 3913-9500</p>	<p>NBR ISO 9001:2008 (Certificado)</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------

Itapira, 02 de dezembro de 2016.

Ofício nº 236/2016

Ref. Protocolo SAAE nº 275/2016

O SAAE – SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITAPIRA, autarquia municipal, inscrita sob o CNPJ nº 46.378.766/0001-05, com sede à Rua Rui Barbosa, nº 918, Centro, CEP 13.974-340, município de Itapira, estado de São Paulo, representado por seu Presidente, Eng. José Armando Mantuan, **AUTORIZA** o Eng. MSc. Oswaldo Buzolin Junior, para fins de estudo de caso de tese de Doutorado da Faculdade de Engenharia Civil – FEC da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, na área de concentração de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais, o uso de dados e informações do SAAE referentes à EEAB do Ribeirão da Penha, bem como a publicação destes dados na Tese, artigos de revista científica especializada e em congressos.

Eng. José Armando Mantuan
Presidente

Figura 8.28 – Ofício 236/2016, com o deferimento do presidente do SAAE de Itapira-SP, para a manipulação dos dados da EEAB Ribeirão da Penha e publicação.

ANEXO F – Curvas das bombas da EEAB – Mogi Guaçu do SAEMA de Araras-SP.

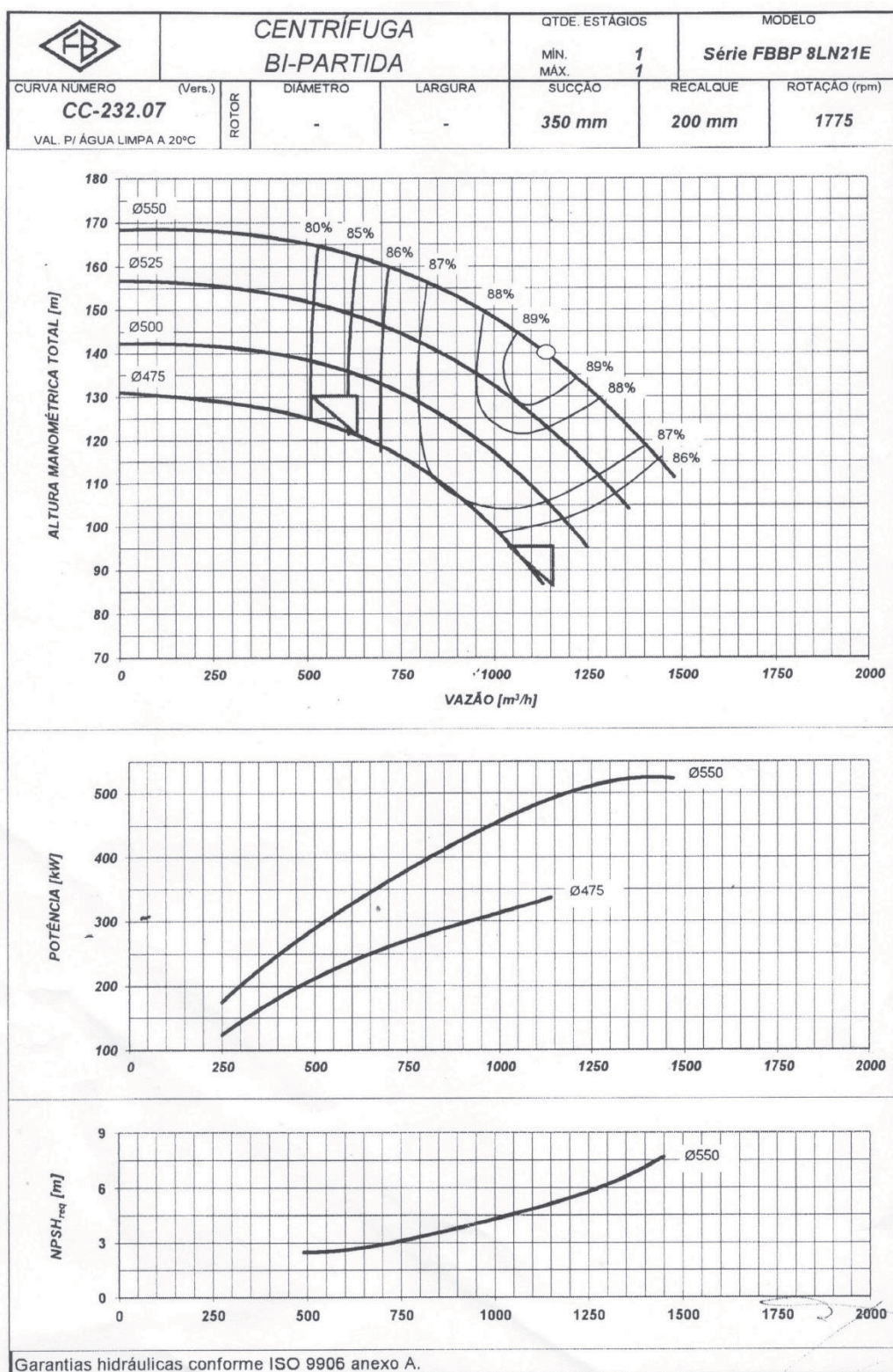


Figura 8.29 – Curvas das bombas centrífuga bipartida da empresa Fabricadora de Bomba – FB – FBBP 8LN21E, que equipam os conjuntos 1 e 2

ANEXO G – Curvas das bombas da EEAB – Ribeirão da Penha de Itapira-SP.

Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	KSB ETA	Tamanho Size Tamanho	150-50	
Oferta n° Project - No. Oferta - n°	Item n° Item - No. Pos - n°	Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed Velocidad Nominal	1760 rpm 1160 rpm	

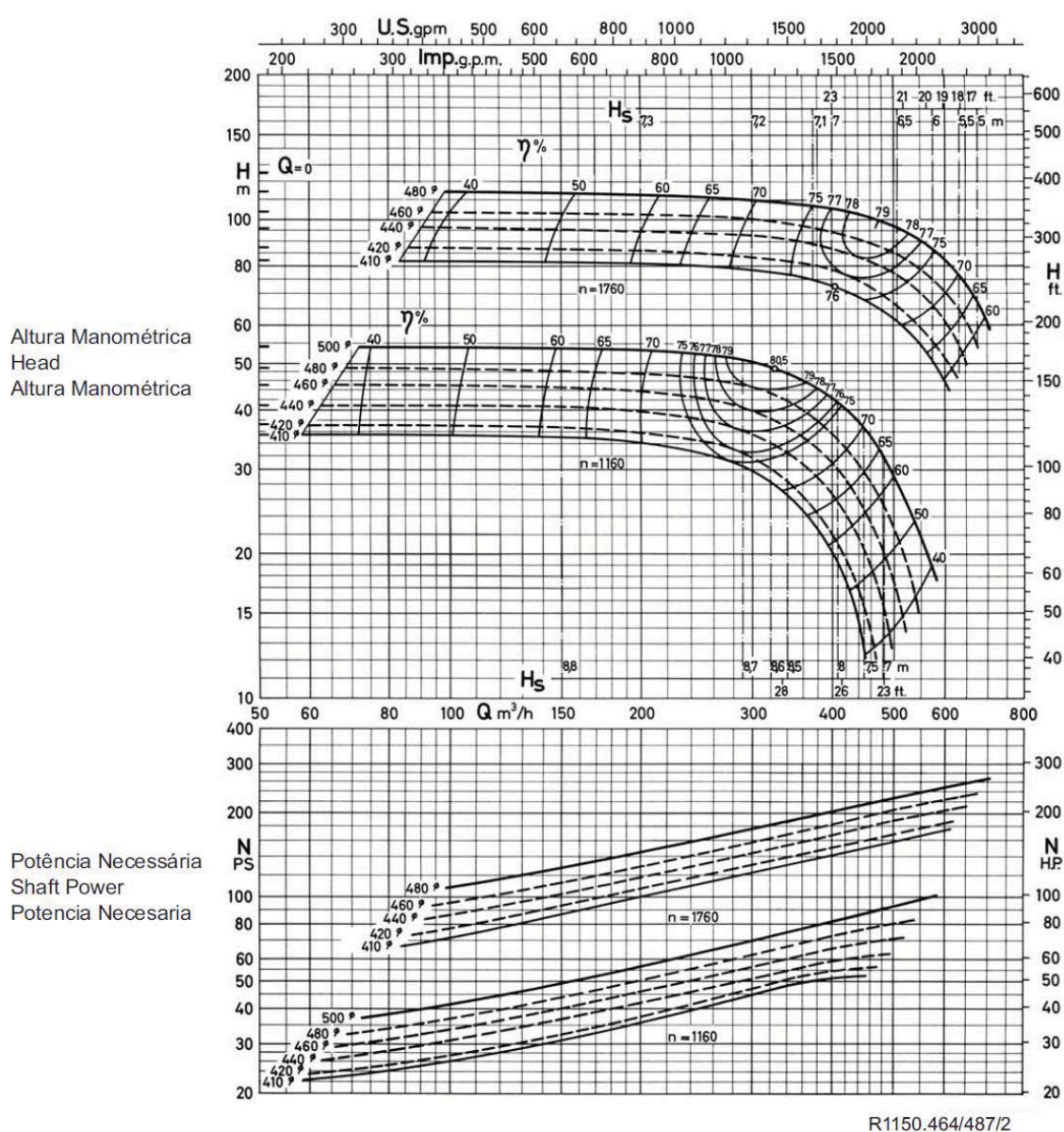


Figura 8.30 – Curvas das bombas centrífuga da empresa KSB ETA 150-50 que equipam os conjuntos A, B e C

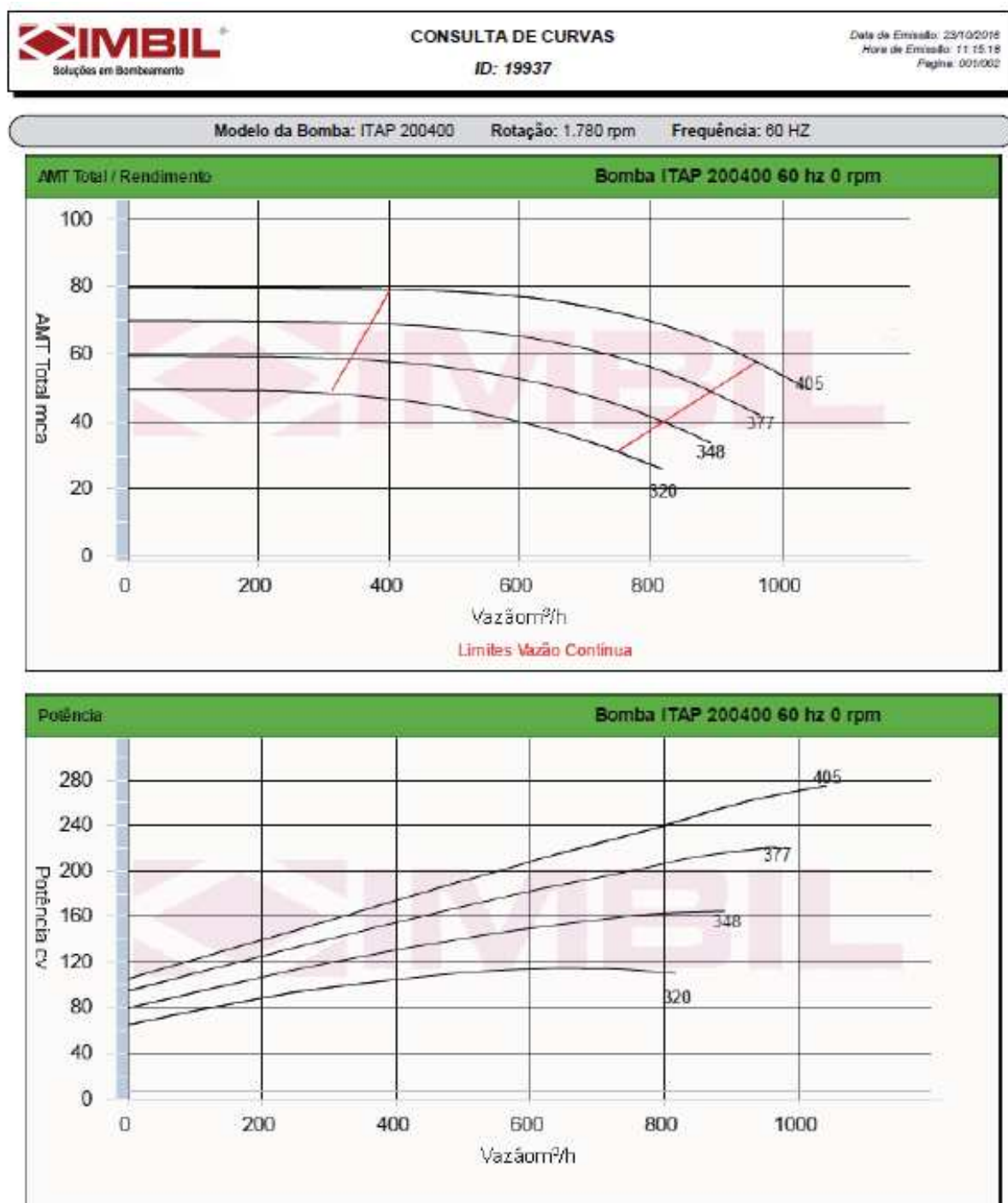


Figura 8.31 – Curvas da bomba centrífuga da empresa IMBIL ITAP 200-400 que equipa o conjunto D – Altura Manométrica x Vazão e Potência x Vazão

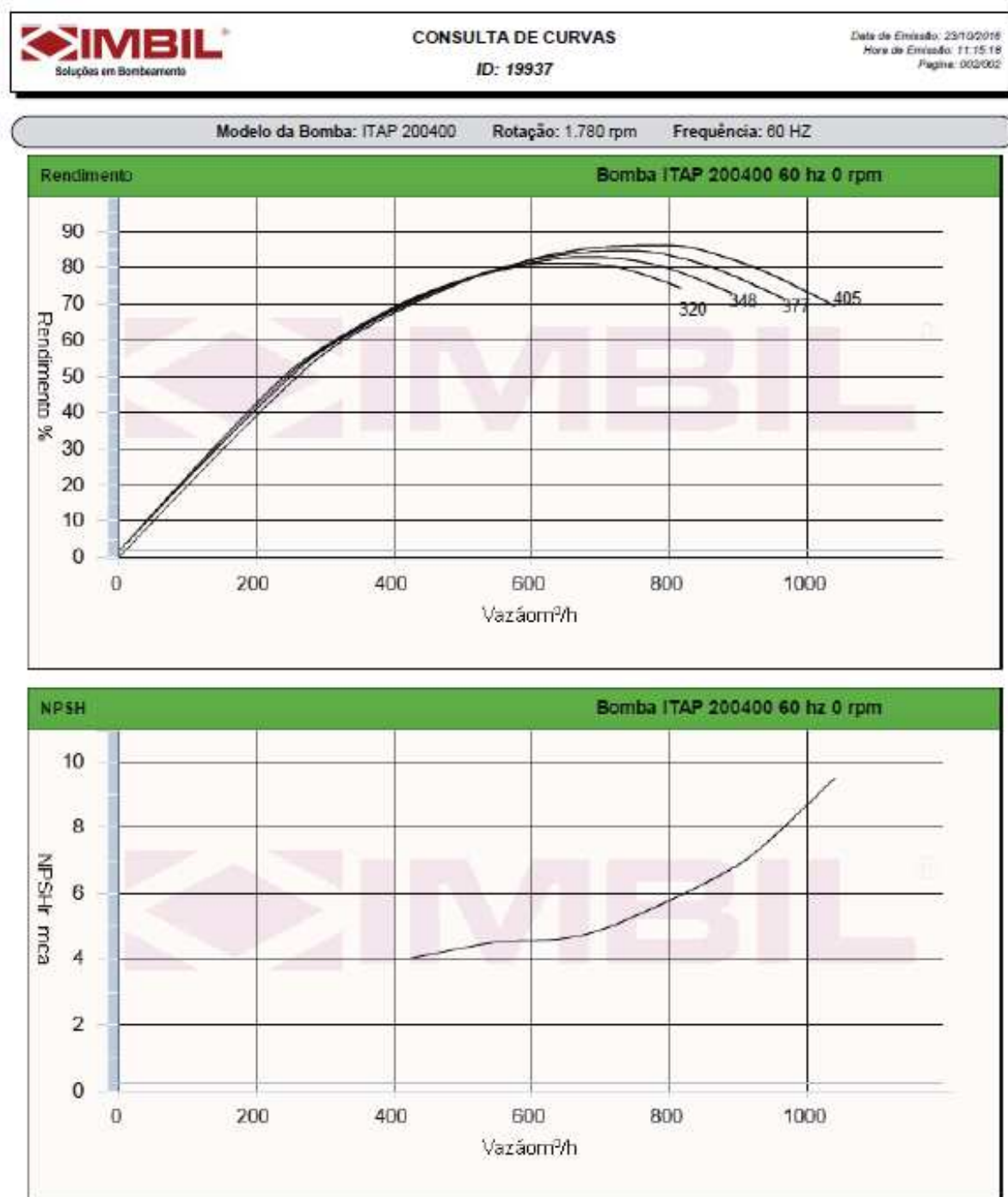


Figura 8.32 – Curvas da bomba centrífuga da empresa IMBIL ITAP 200-400 que equipa o conjunto D – Rendimento x Vazão e NPSHr x Vazão